

Цзепен ЛІ,

orcid.org/0009-0000-6953-106X

аспірант кафедри мультимедійного дизайну

Харківської державної академії дизайну і мистецтв

(Харків, Україна) *lizepeng0001@gmail.com*

Михайло ОПАЛЄВ,

orcid.org/0000-0002-1885-9839

кандидат мистецтвознавства,

доцент кафедри мультимедійного дизайну

Харківської державної академії дизайну і мистецтв

(Харків, Україна) *opalev_m@ukr.net*

ЗАСОБИ ПАРАМЕТРИЧНОГО ДИЗАЙНУ ЄВРОПЕЙСЬКИХ ПУБЛІЧНИХ МЕТАЛЕВИХ АРТОБ'ЄКТІВ

Комп'ютерні процеси параметричного обчислення геометрії є інноваційними інструментами створення форми у дизайні та архітектурі ХХІ століття. Об'єктом дослідження в даній статті є розробка цифровими засобами публічних металевих артоб'єктів, що активно втручаються в міський та природний простір і надають глядачам новий, іноді унікальний просторово-естетичний досвід. Маються на увазі тимчасові і постійні металеві інсталяції, деякі масштабні скульптури, що формують естетику простору міст і ландшафтів, складні структурно-інженерні споруди, що мають ознаки інсталяцій. На даний час існує велика кількість інструментів обчислювального дизайну, які приводять до креативних рішень. Метою статті є виокремлення засобів параметричного дизайну, які використовуються для розробки європейських публічних артоб'єктів зі складною геометрією. Актуальність роботи: сучасними засобами параметричного дизайну розробляються унікальні форми публічних інсталяцій і скульптур, які утворюють нові сенси, символіку та естетику.

Незважаючи на високу популярність цих технологій, не вистачає єдиної системи засобів параметричного дизайну, зокрема для тих артоб'єктів, де метал є основним формоутворюючим матеріалом. Також важливим є питання виявлення європейської ідентичності цих творів. Новизна дослідження: вперше виокремлена група засобів параметричного дизайну для створення публічних металевих артоб'єктів. При цьому, було розглянуто не лише технологічні властивості алгоритмів, але й концепції творів, особливості їх специфічного формоутворення, композиція, прийоми взаємодії з глядачами. Важливим також є формування методологічної основи для наступних досліджень, що відкривають нові можливості інновацій в дизайні. Методами роботи є аналітичний огляд публікацій, системний аналіз засобів параметричного дизайну, порівняльний аналіз дизайну публічних артоб'єктів. В результаті було виокремлено шість основних засобів параметричного дизайну образних артоб'єктів – генеративне формоутворення, структурна оптимізація, інформаційне моделювання будівель (ВІМ), алгоритмічний дизайн, середовищне моделювання, адаптивна геометрія. Ці засоби можуть застосовуватись як самостійно, так і у комбінаціях, створюючи систему. Виявлено переваги їх використання, а також характерні риси європейських публічних артоб'єктів.

Ключові слова: *алгоритмічний дизайн, артоб'єкт, генеративне формоутворення, інсталяція, міське середовище, параметричний дизайн, середовищне моделювання.*

Zepeng LI,

orcid.org/0009-0000-6953-106X

*Postgraduate Student at the Department of Multimedia Design
Kharkiv State Academy of Design and Arts
(Kharkiv, Ukraine) lizepeng0001@gmail.com*

Mykhailo OPALIEV,

orcid.org/0000-0002-1885-9839

*Ph.D in Art History,
Associate Professor at the Multimedia Design Department
Kharkiv State Academy of Design and Arts
(Kharkiv, Ukraine) opalev_m@ukr.net*

MEANS OF PARAMETRIC DESIGN OF EUROPEAN PUBLIC METAL ART OBJECTS

Computer processes of parametric geometry calculation are an innovative means of creating form in 21st-century design and architecture. The subject of the research is the development of public metal art objects using digital means, which actively intervene in urban and natural spaces and provide viewers with a new, sometimes unique spatial and aesthetic experience. This refers to temporary and permanent metal installations, some large-scale sculptures that form the aesthetics of cities and landscapes, and complex structural and engineering constructions that have the characteristics of installations. Currently, there are many computational design tools that lead to creative solutions. The purpose of the study: to highlight the parametric design tools used to develop European public art objects with complex geometry. The relevance of the study: modern parametric design tools are used to develop unique forms of public installations and sculptures that create new meanings, symbolism, and aesthetics.

