ISSN 2410-1176 (Print) • Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство. Вип. 43 • ISSN 2616-4183 (Online)

DOI: 10.31866/2410-1176.43.2020.220251
УДК 7.012:64.05-056.26]:[004.9:004.356.2

ПРОЄКТУВАННЯ ІНКЛЮЗИВНОГО СЕРЕДОВИЩА З ВИКОРИСТАННЯМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ (3-D ДРУК)

Альніков Євген Миколайович
Викладач,
ORCID: 0000-0001-9064-0690,
e-mail: 7817604@gmail.com,
Харківська державна академія дизайну і мистецтв,
вул. Мистецтв, 8, Харків, Україна, 61002

Мета дослідження – визначити принципи формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища з використанням технології адитивного виробництва (3-D друку); віднайти методи та прийоми формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища з використанням технології адитивного виробництва, застосування яких допоможе дизайнеру створити інклюзивний простір. Методи дослідження. Використано метод порівняльно-історичного аналізу, типологічної систематизації, моніторингу, експертних суб'єктивних оцінок, візуально-аналітичний метод для висвітлення світового теоретичного й практичного досвіду: формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища, використання технології 3D-друку, а також вивчення таких матеріалів, як монографії, наукові статті, практичні керівництва, підручники, тези наукових доповідей, публікації в періодичних виданнях з досліджуваної теми, фотоматеріали й тексти з мережі Інтернет. Наукова новизна. Автором запропонований новий погляд на створення інклюзивного середовища. Виведено гіпотезу про те, що практика проєктування інклюзивного простору має все більше використовувати предмети, створені за технологіями 3-D друку. Стверджується, що завдяки цьому предмети, створені з використанням технології 3-D друку, стануть домінантами інклюзивного предметно-просторового рішення. Висновки. Встановлено основні особливості технології 3-D друку й запропоновано перспективні напрями для застосування. Виявлено принципи формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища з використанням технології 3-D друку. Визначено основні теоретичні засади використання технології 3-D друку в процесі формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища. Дослідження в плані використання технології 3-D друку для проєктування предметно-просторового інклюзивного середовища мають актуальність та перспективність, вони потребують розширення і теоретичного, і практичного аспектів.

Ключові слова: процес проєктування; інклюзивний дизайн; технології адитивного виробництва; 3-D друк

Вступ

Кожна людина впродовж свого життя постійно перебуває в ситуаціях, коли в неї частково обмежені функціональні можливості, а тому потребує інклюзивного середовища. Саме інклюзивне середовище забезпечує вільний доступ для користування благами цивілізації, що є необхідним складником розвитку суспільства. Проєктування інклюзивного простору – створення єдиного предметного-просторового середовища для безперешкодного й комфортного співіснування всіх членів суспільства. Стрімкий розвиток технології адитивного виробництва, а саме технології 3-D друку, потребує вивчення можливостей використання цієї технології в створенні інклюзивного середовища. Актуальність дослідження полягає в тому, що та частина членів суспільства, яка має обмеження в здоров'ї (15% населення), не має необхідного інклюзивного середовища навколо, стрімкий розвиток технології адитивного виробництва, а саме технології 3-D друку, може допомогти в створенні інклюзивного середовища.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Обмеження в здоров'ї різного виду мають 10–15% населення. 46% людей після 60 років живуть з інвалідністю, при цьому число літніх людей збільшується на три відсотки в рік (United Nations, 2020). Результатом інклюзивного дизайну часто стає переосмислення тривіальних предметів і концепцій з тим, щоб користування ними було зручним для всіх або для максимально численної групи людей. Кожна людина протягом життя потребує інклюзивного:хтось більшою мірою, хтось – меншою. Наприклад: діти (мають обмеження в силі, яку можуть докласти, у зрості, навіть мала вага може стати проблемою); люди похилого віку (мають обмеження в силі, яку можуть докласти, у якості зору, у швидкості); кожна людина, якої чимось зайняті руки

© Альніков Є. М., 2020

ISSN 2410-1176 (Print) • Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство. Вип. 43 • ISSN 2616-4183 (Online)

(на руках дитина, тримає валізу); люди, котрі мають травму, дезорієнтовані, перевтомлені, знесилені тощо. Інклюзивний дизайнерський рух має на меті здійснити зміни, виправити за допомогою дизайну багато ситуацій у повсякденному житті, які не враховують різноманітні можливості людей. Роджер Коулман, перший директор Центру Хелен Хемлін, вважає, що інклюзивний дизайн – це не новий тип дизайну, а напрям, який прагне охоплювати значні сектори суспільства, які занадто часто ігноруються або залишаються поза увагою. Інклюзивний дизайн не є ні зовсім новим жанром дизайну, ні окремою спеціалізацією. Він відрізняється більш загальним підходом до проєктування продуктів та послуг для задоволення потреб якнайширшої аудиторії, незалежно від віку чи можливостей (Luck, 2018).

