

# ART

УДК 7.012:64.05-056.26]:[004.9:004.356.2

## УНІВЕРСАЛЬНЕ СЕРЕДОВИЩЕ ТА РОЛЬ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ДЛЯ ЙОГО ФОРМУВАННЯ В УКРАЇНІ

**Антоненко Ігор Володимирович,**

старший викладач

Київський національний університет технологій та дизайну

м. Київ, Україна

**Анотація.** У статті розглядаються принципи формування та перспективи розвитку в Україні інклюзивного предметно-просторового середовища із використанням технологій адитивного виробництва; аналізуються методи та прийоми формоутворення предметів модульного дизайну з використанням технологій 3-D-друку; вивчається аспект – наскільки застосування подібної технології допоможе дизайнеру у моделюванні інклюзивного простору.

**Ключові слова:** доступність послуг; дизайн-проекування; універсальне середовище; модульність; кількість споживачів; 3-D принтери; інформаційна модель; низька собівартість

Інклюзивне середовище забезпечує повноцінне функціонування людини у разі, якщо з якихось причин її фізичні можливості виявились обмеженими. Іншими словами, процес створення інклюзивного простору – це проектування єдиного предметно-просторового середовища, в якому безперешкодно та комфортно співіснують усі члени суспільства. Розвиток технології адитивного виробництва може істотно прискорити такий процес, що дуже актуально в період воєнних дій, що тривають у країні, оскільки ще в довоєнний період обмеження по здоров'ю мали 15% населення, а після завершення війни ця цифра напевно збільшиться. Тому вивчення можливостей використання

технологій адитивного виробництва для створення інклюзивного середовища є украй актуальним напрямом для дослідження на даному періоді розвитку українського суспільства.

За статистичними даними про частку, розмір та темпи зростання виручки ринку автоматизованого 3D-друку, проведених Mordor Intelligence™ Industry Reports [1], очікується, що обсяг ринку автоматизованого 3D-друку зросте з 1,56 млрд доларів США в 2023 р. до 7,40 млрд доларів США в 2028 р. за середньорічного темпу зростання 36,49% протягом прогнозованого періоду (2023-2028 рр.).

Сюди входять такі основні технології – пошарове наплавлення (FDM), стереолітографія (SLA), вибіркоче лазерне спікання (SLS/SLM/EBM) та 3D-друк (3DP). Їх сутність – створення предмета бажаної форми. Процес наплавлення, спікання, твердіння та проклеювання здійснює 3D-принтер. На сьогоднішній день, лідерами у виробництві 3D-принтерів є MakerBot, (належить Stratasys), Cubify (3D Systems), Ultimaker, PrintrBot, RepRap (по суті, не компанія, а проект). Досягають успіху в цій сфері і компанії-розробники ПЗ. Такі програми, як 123D Catch, здатні відсканувати модель буквально за допомогою камери на смартфоні [2].

В останні роки популяризація технологій 3D-друку досягла свого піку зовсім не тому, що гаражні ентузіасти навчилися збирати 3D-принтери (все ж вже в 1990-х роках технологія виробництва була загальновідома). Ключовою причиною стало завершення у 2009 році терміну дії патенту на технологію FDM (яку можна використовувати в домашніх умовах) Stratasys. Тепер цю технологію успішно застосовують у роботі дизайнери та архітектори. Після закінчення патентного захисту технології SLS компанії 3D Systems Inc. у 2014 році надалися нові можливості друкувати вироби високої міцності, великих розмірів та будь-якого ступеня складності.