Despite the high popularity of these technologies, there is no unified system of parametric design tools, particularly for art objects where metal is the main form-creating material. Another important issue is identifying the European identity of these works. The scientific novelty is for the first time, a group of parametric design tools for creating public metal art objects has been identified. In doing so, not only the technological properties of algorithms were considered, but also the concepts of the works, the features of their specific form creation, composition, and methods of interaction with viewers. It is also important to form a methodological basis for further research that opens new opportunities for innovation in design. The method is an analytical review of publications, a systematic analysis of parametric design tools, and a comparative analysis of the design of public art objects. The conclusions emphasize that six main means of parametric design of selected art objects were identified: generative form creation, structural optimization, building information modeling (BIM), algorithmic design, environmental modeling, and adaptive geometry. These tools can be used both independently and in combination, creating a system. The advantages of their use, as well as the characteristic features of European public art objects, were identified.

Key words: *algorithmic design, art object, generative form creation, installation, urban environment, parametric design, environmental modeling.*

Постановка проблеми. На межі XX–XXI століть розвиток дизайну публічних артоб'єктів визначається суттєвими трансформаціями та новою естетикою, що виникає завдяки впровадженню сучасних матеріалів та технологій. За останні 25 років значна увага дослідників і дизайнерів-практиків прикута до комп'ютерних обчислювальних інструментів, що активно почали застосовуватись у розробці проєктів зі складною геометрією. У межах поняття «публічні артоб'єкти» нами розглянуто масштабні металеві інсталяції та інноваційні структурно-інженерні споруди, а також публічні скульптури, що активно втручаються в простір і створюють новий просторово-естетичний досвід для глядачів. У даній статті проаналізовані засоби параметричного дизайну, що застосовуються в розробці цих артоб'єктів.

Аналіз досліджень. Однією з ключових робіт з інсталяційного мистецтва, прямо пов'язаної з

даною темою, є монографія британської дослідниці К. Бішоп. Інсталяція розглядається цією авторкою не просто як випадкова сукупність артоб'єктів, а як цілісне творіння, в якому простір та комплекс елементів утворюють цілісне творче середовище, в яке відвідувач може «входити фізично» (Bishop, 2005). Українська мистецтвознавиця Д. Чембержі досліджує роль і місце мистецьких інсталяцій в сучасному світі, розглядаючи розвиток їх дизайну на тлі глобалізації та розвитку соціокультурних відносин (Чембержі 2019).

Термін «параметризм» був запропонований Патріком Шумахером, співзасновником студії Zaha Hadid Architects, у 2008 році. З цього часу параметризм був заявлений як новий архітектурний стиль, а потім він поширився на різні сфери дизайну, ставши глобальною тенденцією. Параметричний дизайн є одним із видів комп'ютерного

обчислювального дизайну, при якому форма об'єкта перераховується і візуалізується після зміни одного з параметрів його геометрії.

Питанню параметризму в дизайні приділено значну увагу спеціалістів. В контексті нашої теми доречно звернути увагу на наступні роботи. Італійські дослідники С. Маццолі та А. Фабро рекомендують технологію параметричного проектування інтерактивних інсталяцій у міському середовищі (Mazzoli, 2020). Українські науковиці Н. Чугай та І. Яковець розглядають застосування параметричних засобів у дизайні об'єктів предметно-просторового середовища, підкреслюючи переваги такого підходу (Чугай, 2023). Китайські дослідники Сюе Чень та Цзюньян Хоу пропонують оригінальний інструмент параметричного дизайну виставкового простору, порівнюючи його з традиційним дизайном (Ню, 2025). Український науковець А. Откидач піднімає важливе питання уніфікації термінології в обчислювальному дизайні. За його словами, словосполучення «параметричний дизайн» використовується, з одного боку, як суто технологічний, з іншого – філософськи, як спосіб мислення (Откидач, 2025: 336). Також він дає визначення термінам «генеративний дизайн» та «алгоритмічний дизайн», де останній є підмножиною першого (Откидач, 2025: 337).

Водночас, незважаючи на значну увагу науковців до параметричних засобів, варто зауважити, що питання їх застосування в дизайні сучасних мистецьких публічних інсталяцій та скульптур залишається недостатньо вивченим. Вони потребують подальшого з'ясування та системних досліджень.

Мета статті: виокремити засоби параметричного дизайну, які використовуються для розробки європейських публічних артоб'єктів зі складною геометрією для створення в подальшому системи цих засобів при наступному більш об'ємному аналізі подібних проєктів.