Наукова новизна. Внаслідок дослідження запропоновано новий погляд на створення інклюзивного середовища. Виведено гіпотезу про те, що практика проєктування інклюзивного простору має все більше використовувати предмети, створені за технологіями 3-D друку. Саме завдяки цьому предмети, створені з використанням технології 3-D друку, стануть домінантами інклюзивного предметно-просторового рішення.

Мета статті

Мета статті – розгляд створення інклюзивного предметного-просторового середовища із використанням адитивних технологій (3-D друк). Завдання: вивчення існуючого теоретичного і практичного досвіду створення інклюзивного середовища традиційними засобами виробництва;вивчення існуючого теоретичного і практичного досвіду адитивного виробництва; аналіз матеріалів, технології 3-D друку, та видів 3-D принтерів; встановлення засобів та прийомів використання технології 3-D друку у створенні інклюзивного простору; обґрунтування принципів, рекомендацій при проектуванні інклюзивного простору.

Методологія дослідження ґрунтується на системному, комплексному і середовищному підходах, які орієнтовані на вивчення специфічних рис складно організованих об’єктів, до яких відноситься дизайн інклюзивного предметно-просторового середовища. Основними методами дослідження є такі: порівняльно-історичного аналізу, типологічної систематизації, експертних суб’єктивних оцінок, візуально-аналітичний, метод моніторингу. Комплексна методологія узагальнює наявний дослідницький досвід, базується на бібліографічних та проєктних матеріалах, передбачає і загальнонаукові, і спеціальні методи дослідження (передпроєктний аналіз).

Виклад матеріалу дослідження

Стрімкий розвиток технологій адитивного виробництва, а саме технології 3-D друку, дає змогу розглянути можливості її використання у створенні інклюзивного середовища. Об’єктом дослідження є формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища адитивними технологіями; предмет дослідження – принципи формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища з використанням технології 3-D друку. Проєктанти все частіше намагаються створювати середовище, послуги й предмети, якими без спеціальної підготовки і модифікацій змогли б користуватися якомога більше людей, незалежно від їх характеристик. Один з головних принципів – відмова від узагальнення. Речі, створені для «середнього користувача», не є оптимальні для переважної більшості, через те що жоден представник людства не є середньостатистичним. Замість цього проєктувальникам пропонується розробляти рішення, які б підходили користувачам віддалених кінців спектру. Цей прийом називається дизайном від крайнощів – «design to the edges» (Luck, 2018).

Завдяки більш сильному узгодженню з рухом виробника дизайнери можуть запропонувати персоналізовані процеси для участі в розробленні унікальних речей. Цю розширену практику дизайну називають інклюзивним виготовленням дизайнерів. Розширивши інклюзивне мислення дизайнера, можливо почати кидати виклик і виправляти універсальну проблему проектування для кожної унікальної відмінності (Luck, 2018).

Технології 3-D друку є однією з основних новацій останніх років у галузі дизайну. Її використання в сучасному дизайні пов’язано з проблемами: 1) підвищення ефективності виробництва високотехнологічних виробів з різних матеріалів; 2) доступність якісних виробів для широких верств населення; 3) зростаючий попит на оновлення предметно-просторового середовища до інклюзивного рішення; 4) використання принципів вторинної переробки в дизайні предметно-просторового середовища та утилізація відпрацьованих виробів.

ISSN 2410-1176 (Print) • Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство. Вип. 43 • ISSN 2616-4183 (Online)

3-D принтери, як правило, швидші, більш доступні і прості у використанні, ніж інші технології виробництва. Сучасні 3-D принтери пропонують розробникам продуктів можливість друку деталей і механізмів з кількох матеріалів та з різними механічними і фізичними властивостями за один процес складання. Технології 3-D друку дають можливість швидкого здійснення й реалізації найсміливіших творчих проектів та ідей. 3-D друк часто називають «магічною» технологією. Для друку необхідні лише принтер з розхідним матеріалом та 3-D модель. З часу виникнення технології 3-D друку ринок 3-D принтерів стрімко зростав, виникли нові типи, а також технології, що дали змогу друкувати швидше, економніше та з більш складних матеріалів. З'явилися будинки, автомобілі, меблі, ракети, одяг та інші предмети, цілком або частково виготовлені на 3-D принтері. Їх використовують і для створення унікальних виробів у єдиному екземплярі (арт-об'єкти, музичні інструменти й ін.), і для дрібносерійного виробництва (Альников, 2018).