Сучасні внутрішні житлові простори повинні бути технологічно керованими з будь-якої точки, що вимагає грамотного планування. Зі зростанням технологічності зростає значення модульності (покращення форм

або легкий спосіб заміни). Проте у споживача стали формуватися й інші запити – екологічність та відповідальне споживання. Так виникає потреба у технології 3D-друку просторів та окремих елементів дизайну. Сучасним людям не байдуже, з якого матеріалу споруджено їх будинок і як це впливає на навколишнє середовище. Це підтверджують дослідження соцмережі Pinterest, ця ж тема не сходить із заголовків навчальних архітектурних програм США – в наявності стабільне зростання інтересу до питання відповідального дизайну [3, 4]. Австрійська архітектурна компанія DUS протягом кількох років проектує комерційні та житлові простори, використовуючи 3D-друк. На думку її фахівців, це ідеальний спосіб досягати унікальних візуальних рішень без ускладнення виробництва. І чим доступнішим стане обладнання, тим більше шансів у технології стати масовою [2].

У процесі дизайн-проекування громадських просторів дизайнери прагнуть створювати універсальне середовище, наситити його функціями, послугами та предметами, якими змогли б користуватися більшість людей без додаткових пристроїв та спеціальної підготовки. Зазвичай предмети дизайну, створені для «середнього користувача», є оптимальними для окремої особистості. Існують рекомендації, що слід розробляти рішення з розширеним діапазоном спектра, тобто охоплювати потреби якомога більшої кількості споживачів. Такий прийом називається "дизайном від крайнощів" ("design to the edges") [5]. Завдяки більш тісному спілкуванню із замовником та виробником дизайнер персоналізує процеси розробки унікальних предметів. Подібну практику дизайн-проекування називають «інклюзивною». У процесі формоутворення предметно-просторового середовища постають питання використуваного матеріалу, від властивостей якого залежить сама форма, швидкість, точність та напрямок реалізації задуманого дизайн-проекту.

Мета інклюзивного дизайну – враховувати унікальність кожної особи, створювати рівні умови та забезпечити автономність виконання цих умов. Британський інститут стандартизації визначає інклюзивний дизайн як «проекування загальноприйнятих продуктів чи послуг таким чином, щоб вони

були доступні та використовувалися якомога більшою кількістю людей без спеціальної адаптації чи додаткового дизайнерського доопрацювання [6]. Адитивні технології якнайкраще підходять для втілення в життя подібної мети, це, як правило, точкове, безперервне, лінійне або пошарове нанесення матеріалу на плоску основу, у результаті формування віртуальної 3-D моделі здійснюється поетапно, поступово, поки задумана форма (за допомогою 3-D принтера) не буде повністю відтворена.

Реалізовані елементи можуть мати різноманітний зовнішній вигляд, бути виконані в єдиному стилі або створювати стильовий симбіоз, надскладної або майже неможливої форми, і при цьому мати невисоку собівартість. Такі властивості відкривають широкий спектр можливостей для пошуку найнесподіваніших дизайнерських рішень [7].

Технології 3-D друку пропонують швидкий та якісний шлях від ідеї до кінцевого виробу: 1) зменшується тривалість виробничого процесу прототипів та зайнятих у ньому працівників (а значить і собівартість); 2) збільшується складність та якість виробів; 3) покращується екологічність виробництва (безвідходне виробництво, суттєво скорочений технологічний процес, використання вторинної сировини); 4) розширюються можливості для дизайнера (створення прототипів та малих серій високої якості без залучення промислових ресурсів) [8].

В інклюзивному дизайні використовуються такі напрями формоутворення за допомогою адитивних технологій: створення предметів середовища (меблі, світильники, предмети інтер'єру); 2) створення різноманітних механізмів, що доповнюють (або надають нової якості) предметам традиційного виробництва; 3) створення об'єктів з необхідними якостями (м'якість, жорсткість, електропровідність, теплопровідність тощо); 4) створення об'єктів із комбінаціями різних матеріалів. Застосовуються в основному два типи технологій: лазерна та струминна [9].

Лазерне сканування – найнадійніший спосіб виміряти навколишній простір. Вимірювання максимально точні, похибка вбирається у 1 мм. Повні та

достовірні дані полегшують роботу дизайнера, особливо якщо приміщення має складну геометрію. Початкові вимірювання зазвичай залишаються у замовника як «цифровий відбиток об'єкта», зафіксований документ.