Актуальність роботи визначається провідним значенням цифрових технологій в дизайні з початку XXI століття. Впровадження засобів параметричного дизайну в розробку публічних артоб'єктів створює нові смисли, символіку та естетику цих творів. В дизайні та архітектурі застосовується велика кількість інструментів параметричного моделювання просторової металевої пластики, іноді для конкретного об'єкту розробляються унікальні цифрові алгоритми. Динамічність цих процесів пояснює відсутність узагальнень і цілісної систематизації засобів. Також важливим в контексті даної статті є розуміння європейської ідентичності в інноваційних проєктах, розроблених засобами цифрового дизайну.

Новизна: вперше виокремлені засоби параметричного дизайну європейських публічних металевих інсталяцій та скульптур, що є кроком для створення системи цих засобів. Вони досліджуються не лише з технологічного боку, але й як інструменти створення унікальної форми, композиції, просторової взаємодії та новаторських прийомів інтерактивності. Також визначено загальноєвропейські риси проаналізованих артоб'єктів.

Методи дослідження: аналітичний огляд публікацій, присвячених темі параметризму; системний аналіз інструментів параметричного дизайну; порівняльний аналіз дизайну публічних артоб'єктів.

Виклад основного матеріалу. Одним із ініціаторів застосування параметричних засобів у мистецтві є британський скульптор Ентоні Гормлі. Його концептуальна скульптура з ознаками інсталяції «Квантова хмара» (*Quantum cloud*), встановлена в Гринвічі у 2000 році, стала новаторською завдяки застосуванню генеративного тривимірного моделювання, що на той час тільки входило в практику мистецтва. Дизайн виконано у вигляді ажурної конструкції, яка складається з сотень тонких сталевих прутів, випадково розміщених у формі хмари висотою близько 30 метрів. Зовнішня частина конструкції розряджена, але всередині більш щільної структури з відстані можна побачити контури людської фігури. Як і в переважній частині своїх робіт, Ентоні Гормлі застосував об'ємну копію свого тіла, цього разу цифрову, яка була оброблена програмою 3D-моделювання. Поверхня цієї фігури стала джерелом великої кількості точок, які на наступному кроці обробки були пов'язані між собою алгоритмом «Random Walk» (Kadian, 2021), що імітує випадкові шляхи у вигляді траєкторій. Фактично це були кроки спонтанного розвитку форми. Ці траєкторії задали конфігурацію сталевих прутів у реальній конструкції, в матеріалі. Таким чином, основним засобом розробки скульптури стало повністю генеративне формоутворення на основі випадкових алгоритмів.

Цей засіб зробив можливим відтворити концепцію, за якою скульптура «Квантова хмара» «...ставити під сумнів зв'язок між особистістю та світом і висуває на перший план вплив глядача на те, що бачиться – аналогічно принципам квантової фізики та мистецтва» (*Quantum cloud*, 2021). Фізичної взаємодії глядача зі скульптурою не відбувається, оскільки вона розташована ізольовано на палях над водою. В даному випадку можна говорити тільки про інтелектуальне осмислення форми конструкції. «Квантова хмара» Ентоні Гормлі стала символом єднання науки, технології та дизайну.

Прикладом «перформативної архітектури атмосфери» вважається тимчасовий павільйон «Розмита будівля» (*Blur Building*), спроектована архітекторами Діллером Солфідіо та Ренфро для Швейцарської національної виставки 2002 року. Основу інсталяції становила дворівнева платформа, розташована над озером Невшаталь. На ній був закріплений легкий каркас із тисячами форсунок, які розпилювали воду, створюючи об'ємну туманну хмару розміром приблизно 60 на 90 метрів. Метеорологічна станція, встановлена всередині конструкції, періодично реєструвала вологість і температуру повітря, та напрямок вітру. Зібрані дані надходили до комп'ютера, який в реальному часі регулював тиск у форсунках відповідно цим параметрам: при високій вологості тиск зменшувався, при підвищенні температури – збільшувався; на підвітряній частині інсталяції тиск підвищувався. Таким чином, підтримувалась приблизно постійна форма туману. Засобами розробки цього ефемерного простору можна визначити *середовищне моделювання з адаптивною системою керування*.