У процесі формоутворення предметно-просторового середовища постають питання матеріалу, адже кожен матеріал має характерний лише для нього набір властивостей, що має бути враховано дизайнером. Кожен з матеріалів диктує свій шлях реалізації проекту. Від професійності спеціалістів та обладнання залежать якість, швидкість і точність реалізації проєкту. Матеріал диктує форму й ставить дизайнеру рамки можливостей під час проєктування предметно-просторового середовища.

Мета інклюзивного дизайну – враховувати різноманітність особливостей людей, щоб створити для них рівні умови й забезпечити їхню автономність. Інклюзивний дизайн – термін британського походження. У США цю концепцію називають «універсальним дизайном». Часто використовується і поняття «дизайн для всіх». Усі ці терміни фактично є синонімами. Британський інститут стандартизації визначає інклюзивний дизайн як «проєктування загальноприйнятих продуктів або послуг так, щоб вони були доступні і їх могли використати якнайбільше число людей без необхідності в спеціальній адаптації або в розробці особливого дизайну» (Heylighen et al., 2017).

Принципи інклюзивного дизайну: 1) рівність у використанні – потрібно надавати однакові інструменти всім користувачам, ідентичні, коли це можливо, в інших випадках – еквівалентні; уникати стигматизації та сегрегації; забезпечувати безпеку всім користувачам; робити дизайн приємним для усіх; 2) гнучкість використання – забезпечити користувачів можливістю вибору методів використання; враховувати потреби тих, хто користується переважно правою, і тих, хто користується переважно лівою рукою; полегшувати можливість для користувача дотримуватися акуратності й точності; підлаштовуватися під темп користувача; 3) Простота й інтуїтивність використання – дизайн має бути простий для сприйняття незалежно від досвіду, знань, мовних навичок і рівня концентрації користувача; 4) зрозуміла інформація–дизайн дає змогу ефективно надати потрібну інформацію незалежно від умов середовища і слуху користувача; 5) терпимість до помилки–дизайн зводить до мінімуму можливі загрози здоров'ю і несприятливі наслідки випадкових та неумисних дій; 6) низький рівень фізичного зусилля – дизайн дозволяє ефективне і комфортне використання, не стомлюючи користувача (наприклад, дає змогу йому зберігати нейтральне положення тіла). Користувач має бути здатним використати дизайн незалежно від положення тіла, його габаритів і своєї мобільності (Benda et al., 2020).

Отже, проєктування інклюзивного предметно-просторового середовища є безумовною потребою для суспільства. Інклюзивне середовище забезпечує вільний доступ для користування благами цивілізації, – прикметною ознакою високорозвиненого товариства. Високий рівень умов існування для кожного є нормою для сучасних інклюзивних просторів.

Адитивні технології**.** Адитивні технології – це, як правило, точкове, безперервне, лінійне або шарове нанесення матеріалу на плоску основу, внаслідок чого формування об'єкта здійснюється поетапно, пошарово, поки зазначена форма не буде повністю відтворена. 3-D друк є однією з форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу. 3-D принтер – пристрій, що використовує метод створення фізичного об'єкту на основі віртуальної 3-D моделі. 3-D принтер є периферійним пристроєм виводу інформації. 3-D принтери, як правило, швидші, більш доступні і прості у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва. Технологія 3-D друку реалізується в предметно-просторовому середовищі у вигляді меблів, предметів інтер'єру, елементів архітектури та архітектурних об'єктів. Завдяки особливостям цієї технології всі елементи предметно-просторового середовища можуть мати різноманітний зовнішній вигляд, бути виконані в єдиному художньому рішенні або створювати симбіоз стилів, мати форму, яка раніше була надскладною або ж зовсім неможливою, і при цьому невелику собівартість. Така властивість відкриває широкий спектр можливостей для пошуку нових несподіваних рішень (Samykano et al., 2019).

ISSN 2410-1176 (Print) • Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство. Вип. 43 • ISSN 2616-4183 (Online)

Властивості й галузі застосування технології 3-D друку. 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 (отже, і собівартість); 2) збільшується складність і якість виробів (цільні деталі складної форми); 3) поліпшення екологічності виробництва (безвідходне виробництво, значно скорочений технологічний процес, виробництво із вторинної сировини,); 4) розширені можливості для дизайнера (можливість створення прототипів і малих серій високої якості без залучення промислового виробництва) (Keleş et al., 2017).

Завдяки своїм особливостям технологія 3-Dдруку робить формоутворення предметно-просторового середовища сучасним, технологічним, екологічним, економним, виразними та оригінальними, сприяючи створенню нових формоутворень практично необмеженої складності без збільшення часу та вартості їх виробництва.

Існуюча практика використання технології 3-D друку засвідчує перспективність формоутворення інклюзивного дизайну засобами 3-D друку, яка може відбуватися такими шляхами: 1) 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 потрібними якостями (м'якість, твердість, електропровідність, теплопровідність тощо); 4) застосування та комбінування різних матеріалів, в одному цільному об'єкті.