Сучасні будівельні сканери – точні та продуктивні, тривалість процесу сканування залежить від площі об'єкта. Після завершення польових робіт підсумкову хмару точок збирають разом за допомогою (Autodesk, Bentley, AVEVA, Intergraph, Faro Scene) і створюють реалістичну 3D-модель об'єкта.

Принцип 3D-моделювання у дизайні полягає у створенні моделі об'єкта, його візуального об'ємного образу. Якісний 3D-принтер з високою роздільною здатністю може створювати макети з великою кількістю деталей. Дешевизна та доступність методу дозволяє створювати недорогі моделі тривимірного дизайну у тестовому режимі для пошуку кращої концепції створення об'єкта. Можливо друкувати будь-яку кількість копій, це потужний інструмент залучення клієнта, причому дизайнер може самостійно регулювати рентабельність попереднього макета. Використання для друку пластику одного кольору допомагає мінімізувати виробничі витрати. Дизайнер може сам вибирати оптимальний варіант 3D-принтера, наприклад наявність у пристрої технології PolyJet дозволяє створювати моделі дизайн-об'єктів на місці. Якщо ж конструкцією принтера передбачено друк на основі смоли, кінцевий результат також відрізнятиметься чіткими формами та опрацьованими деталями. Найбільш популярними матеріалами для друку є якісні нитки ABS, поліамід, сіра прозора смола і гранульований порошок.

Подальший розвиток інформаційних технологій та використання 3D-принтерів сприятимуть поступовому переходу від промислового потокового виробництва до індивідуального виробництва в домашніх або офісних умовах, що змінить саму культуру володіння та позбавить необхідності накопичення речей. В даному випадку цінним стає володіння не річчю, але її інформаційною моделлю та можливістю надрукувати її за допомогою якихось унікальних за властивостями матеріалів. Через кілька років любителі-умільці зможуть створювати хитромудрі предмети дизайну зі специфічних матеріалів за цінами,

які будуть дешевшими за виробничі. Автоматично виникає питання про інтелектуальну власність брендів – «надрукувати», наприклад, ювелірні прикраси Tiffany або Cartier з технологічної точки зору не складе величезних труднощів, і виробники стануть процвітати, по-перше, завдяки можливості створити для споживача щось унікальне (крісло у формі морської зірки, наприклад), а по-друге, їх продукція буде дешевшою в 5-10 разів, ніж у «традиційному» магазині. Використання так званого «біонічного дизайну» комп'ютерної топологічної оптимізації – один із найперспективніших підходів сучасного інжинірингу. Це особливий підхід до проектування, що дозволяє знайти для конструкції найкращий розподіл матеріалу у заданій області для заданих навантажень та умов роботи. Простіше кажучи, абстрактна деталь є об'ємним масивним монолітом, значна частина матеріалу якого не несе ніякого функціонального навантаження, тобто містить, по суті, зайвий метал. Навантаження в ньому несуть, наприклад, близько десяти точок кріплень. В результаті оптимізації форма деталі суттєво ускладнюється – у цьому випадку виходять металеві стільники, комірчасті структури. Виготовити їх традиційними методами, наприклад, литтям, просто неможливо, вони надто складні. У цьому випадку єдиний шлях – використання адитивних технологій пошарового друку металами, зокрема селективного лазерного плавлення (selective laser melting). Спосіб відрізняється низькими витратами та можливістю створити виріб практично будь-якої форми.

У такій мінливій індустрії стає все більше гравців ринку – творців тривимірних моделей та операторів друку, які викладають у мережі бібліотеки товарів, створених дизайнерами та інженерами, які відкривають широкі можливості для безмежної кастомізації. Звісно, наповненість українського ринку значно відстає від міжнародного. В умовах нестабільності країни дуже важко говорити про технологічний прорив. Проте процес уже запущено. В даний час існує кілька напрямків розвитку адитивних технологій, які потенційно цікаві для дизайну та архітектури та можуть бути впроваджені в Україні: це 3D-друк споруд за індивідуальним планом та елементами

інфраструктури; 3D-друк елементів інтер'єру з дизайн-проекту; 3D-друк інструмента та запасних частин для будівельної техніки.