Завдяки цим засобам був створений інсталяційний «об'єкт поза фокусом», що композиційно сприймався як динамічний процес. Автори, таким чином, відмежувались від розповсюджених на той час виставкових проєктів та інсталяцій, що були перенасичені візуальними медіа. Відвідувачі заходили в павільйон-туман по містку, та сприймали вологе оточення через тактильні відчуття. «Вхід у павільйон був подібний до кроку в середовище, придатне для життя – безформного, безликого, безглибокого, безмасштабного, безповерхневого та безрозмірного» (*Blur Building*, 2002). Проєкт «Розмита будівля» вперше продемонстрував, що туман і повітря можуть виступати як основа формування штучного простору.

Дизайн-концепція постійної публічної інсталяції у формі монументальної скульптури «*Тигр і черепаха – Чарівна гора*» (*Tiger & Turtle – Magic Mountain*) у Дуйсбурзі, Німеччина, створена в 2011 році художниками Гайке Муттером та Ульріхом Гентом, потребувала точних інженерних розрахунків. Цей артоб'єкт за формою нагадує атракціон «американські гірки», але на відміну від них він розрахований для пішохідних прогулянок. Траса з огороженими сходами довжиною близько 220 метрів виконана зі сталі та цинку – металу, який раніше виготовлявся на заводі в цій локації. Її частина закручена у вертикальну петлю, і є непропускною. Для розробки цієї «інсталяцій-драбини» автори застосували *алгоритмічне тривимірне планування форми та методи структур-*

ної оптимізації елементів. Основою розробки була цифрова модель траєкторії із параметрами кривизни та нахилу сходинок. Паралельно система аналізу навантажень, несучої здатності, мінімізації коливань та прогину оптимізувала ці параметри. Таким чином, одразу визначалася товщина труб каркасу та виставлялися додаткові підпирки для гарантії безпеки відвідувачів.

У концепцію інсталяції «*Тигр і черепаха – Чарівна гора*» входило «перетворення промислового пустиря на витвір мистецтва та рекреаційний простір» (Tiger and Turtle, 2011). Інтерактивність конструкції визначається відчуттям глядачів від повільного підйому по завитках інсталяції до найвищої точки та огляду промислового ландшафту. Співставлення споруди з атракціоном в нічний час підкреслює неонове освітлення. Інсталяція «Тигр і черепаха – Чарівна гора» є вдалим прикладом відновлення індустріального регіону, де промислове минуле символічно з'єднується з мистецьким твором.

Ще одним проєктом, в якому артоб'єкт виконує роль атракціону, є оглядова вежа «*Орбіта ArcelorMittal*» (*ArcelorMittal Orbit*) у Лондоні, споруджена у 2012 році. Цей гібрид архітектури та скульптури з елементами інсталяції був створений відомими британським скульптором Анішом Капуром та дизайнером Сесілом Балмондом для Олімпійських ігор 2012 року. Композиція вежі висотою 115 метрів об'єднує центральне ядро, в якому розташований ліфт, та велику червону сталеву стрічку зі складною геометрією, що огортається навколо внутрішньої башти. На стрічці розміщені гвинтові сходи та оглядові майданчики. Розробку такої міцної замкнутої кривої зі складними петлями в просторі зробило можливим лише *чисельне формоутворення з багатьох ітерацій*, причому кінцевий результат був тільки частково випадковим – його коригували дизайнери. У процесі розрахунку навантажень провадилася *структурна оптимізація елементів* вежі – сталевих труб, розташованих під різними кутами.

Концепція інсталяції «*Орбіта ArcelorMittal*» базується на метафорі переплетених олімпійських кілець і принципі організації структури ДНК. Особливістю вежі є те, що конструкція виготовлена з переробленого металу, переважно з використаних автомобілів (Скульптурна споруда, 2024). Цей метод ресайклінгу підкреслює груба естетика болтових з'єднань, та наявність текстури в стиках. Вежа надає відвідувачам унікальний просторовий досвід. У 2016 році в конструкцію споруди був вбудований спіральний тунельний спуск-слиз, що значно підвищив інтерактивність артоб'єкту. Сьо-

годні, не дивлячись на попередні суперечки критиків щодо естетики проєкту, «Орбіта ArcelorMittal» виступає символом Олімпіади 2012 та нагадує її відвідувачам про цю яскраву подію.