Технологія 3-D друку може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип пошарового створення (вирощування) твердого об'єкта.

Застосовуються дві принципові технології:

Лазерні технології: лазерний друк – ультрафіолетовий лазер поступово, піксель за пікселем, засвічує рідкий фотополімер або фотополімер засвічується ультрафіолетовою лампою через фотошаблон, мінливий з новим шаром. При цьому він твердне й перетворюється на досить міцний пластик; лазерне спікання – лазер випалює в порошку з легкоплавкого пластику (шар за шаром) контур майбутньої деталі, після цього зайвий порошок струшується з готової деталі; ламінування – деталь створюється з великої кількості шарів робочого матеріалу, які поступово накладаються один на одного і склеюються, при цьому лазер вирізає в кожному контур перерізу майбутньої деталі.

Струменеві технології: застигання матеріалу при охолодженні – роздавальна голівка видавлює на охолоджувану платформу-основу краплі розігрітого термопластика. Краплі швидко застигають і злипаються один з одним, формуючи шари майбутнього об'єкта; полімеризація фотополіменого пластику під дією ультрафіолетової лампи – спосіб схожий на попередній, але пластик твердне під дією ультрафіолету; склеювання або спікання порошкоподібного матеріалу – те ж саме, що й лазерне спікання, лише порошок склеюється клеєм, що надходить із спеціальної струменевої голівки, при цьому можна відтворити забарвлення деталі, використовуючи сполучні речовини різних кольорів.

Застосування технології: 1) для швидкого виготовлення прототипів моделей та об'єктів для подальшого доведення. Вже на етапі проєктування можна кардинальним чином змінити конструкцію вузла або об'єкта в цілому. У інженерії такий підхід здатний істотно знизити витрати у виробництві та освоєнні нової продукції; 2) для швидкого виробництва – виготовлення готових деталей з матеріалів, які підтримуються 3-D принтерами. Це відмінне рішення для малосерійного виробництва; 3) виготовлення моделей і форм для ливарного виробництва; 4) виробництво різних дрібниць в домашніх умовах; 5) виробництво складних, масивних, міцних і, що дуже важливо, недорогих систем.

Перспективними для застосування у формоутворенні інклюзивного предметно-просторового середовища є: 1) модулювання методом наплавлення (англ. Fused deposition modeling, FDM). За цією технологією можна створювати меблі, предмети інтер'єру та декору. Потребує побудови опорних структур, якщо об'єкт має нависаючі елементи, виступи, консолі. У цій технології є можливість різнокольорового друку та друку різними матеріалами одночасно; 2) фотополімеризація (SLA-DLP). Можливі вироби різних механічних характеристик від твердих пластиків до гуми. Основним недоліком DLP, як і SLA, є досить висока ціна витратних матеріалів і неможливість виконання різнокольорового друку та друку різними матеріалами одночасно. Специфіка технології дає змогу створювати деталі практично необмеженої складності й не потребує побудови опорних структур. DLP-принтери мають найвищий ступінь деталізації та швидкість друку. Цією технологією можливо створювати світильники, предмети декору, інформаційні покажчики й ін.; 3) формування шару на вирівняному шарі порошку (3D Printing, 3DP). У цій технології є можливим різнокольоровий друк та неможливий друк різними матеріалами одночасно. На основі цієї технології можна створювати меблі, предмети інтер'єру та декору. Недоліком є неможливість досягти високоточного друку, проте це може бути помітним лише з допомогою спеці-

ISSN 2410-1176 (Print) • Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство. Вип. 43 • ISSN 2616-4183 (Online)

ального обладнання; 4) електронно-променева плавка (англ. Electron beam freeform fabrication, EBF). Ця технологія дає змогу отримати високоякісні об'єкти, що не потребують додаткового оброблення після друку. На основі цієї технології можна створювати меблі, предмети інтер'єру й декору (Rael et al., 2013).

Висновки

Отже, формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища з використанням технології 3-D друку є перспективним напрямом у сучасних дослідженнях. Виявлено, що засоби формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища з використанням технології 3-D друку може здійснюватися: 1) проєктуванням фізичних властивостей матеріалу, яким будуть друкуватися об'єкти (міцність, гнучкість, прозорість, теплопровідність та ін.); 2) проєктуванням предметів створених за технологією 3-D друку для надання якостей інклюзивності предметно-просторовому середовищу; 3) застосування об'єктів, створених засобами 3-D технологій разом з предметами, виготовленими за існуючими технологіями; 4) проєктування естетичних властивостей об'єкту (текстур та фактур); 5) при проєктуванні закладати єдиний принцип будування для всіх об'єктів, створених засобами 3-D технологій, та в різних варіаціях повторювати його; 6) для створення об'єктів великих розмірів (3-D стіна, декоративні перегородки, крупно габаритні меблі й ін.) застосовувати прийоми модуляції, конструктора та масштабування; 7) для скорочення часу друку та вартості об'єктів проєктувати сітчасту структуру. Використання цих засобів формоутворення предметно-просторового середовища допоможе при проєктуванні інклюзивного архітектурного простору.