Ще наприкінці 90-х років минулого століття група вчених в Інституті проблем матеріалознавства НАН України займалася розробкою технології селективного лазерного спікання (Selective laser Sintering) керамічних порошків на основі тугоплавких сполук [10; 11]. Зараз в Україні існує кілька стартапів з розробки 3D-принтерів для друку керамічними та металевими матеріалами. Найбільш відомими з них є Українсько-американська фірма "Kwambio" (Одеса) та "Червона хвиля" (Київ).

Стартап Kwambio розробили свою технологію 3D-друку методом упорскування в'язучого (binder jetting), створили 3D-принтер і почали друкувати вироби на фабриці в Івано-Франківську. Компанія «Червона хвиля» побудувала пілотну систему "xBeam 3D Metal Printing", що є експериментальним 3D-принтером, який почав друкувати широкий спектр виробів із звичайного промислового дроту, спростивши процес виготовлення деталей. Українська фірма "PassivDom" спроектувала та продемонструвала «розумний дім», створений за допомогою 3D-принтера, основними перевагами якого є дизайнерська унікальність та його повна автономність. Згідно із заявами розробників, із застосуванням технології будівля зводиться не більше ніж за добу. У створенні каркасу можна застосовувати матеріали, що не піддаються корозії (наприклад, склопластик і вуглеводневе волокно) [12]. Також в Україні існує низка фірм та просто ентузіастів 3D-друку, які займаються розвитком нових напрямків та впровадженням уже наявних адитивних технологій.

Звичайно, до західних досягнень нам ще далеко, але було б правильно залучати студентів профільних ВНЗ до вивчення та розвитку адитивних технологій, щоб на Kickstarter з'являлися перспективні проекти студентів не лише Массачусетського університету, а й українських навчальних закладів. Ще з кінця 90-х років в Україні сформувалася спільнота, яка об'єднує молодих ентузіастів, і які зараз бачать майбутнє за 3D-принтерами та продовжують розвивати цей напрямок. Серед гравців ринку можна знайти компанії, які

займаються продажем обладнання та послуг із сканування (3d factory, Fabbers, Picaso, 3dprinting, Imatek, 3dprinto та ін.), підприємців, які застосовують 3D-технології у виробництві (ювелірні заводи, меблеві компанії, дизайнерські майстерні), а також самостійні фахівці з різних сфер, які тестують свої ідеї. Освітня місія для нашого суспільства є дуже важливою. Технології 3D-друку в дизайні є інноваційними за своєю суттю і здатні відповідати на запити сучасності, але існує низка питань, які потребують відповідей. Незрозуміло які наслідки буде мати повсюдне впровадження 3D-друку в дизайні, архітектурі та будівництві. Чи не стануть виробники, що працюють за традиційними технологіями, перешкоджати просуванню незвичних технологій. Досить гостро також постає питання, яким чином вплине впровадження адитивних технологій на кількість робочих місць в українському виробництві.

**Висновки.** Формування інклюзивного предметно-просторового середовища з використанням адитивних технологій є перспективним напрямом сучасного дизайну та може здійснюватися у таких напрямках: 1) з експлуатацією фізичних властивостей (міцності, гнучкості, прозорості, теплопровідності тощо); 2) з наданням властивостей інклюзивності предметно-просторовому середовищу; 3) з посиленням естетичних властивостей об'єкта (текстур та фактур); 4) з клонуванням об'єктів у різних варіаціях; 5) зі створенням великих конструктивних об'єктів та архітектурних форм (3-D стіни, декоративні перегородки, великогабаритні меблі та ін.).