У 2013 році в Лондоні було встановлено тимчасовий гратчастий павільйон-інсталяцію біля художньої галереї «Серпентайн» – *Serpentine Pavilion*, який був спроектований японським архітектором-візіонером Соу Фуджимото. Експериментальна архітектура інсталяції мала вигляд хмари з тонких сталевих прутків, пофарбованих у білий колір. Павільйон був розташований на території Кенсінгтонського саду, та мав площу близько 320 квадратних метрів. Параметричний програмний інструментарій був розроблений спеціально для цього проєкту на базі *алгоритмічного формоутворення* та *оптимізаційної генерації*. Він дозволив швидко обмінюватися інформацією між архітектором та командою дизайнерів, суттєво спростив початковий концепт автора проєкту, автоматизував генерацію великої кількості елементів, зменшив обсяг креслень з єдиної 3D-моделі та пришвидшив завершення робіт у дуже стислий термін – за декілька тижнів (Constructing, 2013). Всі з'єднання при цьому були виготовлені 3D-друком. Цей соціальний простір мав кілька входів та терас у декілька рівнів.

Складна металева решітка павільйону «Серпентайн» створювала відкриту композицію. Таким чином, форма споруди гармонійно поєднувалась із оточуючими деревами саду та класичним фасадом галереї Serpentine. Архітектор Соу Фуджимото підкреслює, що павільйон ставить фундаментальне питання: «Чим архітектура відрізняється від природи, чи може архітектура бути частиною природи або як їх можна об'єднати, які межі між природою та штучними речами?» (The visionary, 2013). Легка конструкція інсталяції підкреслювала атмосферу оточення, а не домінувала над ним, створивши новий спосіб дослідження відвідувачами навколишнього простору.

Шотландський скульптор Енді Скотт у 2014 році встановив у графстві Фолкерк дві масштабні сталеві голови коней висотою 30 метрів – «Келпі» (*The Kelpies*). Робота розпочалася з виготовлення авторських макетів голів у масштабі 1:10, які згодом були відскановані в об'ємі. На основі отриманих даних було розроблено параметричну модель скульптур у програмному пакеті Tekla Structures (*The Kelpies*, 2014). До інженерного процесу входили засоби параметричного дизайну – процес *інформаційного моделювання будівель (BIM)* та елементи *алгоритмічного проєктування*. За їх допомогою було розраховано гео-

метрію каркасу з тисячами вузлів кріплення ферм, врахована локальна кривизна елементів конструкції. В подальшому до каркасу були приєднані елементи з неіржавих сталевих пластин, що були попередньо вирізані лазером. Розрахована модель дозволила зменшити вагу конструкції, значно знизити вартість проєкту, та прискорити монтаж.

Голови коней уособлюють міфічних водяних духів Келпів з шотландського фольклору, а також віддають данину робочим коням породи клайдсдейл, які тягали баржі по каналах Шотландії. Скульптури вражають величчю та натуралізмом, викликаючи у глядача благоговіння та подив. Вони оснащені незвичайним освітленням вночі: багатоколірне світло проникає зсередини і створює ефект внутрішньої люмінесценції. Можливість відвідувачів заходити всередину, та розглядати внутрішні конструктивні елементи додає інтерактивності скульптурній інсталяції. Широка багат шаровість значень коней – від формування ландшафту та становлення економіки регіону до містичних образів перетворює об'єкт на публічне мистецтво, глибоко укорінене у місцевій ідентичності. Проєкт також став символом ревіталізації колишніх промислових територій у рекреаційний простір.

Життя бджолиного вулика майстерно відтворене у 17-метровій гратчастій конструкції павільйону «Вулик» (*The Hive*), спроектованого британським дизайнером Вольфгангом Баттрессом. Проєкт «Вулик» представляв Великобританію на Експо 2015 у Мілані, після чого був встановлений в Лондоні як постійна інсталяція. Конструкція складається майже зі 170 тисяч алюмінієвих прутів, які збиралися в шестикутники. Таке число елементів неможливо було точно з'єднати під час монтажу без застосування *алгоритмічних засобів дизайну*. За допомогою скриптів, закладених в інженерні розрахунки, було створено CAD-модель складної комірчастої решітки з 32 шарів (*The Hive*, 2024). Внутрішня частина павільйону залишена порожньою для того, щоб туди могли потрапити відвідувачі через місток.

Інтерактивність простору формувалась сотнями пульсуючих лампочок та динаміків, які реагували на вібрації від реального бджолиного вулика. В цьому вулику були встановлені сенсори, що безперервно передавали вібрації в павільйон. Зміна інтенсивності світла LED-елементів на кінцях прутів відображала танок бджіл, багатоканальний звук в інсталяції також генерувався самими бджолами. Завдяки застосуванню програмних алгоритмів *інтерактивного середовищного моделювання* відвідувачі отримували унікальний мультисенсорний досвід життя бджолиного рою.