Визначено, що загальною естетичною властивістю всіх об'єктів та матеріалів, створених за технологіями 3-D друку, є можливість перетворення, трансформації художнього образу художньо-просторового середовища, що є обов'язковим складником інклюзивного рішення.

На основі аналізу наукових праць низки дослідників та вивчення проєктного й фактологічного матеріалу виявлено принципи формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища засобами технологій 3-D друку та їхні основні теоретичні засади.

Встановлено, що технологій 3-D друку – це поєднання всіх існуючих технологій традиційного виробництва, розвитку комп'ютерних технологій (зокрема, 3-D моделювання), експериментів учених, дизайнерів, митців, мистецьких практик, концептуального мистецтва. Це новий інструмент для дизайнера,що розширює можливості під час проєктування інклюзивного предметно-просторового середовища. Технології 3-D друку визначаються такими характеристиками, як багатогранність, багатоплощинність, різноспрямованість можливих трансформацій, множинність перспектив та ін.

Визначено, що кожна зі складників технології 3-D друку має свою специфіку, але не може існувати окремо від інших. Кожен етап створення реального предмета 3-D моделі є важливим і таким, що впливає на кінцевий результат. Встановлені головні особливості технології 3-D друку: можливість створення високоякісних прототипів та дрібносерійних предметів практично необмеженої складності; можливість надання запроєктованих властивостей матеріалу й надрукованому предмету зокрема; практично відсутнє забруднення навколишнього середовища через відсутність промислових відходів виробництва, можливість вторинної переробки вже надрукованих предметів та існування екологічно безпечних матеріалів для друку. Згідно з висновками доцільно зазначити, що практика проєктування інклюзивного простору має все більше використовувати предмети, створені за технологіями 3-D друку, внаслідок чого предмети, створені з використанням технології 3-D друку, стануть домінуючими складниками інклюзивного предметно-просторового рішення простору.

Виходячи з цього, дослідження в аспекті використання технології 3-D друку для проєктування предметно-просторового інклюзивного середовища мають виразну перспективність, потребуючи розширення і в теоретичному, і в практичному плані.

Список використаних джерел

Альников, Е. Н. (2018). 3D-печатные технологии в теоретическом и практическом формировании дизайнера (мировой и украинский опыт). В Т. Г. Барановская (Ред.), *Актуальные проблемы мировой художественной культуры* (Ч. 2, с. 216-228). Гродненский государственный университет имени Янки Купалы.

Альніков, Є. М. (2016, 17 травня). Формотворення предметного дизайну Premier Palace Hotel Kharkiv засобами інноваційних технологій 3D друку. В В. Я. Даниленко (Ред.), *Всеукраїнська наукова конференція студентів*

ХДАДМ за підсумками роботи 2015/2016 навчального року (с. 9-11). Харківська державна академія дизайну і мистецтв.

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».

Aleksandrina Rizova 3D Printed Table Legs. (n.d.). 3D Printuk. https://www.3dprint-uk.co.uk/portfolio-item/aleksandrina-rizova-3d-printed-table-legs/.

Baumann, F., Bugdayci, H., Grunert, J., Keller, F., & Roller, D. (2016). Influence of Slicing Tools on Quality of 3D Printed Parts. *Computer-Aided Design and Applications*, *13*(1), 14-31. https://doi.org/10.1080/16864360.2015.1059184.

Benda, N. C., Montague, E., & Valdez, R. S. (2020). Design for inclusivity. In A. Sethumadhavan & F. Sasangohar (Eds.), *Design for Health. Applications of Human Factors* (Ch. 15, pp. 305-322). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816427-3.00015-4.

Bertoli, R. (2017, September 26). Mr Big Stuff: Designer Joris Laarman Takes 3D Printing large. *Wallpaper.* https://www.wallpaper.com/design/joris-laarman-3d-printing-exhibition-cooper-hewitt.

Caminero, M. A., Chacón, J. M., García-Moreno, I., & Rodríguez, G. P. (2018). Impact Damage Resistance of 3D Printed Continuous Fibre Reinforced Thermoplastic Composites Using Fused Deposition Modelling. *Composites Part B: Engineering*, *148*, 93-103. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.04.054.

Daal, L. van (2017). *Biomimicry; 3D Printed Soft Seat*. https://www.lilianvandaal.com/biomimicry-3d-printed-soft-seat.

Dizon, J. R. C., Espera, A. H., Chen, Q., & Advincula, R. C. (2018). Mechanical Characterization of 3D-printed Polymers. *Additive Manufacturing*, *20*, 44-67. https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.12.002.