Використання сітчастих структур для створення подібних засобів формоутворення скорочує час виготовлення, вартість об'єктів, надає можливість для застосування прийомів модуляції, конструктора та масштабування. З естетичної погляду загальною властивістю адитивних об'єктів можна назвати можливість їх перетворення та трансформації художнього образу, що є обов'язковою складовою інклюзивності.

Встановлено головні особливості технології 3-D друку: можливість створення високоякісних прототипів та дрібносерійних предметів практично необмеженої складності; можливість надання запроєктованих властивостей



матеріалу надрукованому предмету; існування екологічно безпечних матеріалів для друку. Практика проектування показує, що предмети, створені з використанням технології 3D друку стають домінуючими при створенні інклюзивного простору. Виходячи з цього, дослідження в аспекті використання технології 3-D друку для проектування інклюзивного середовища мають перспективність і потребують розширеного вивчення як у теоретичному, так і практичному плані.

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Від проривних технологій до цифрової економіки : монографія / за заг. ред. О. В. Кубатка, Б. Л. Ковальова. – Суми : Сумський державний університет, 2022. – 256 с.
2. Севостьянов М. Технології майбутнього в дизайні інтер'єрів: від 3D-друку до лазерного сканування. – 2020. – URL: <https://thepage.ua/ua/experts/tehnologiyi-majbutnogo-v-dizajni-interyeriv-vid-3d-druku-do-lazernogo-skanuvannya> (дата звернення: 27.10.2023)
3. Ronald L. Mace Center for Universal Design. URL: [https://projects.ncsu.edu/www/ncsu/design/sod5/cud/about\\_us/usronmace.htm](https://projects.ncsu.edu/www/ncsu/design/sod5/cud/about_us/usronmace.htm) (дата звернення: 27.10.2023).
4. The 7 Principles of Universal Design. URL: <http://universaldesign.ie/What-is-Universal-Design/The-7-Principles/> (дата звернення: 27.10.2023)
5. Luck, R. (2018). Inclusive Design and Making in Practice: Bringing Bodily Experience into Closer Contact with Making. *Design Studies*, 54, 96-119. <https://doi.org/10.1016/j.destud.2017.11.003>.
6. Heylighen, A., Linden, V. V. der, & Steenwinkel, I. V. (2017). Ten Questions Concerning Inclusive Design of the Built Environment. *Building and Environment*, 114, 507-517. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.008>.
7. Samykano, M., Selvamani, S. K., Kadirgama, K., Ngui, W. K., Kanagaraj, G., & Sudhakar, K. (2019). Mechanical Property of FDM Printed ABS: Influence of Printing Parameters. *The International Journal of Advanced Manufacturing*

*Technology*, 102, 2779-2796. <https://doi.org/10.1007/s00170-019-03313-0>.

8. Keleş, Ö., Blevins, C. W., & Bowman, K. J. (2017). Effect of Build Orientation on the Mechanical Reliability of 3D Printed ABS. *Rapid Prototyping Journal*, 23(2), 320-328. <https://doi.org/10.1108/rpj-09-2015-0122>.

9. Альніков, Є. М. (2020, 12-15 лютого). Екологічність технологій 3D принтерного друку. В О. Мороз (ред.). Сталий розвиток – стан та перспективи, Матеріали II Міжнародного наукового симпозіуму (с. 64-67). Національний університет «Львівська політехніка».

10. Ragulya A.V., Zgalat-Lozynskyy O.B. Laser Sintering of Multilayer Gradient Materials. *Functional Gradient Materials and Surface Layers*, Springer. 2001. P. 151–159.

11. Selective laser sintering II. Sintering multilayer refractory composites / A.V. Ragulya, V.P. Stetsenko, V.M. Vereshchak, V.P. Klimenko, V.V. Skorokhod. *Powder metallurgy and metal ceramics*. 1998. № 37. P. 577–582.

12. Андрійчук О.В., Оласюк П.Я. Застосування 3D-технологій у будівництві. Сучасні технології та методи розрахунку в будівництві. 2015. Вип. 3. С. 11–18.