Постійна публічна інсталяція-павільйон з монументальними рисами скульптури під назвою *NAWA*, створена польським дизайнером Оскаром Зентою, має біонічну форму. Вона розташована на острові Даліова у Вроцлаві, що був відкритий у 2018 році як органічна частина ландшафту міста. Інсталяція висотою 7 метрів складається з 35 арок різного розміру, виконаних з неіржавої сталі. Від задуму до виробництва автором було використано параметричний підхід: *генеративне моделювання форми* з розрахунками радіусів кривизни та сил вигину, а також *оптимізацію параметрів* конструкції під час транспортування та монтажу. При створенні криволінійної структури було застосовувано *адаптивну геометрію* за оригінальним алгоритмом. Цікавою особливістю, відмінною від багатьох подібних проєктів, було використання власної авторської технології "FiDU" – процесу надування металу. Плaskі деталі, вирізані лазером, зварювалися за контурами, після чого стисненням повітрям вони набували потрібної об'ємної форми. Сформовані арки не були ідеально гладкими й мали малі деякі деформації, що створювало природні вигини та хвилі. За словами Оскара Зенти «...матеріал сам визначає фінальну форму в межах заданого алгоритмом простору» (Oskar Zieta, 2017).

Завдяки дзеркальному поліруванню інсталяція *NAWA* відбиває світло, та відображає навколишнє міське середовище, а також легкий бриж на поверхні річки, розташованої поруч. Ритмічна композиція арок запрошує відвідувачів до активної взаємодії – пройти під арками та торкнутися їх дзеркальних поверхонь. Форма конструкції гармонійно поєднується з вигинами берегової лінії, та з арками готичних соборів неподалік. Таким чином, інсталяція *NAWA* стала важливим елементом ревіталізації острова.

Підсумовуючи аналіз наведених прикладів, виокремлено базові засоби параметричного моделювання, які нині застосовуються у розробці європейських публічних артоб'єктів:

- *генеративний дизайн*: використання випадкових алгоритмів, коли автор задає лише початкові параметри, а програма вираховує непередбачувану форму через кілька ітерацій («Квантова хмара», «Орбіта ArcelorMittal», *NAWA*);

- *структурна оптимізація*: застосування алгоритмів розрахунку навантажень, зазвичай із використанням скриптів, що перебирають варіанти для знаходження найкращого рішення; в дизайн конструкцій можуть інтегруватися симуляції, які дозволяють еволюційно змінювати форму шляхом регулярних коригувань параметрів наванта-

жень («Тигр і черепаха – Чарівна гора», «Орбіта ArcelorMittal», «Павільйон Серпентайн», *NAWA*);

- *алгоритмічний дизайн*: створення форми за допомогою математичних або програмних алгоритмів, що забезпечує чіткий контроль та відстеження залежностей між кодом і кінцевою формою на кожному етапі проєктування («Тигр і черепаха – Чарівна гора», «Павільйон Серпентайн», «Келпі», «Вулик»);

- *інформаційне моделювання будівель (BIM)*: процес створення та управління інформацією про будівельний об'єкт протягом усього його життєвого циклу; цей процес в даному випадку взаємодіє з алгоритмічним дизайном, який породжує геометрію та дані («Келпі»);

- *середовищне моделювання*: враховує зовнішні параметри (натуральні умови, звуковий фон, поведінку відвідувачів) і переводить їх у дизайн конструкції (зміна форми, освітлення тощо) через адаптивну систему керування («Розмита будівля», «Вулик»);

- *адаптивна геометрія*: використовується для розробки форми гнучкої параметричної моделі, яка може перебудовуватися під зовнішні параметри, або підлаштовуватися до них, наприклад до ландшафту, на фінальному етапі проєктування («Розмита будівля», *NAWA*).

Ці засоби можуть бути застосовані як окремо (генеративний дизайн «Квантової хмари»), так і в комбінаціях (всі інші проаналізовані проєкти), створюючи елементи системи.

Застосування системи засобів параметричного дизайну дозволяє реалізувати авторські концепції, що відображають загальноєвропейські риси металевих публічних артоб'єктів:

- роздум про математичну реальність простору і часу, структуру матерії («Квантова хмара»);

- інтерес до так званої «нематеріальної архітектури» («Розмита будівля»);

- ревіталізація промислових зон із поєднанням споглядального досвіду та індустріальної естетики («Тигр і черепаха – Чарівна гора»);

- трансформація міського середовища за рахунок повторного використання металу («Орбіта ArcelorMittal»);

- поєднання експериментальної архітектури з природним і архітектурним оточенням (павільйон «Серпентайн»);

- укорінення місцевої ідентичності через синтез легенд і економічних особливостей регіону («Келпі»);

- інноваційна взаємодія мистецтва, технологій та природи («Вулик»);

- трансформація району міста («NAWA»).