Freedom of Creation Develops Tree-D Printing in Wood. (2011). 3D Systems. https://www.3dsystems.com/blog/foc/freedom-of-creation-develops-tree-d-printing.

Gardan, J., Makke, A., & Recho, N. (2016). A Method to Improve the Fracture Toughness Using 3D Printing by Extrusion Deposition. *Procedia Structural Integrity*, *2*, 144-151. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2016.06.019.

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.

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.

Kooij, D. V. (2011, October). *Spring: Excellence, Talent and Inspiration in Design, Premsela at Designhuis, Eindhoven (nl)*. Dirk Vander Kooij.https://www.dirkvanderkooij.com/blogs/exhibitions/spring-span-designhuis-eindhoven-span.

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.

Ma, G., Dong, Q., & Wang, L. (2018). Experimental Investigation on the Cracking Behavior of 3D Printed Kinked Fissure. *Science China Technological Sciences*, *61*(12), 1872-1881. https://doi.org/10.1007/s11431-017-9192-7.

Milkert, H. (2014, December 2). *Zortrax 3D Prints an Entire Coffee Table' KARO' from Their M200 Desktop 3D Printer.* 3dprint.com. https://3dprint.com/28082/karo-zortrax-3d-printed-table/.

Misiurek, S., & Lebed, A. (2015, April 28). *Super Mod is a 3D Printed Modular Wall System*. Contemporist. www.contemporist.com/supermod-is-a-3d-printed-modular-wall-system/.

Molitch-Hou, M. (2014, June 24). *Drawing Furniture with a Giant 3D Printing Robot Arm*. 3D Printing Industry. https://3dprintingindustry.com/news/drawing-furniture-giant-3d-printing-robot-arm-28742/.

Nelson, L. B. (2015, December 8). *It's a Snap – 4 Furniture Designs with 3D Printed Connectors.* LEOLane. http://www.leolane.com/blog/snap-4-furniture-designs-3d-printed-connectors/.

Rael, R., San Fratello, V., & Ghandi, M. (2015). *Star Lounge*. Emerging Objects. https://www.emergingobjects.com/project/star-lounge/.

Rael, R., San Fratello, V., Stavridi, E., & Lee, S. K. (2013). *3D Printed House 1.0.* Emerging Objects. http://www.emergingobjects.com/project/3d-printed-house-1-0/.

Salenko, A., Chencheva, O., Glukhova, V., Shchetynin, V., Budar, M. R. F., Klimenko, S., & Lashko, E. (2020). Effect of Slime and Dust Emission on Micro-Cutting when Processing Carbon-Carbon Composites.*Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *3*(1(105)), 38-51. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203279.

Salenko, A., Chencheva, O., Lashko, E., Shchetynin, V., Klimenko, S., Samusenko, A. Potapov, A., & Gusarova, I. (2018). Forming a Defective Surface Layer When Cutting Parts Made From Carbon-Carbon and Carbon-Polymeric Composites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *4*(1(94)), 61-72. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139556.

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.

Scheve, F., Ströcker, J., & Pilger, D. (2016). *Flux. A Physical Kinetic Sculpture that Plays with Our Perception of Reality* [Video]. http://www.project-flux.com/.

Segerman, H. (2016, September 2). *Visualizing Mathematics with 3D Printing* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=JIM-IWh_-n0&feature=emb_logo.

Tools Galerie. (n.d.). *Studio Minale Maeda*. http://www.toolsgalerie.com/designer/studio-minale-maeda/.

United Nations. (2020). *Department of Economic and Social Affairs Disability.* https://www.un.org/ru/rights/disabilities/background_7.shtml.

World Health Organization. (2018, January 16). Disability and Health. https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health.

Yang, Y. F., Tang, C. A., & Xia, K. W. (2012). Study on Crack Curving and Branching Mechanism in Quasi-Brittle Materials Under Dynamic Biaxial Loading. *International Journal of Fracture*, *177*(1), 53-72. https://doi.org/10.1007/s10704-012-9755-6.

Zeng, Q., Tonge, A. L., & Ramesh, K. T. (2019a). A Multi-Mechanism Constitutive Model for the Dynamic Failure of Quasi-Brittle Materials. Part I: Amorphization as a Failure Mode. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, *130*, 370-392. https://doi.org/10.1016/j.jmps.2019.06.012.

Zeng, Q., Tonge, A. L., & Ramesh, K. T. (2019b). A Multi-Mechanism Constitutive Model for the Dynamic Failure of Quasi-Brittle Materials. Part II: Integrative Model. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, *131*, 20-42. https://doi.org/10.1016/j.jmps.2019.06.015.

References

Aleksandrina Rizova 3D Printed Table Legs. (n.d.). 3D Printuk. https://www.3dprint-uk.co.uk/portfolio-item/aleksandrina-rizova-3d-printed-table-legs/ [in English].

Alnikov, Ye. (2016, May 17). Formotvorennia predmetnoho dyzainu Premier Palace Hotel Kharkiv Zasobamy Innovatsiinykh Tekhnolohii 3D Druku [Formation of Object Design of Premier Palace Hotel Kharkiv with the Help of Innovative Technologies 3D Druku]. In V. Ya. Danylenko (Ed.), *Vseukrainska Naukova Konferentsiia Studentiv KhDADM za Pidsumkamy Roboty 2015/2016 Navchalnoho Roku [All-Ukrainian Scientific Conference of Students of KSADA on the Results of the 2015/2016 Academic Year]* (pp. 9-11). Kharkiv State Academy of Design and Arts [in Ukrainian].

Alnikov, Ye. (2018). 3D-Pechatnye Tekhnologii v Teoreticheskom i Prakticheskom Formirovanii Dizainera (Mirovoii Ukrainskii Opyt) [3D Printing Technologies in the Theoretical and Practical Formation of a Designer (World and Ukrainian Experience)]. In T. G. Baranovskaya (Ed.), *Aktual'nye Problemy Mirovoi Khudozhestvennoi Kul'tury [Actual Problems of World Art Culture]* (Pt. 2, pp. 216-228). Yanka Kupala State University of Grodno [in Russian].

Alnikov, Ye. (2020, February 12-15). Ekolohichnist Tekhnolohii 3D Prynternoho Druku [Environmental Friendliness of 3D Printer Printing Technologies]. In O. Moroz (Ed.), *Stalyi Rozvytok – Stan Ta Perspektyvy [Sustainable Development – State and Prospects]*, Proceedings of the II International Scientific Symposium (pp. 64-67). Lviv Polytechnic National University. http://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2019/19110/importantdoc/sdev2020proceedings.pdf [in Ukrainian].

Baumann, F., Bugdayci, H., Grunert, J., Keller, F., & Roller, D. (2016). Influence of Slicing Tools on Quality of 3D Printed Parts. *Computer-Aided Design and Applications*, *13*(1), 14-31. https://doi.org/10.1080/16864360.2015.1059184 [in English].

Benda, N. C., Montague, E., & Valdez, R. S. (2020). Design for Inclusivity. In A. Sethumadhavan & F. Sasangohar (Eds.), *Design for Health. Applications of Human Factors* (Ch. 15, pp. 305-322). Academic Press. https://doi.org/10.1016/B978-0-12-816427-3.00015-4 [in English].

Bertoli, R. (2017, September 26). Mr Big Stuff: Designer Joris Laarman Takes 3D Printing large. *Wallpaper.*https://www.wallpaper.com/design/joris-laarman-3d-printing-exhibition-cooper-hewitt [in English].

Caminero, M. A., Chacón, J. M., García-Moreno, I., & Rodríguez, G. P. (2018). Impact Damage Resistance of 3D Printed Continuous Fibre Reinforced Thermoplastic Composites Using Fused Deposition Modelling. *Composites Part B: Engineering*, *148*, 93-103. https://doi.org/10.1016/j.compositesb.2018.04.054 [in English].

Daal, L. van (2017). *Biomimicry; 3D Printed Soft Seat*. https://www.lilianvandaal.com/biomimicry-3d-printed-soft-seat [in English].

Dizon, J. R. C., Espera, A. H., Chen, Q., & Advincula, R. C. (2018). Mechanical Characterization of 3D-printed Polymers. *Additive Manufacturing*, *20*, 44-67. https://doi.org/10.1016/j.addma.2017.12.002 [in English].

Freedom of Creation Develops Tree-D Printing in Wood. (2011). 3D Systems. https://www.3dsystems.com/blog/foc/freedom-of-creation-develops-tree-d-printing [in English].

Gardan, J., Makke, A., & Recho, N. (2016). A Method to Improve the Fracture Toughness Using 3D Printing by Extrusion Deposition. *Procedia Structural Integrity*, *2*, 144-151. https://doi.org/10.1016/j.prostr.2016.06.019 [in English].

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 [in English].

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 [in English].

Kooij, D. V. (2011, October). *Spring: Excellence, Talent and Inspiration in Design, Premsela at Designhuis, Eindhoven (nl)*. Dirk Vander Kooij. https://www.dirkvanderkooij.com/blogs/exhibitions/spring-span-designhuis-eindhoven-span [in English].

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 [in English].

Ma, G., Dong, Q., & Wang, L. (2018). Experimental Investigation on the Cracking Behavior of 3D Printed Kinked Fissure. *Science China Technological Sciences*, *61*(12), 1872-1881. https://doi.org/10.1007/s11431-017-9192-7 [in English].