Висновки. Параметричні засоби дизайну стали сучасною тенденцією в створенні публічних металевих артоб'єктів – від масштабних скульптур, що формують ландшафтну естетику, через тимчасові павільйони з експериментальною архітектурою до інноваційних структурно-інженерних споруд. Метал є базовим матеріалом для розробок із використанням цифрових технологій завдяки його міцності, пластичності, здатності до полірування і сумісності з цифровим дизайном. Аналіз дозволив узагальнити шість основних засобів параметричного дизайну: генеративне формоутворення, структурна оптимізація, алгоритмічний дизайн, інформаційне моделювання будівель (BIM), серед-

овищне моделювання та адаптивна геометрія. Вони застосовуються як поодиночки, так і в комбінаціях для реалізації креативних проєктів. Такі інструменти забезпечують елементи несподіванки, складності та нетривіальні форми інтерактивності. Вони дозволяють значно скоротити дедлайни, зменшити складність монтажу та заощадити бюджет. У концепціях європейських проєктів виражені філософські роздуми про простір і час; сміливі формальні експерименти з інтерактивними інсталяціями; реновація індустриальних територій та ревіталізація районів; трансформація міського середовища через розміщення незвичних скульптурно-архітектурних форм; екологічна тематика.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Откидач А. Термінології обчислювального дизайну. Проблематика визначення термінів. Теорія і практика дизайну. Культура і мистецтво. К.: KAI. 2025. № 35. Т. 1. С. 334-341. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.35.35>.
2. Скульптурна споруда ArselorMittal Orbit, Лондон. ArselorMittal. Газета Металург : веб-сайт. 2024. URL: <https://metalurg.online/nasha-stal-u-sviti/skulpturna-sporuda-arcelormittal-orbit-london> (дата звернення: 25.07.2025).
3. Чембержі Д. Значення мистецтва інсталяції для розвитку «contemporary art». Вісник ЛНАМ. 2019. № 39. С. 278-287. URL: <https://doi.org/10.37131/2524-0943-2019-39-19>.
4. Чугай Н., Яковець І. Проєктування об'єктів предметно-просторового середовища на основі параметризму. Український мистецтвознавчий дискурс. 2023. № 4. С. 104-110. DOI: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/4626>.
5. Bishop C. Installation Art: A Critical History. Tate Publishing, 2005. 144 p.
6. Blur Building. Swiss Expo2002, Yverdon – Les-Bais, Switzerland. Diller Scophidio + Renfro. 2002. URL: <https://dsrny.com/project/blur-building> (дата звернення: 25.07.2025).
7. Constructing the 2013 Serpentine Gallery. NBS. 2013. URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/constructing-the-2013-serpentine-gallery> (дата звернення: 28.07.2025).
8. Hou J., Chen X. Parametric Design for Exhibition Displays: Innovations in Form and. Interdisciplinary Practice in Industrial Design. 2025. Vol. 183. P. 207-216. DOI: 10.54941/ahfe1006442.
9. Kadian K., Garhwal S., Kumar A. Quantum walk and its application domains: A systematic review. Computer Science Review. 2021. No. 41, 100419.
10. Mazzoli C., Fabbri A. Interactive installations and IoT for an urban and architectural parametric design. IACAD 2020-International Academic Conference on Architecture and Design Conference Proceeding. Singapore : CASUGOL, 2020. P. 14-15. URL: <https://cris.unibo.it/handle/11585/760734> (дата звернення: 21.07.2025).
11. Oskar Zieta Inflates Steel Arches With Air to Create This Lightweight Pavillion. ArchDaily. 2017. URL: <https://www.archdaily.com/875571/oskar-zieta-inflates-steel-arches-with-air-to-create-this-lightweight-pavillion> (дата звернення: 28.07.2025).
12. Quantum cloud. Art UK. 2021. URL: <https://artuk.org/discover/artworks/quantum-cloud-308490> (дата звернення: 25.07.2025).
13. The Hive (Kew Gardens, UK). 2024. URL: <https://www.stageone.co.uk/case-study/the-hive/> (дата звернення: 28.07.2025).
14. The Kelpies, Falkirk. SteelConstruction. 2014. URL: https://www.steelconstruction.info/The_Kelpies,_Falkirk (дата звернення: 28.07.2025).
15. The visionary Japanese architect Sou Fujimoto designed the Serpentine Gallery Pavilion 2013. Serpentine. URL: <https://www.serpentinegalleries.org/whats-on/serpentine-gallery-pavilion-2013-sou-fujimoto> (дата звернення: 28.07.2025).
16. Tiger and Turtle – Magic Mountain. Kidpassage. 2011. URL: <https://kidpassage.com/en/activity/germany/duisburg/tiger-turtle-magic-mountain> (дата звернення: 21.07.2025).

REFERENCES

1. Otkydach A. (2025). Terminologhiji obchysljjuvaljnogho dyzajnu. Problematyka vyznachennja terminiv. [Computational Design Terminology. Problems of Term Definition]. Teorija i praktyka dyzajnu. Kuljtura i mystectvo, (35), 1, 334-341. DOI: <https://doi.org/10.32782/2415-8151.2025.35.35> [in Ukrainian].
2. Skulpturna sporuda ArselorMittal Orbit, London. (2024). [ArselorMittal Orbit sculpture, London]. ArselorMittal. Ghazeta Metalurgh. URL: <https://metalurg.online/nasha-stal-u-sviti/skulpturna-sporuda-arcelormittal-orbit-london> [in Ukrainian].
3. Chemberzhi D. (2019). Znachennja mystectva instaljaciji dlja rozvytku «contemporary art». [The significance of installation art for the development of contemporary art]. Visnyk LNAM, (39), 278-287. URL: <https://doi.org/10.37131/2524-0943-2019-39-19> [in Ukrainian].

4. Chughaj N., Jakovec I. (2023). Projektuvannja ob'ektiv predmetno-prostorovogho seredovyshha na osnovi parametryzmu. [Designing Objects of the Subject-Spatial Environment Based on Parametricism]. *Ukrajinskyj mystectvoznavchyj dyskurs*. (4), 104-110. DOI: <https://er.chdtu.edu.ua/handle/ChSTU/4626> [in Ukrainian].
5. Bishop C. (2005). *Installation Art: A Critical History*. Tate Publishing, 144.
6. Blur Building. (2002). Swiss Expo2002, Yverdon – Les-Bais, Switzerland. Diller Scophidio + Renfro. URL: <https://dsrny.com/project/blur-building>.
7. Constructing the 2013 Serpentine Gallery. (2013). NBS. URL: <https://www.thenbs.com/knowledge/constructing-the-2013-serpentine-gallery>.
8. Hou J., Chen X. (2025). Parametric Design for Exhibition Displays: Innovations in Form and. *Interdisciplinary Practice in Industrial Design*. 183, 207-216. DOI: 10.54941/ahfe1006442.
9. Kadian K., Garhwal S., Kumar A. (2021). Quantum walk and its application domains: A systematic review. *Computer Science Review*, (41), 100419.
10. Mazzoli C., Fabbri A. (2020). Interactive installations and IoT for an urban and architectural parametric design. *IACAD 2020-International Academic Conference on Architecture and Design Conference Proceeding*. Singapore : CASUGOL, 14-15. URL: <https://cris.unibo.it/handle/11585/760734>.
11. Oskar Zieta Inflates Steel Arches With Air to Create This Lightweight Pavillion. (2017). ArchDaily. URL: <https://www.archdaily.com/875571/oskar-zieta-inflates-steel-arches-with-air-to-create-this-lightweight-pavillion>.
12. Quantum cloud. (2021). Art UK. URL: <https://artuk.org/discover/artworks/quantum-cloud-308490>.
13. The Hive (Kew Gardens, UK). (2024). URL: <https://www.stageone.co.uk/case-study/the-hive/>.
14. The Kelpies, Falkirk. (2014). SteelConstruction. URL: https://www.steelconstruction.info/The_Kelpies_Falkirk.
15. The visionary Japanese architect Sou Fujimoto designed the Serpentine Gallery Pavilion. (2013). Serpentine. URL: <https://www.serpentinegalleries.org/whats-on/serpentine-gallery-pavilion-2013-sou-fujimoto>.
16. Tiger and Turtle – Magic Mountain. (2011). Kidpassage. URL: <https://kidpassage.com/en/activity/germany/duisburg/tiger-turtle-magic-mountain>.

Дата першого надходження рукопису до видання: 21.08.2025

Дата прийнятого до друку рукопису після рецензування: 26.09.2025

Дата публікації: 23.10.2025