Milkert, H. (2014, December 2). *Zortrax 3D Prints an Entire Coffee Table' KARO' from Their M200 Desktop 3D Printer.* 3dprint.com. https://3dprint.com/28082/karo-zortrax-3d-printed-table/ [in English].

Misiurek, S., & Lebed, A. (2015, April 28). *Super Mod is a 3D Printed Modular Wall System*. Contemporist. www.contemporist.com/supermod-is-a-3d-printed-modular-wall-system/ [in English].

Molitch-Hou, M. (2014,June 24). *Drawing Furniture with a Giant 3D Printing Robot Arm*. 3D Printing Industry. https://3dprintingindustry.com/news/drawing-furniture-giant-3d-printing-robot-arm-28742/ [in English].

Nelson, L. B. (2015, December 8). *It's a Snap – 4 Furniture Designs with 3D Printed Connectors.* LEOLane. http://www.leolane.com/blog/snap-4-furniture-designs-3d-printed-connectors/ [in English].

Rael, R., San Fratello, V., & Ghandi, M. (2015). *Star Lounge*. Emerging Objects. https://www.emergingobjects.com/project/star-lounge/ [in English].

Rael, R., San Fratello, V., Stavridi, E., & Lee, S. K. (2013). *3D Printed House 1.0.* Emerging Objects. http://www.emergingobjects.com/project/3d-printed-house-1-0/ [in English].

Salenko, A., Chencheva, O., Glukhova, V., Shchetynin, V., Budar, M. R. F., Klimenko, S., & Lashko, E. (2020). Effect of Slime and Dust Emission on Micro-Cutting when Processing Carbon-Carbon Composites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *3*(1(105)), 38-51. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2020.203279 [in English].

Salenko, A., Chencheva, O., Lashko, E., Shchetynin, V., Klimenko, S., Samusenko, A. Potapov, A., & Gusarova, I. (2018). Forming a Defective Surface Layer When Cutting Parts Made From Carbon-Carbon and Carbon-Polymeric Composites. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, *4*(1(94)), 61-72. https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.139556 [in English].

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 [in English].

Scheve, F., Ströcker, J.,& Pilger, D. (2016). *Flux. A Physical Kinetic Sculpture, that Plays with Our Perception of Reality* [Video]. http://www.project-flux.com/ [in English].

Segerman, H. (2016, September 2). *Visualizing Mathematics with 3D Printing* [Video]. YouTube. https://www.youtube.com/watch?v=JIM-IWh_-n0&feature=emb_logo [in English].

Tools Galerie. (n.d.). *Studio Minale Maeda*. http://www.toolsgalerie.com/designer/studio-minale-maeda/ [in French].

United Nations. (2020). *Department of Economic and Social Affairs Disability.* https://www.un.org/ru/rights/disabilities/background_7.shtml [in English].

World Health Organization. (2018, January16). *Disability and Health*. https://www.who.int/ru/news-room/fact-sheets/detail/disability-and-health [in English].

Yang, Y. F., Tang, C. A., & Xia, K. W. (2012). Study on Crack Curving and Branching Mechanism in Quasi-Brittle Materials Under Dynamic Biaxial Loading. *International Journal of Fracture*, *177*(1), 53-72. https://doi.org/10.1007/s10704-012-9755-6 [in English].

Zeng, Q., Tonge, A. L., & Ramesh, K. T. (2019a). A Multi-Mechanism Constitutive Model for the Dynamic Failure of Quasi-Brittle Materials. Part I: Amorphization as a Failure Mode. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, *130*, 370-392. https://doi.org/10.1016/j.jmps.2019.06.012 [in English].

Zeng, Q., Tonge, A. L., & Ramesh, K. T. (2019b). A Multi-Mechanism Constitutive Model for the Dynamic Failure of Quasi-Brittle Materials. Part II: Integrative Model. *Journal of the Mechanics and Physics of Solids*, *131*, 20–42. https://doi.org/10.1016/j.jmps.2019.06.015 [in English].

Стаття надійшла до редакції: 13.11.2020

ISSN 2410-1176 (Print) • Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство. Вип. 43 • ISSN 2616-4183 (Online)

ПРОЕКТИРОВАНИЕ ИНКЛЮЗИВНОЙ СРЕДЫ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АДДИТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ (3-D ПЕЧАТЬ)

Альников Евгений Николаевич
Преподаватель,
Харьковская государственная академия дизайна и искусств,
Харьков, Украина

Цель исследования – определить принципы формообразования инклюзивной предметно-пространственной среды с использованием технологии аддитивного производства (3-D печати). Найти методы и приемы формообразования инклюзивной предметно-пространственной среды с использованием технологии аддитивного производства, применение которых поможет дизайнеру создать инклюзивное пространство. Методы исследования. Использованы метод сравнительно-исторического анализа, типологической систематизации, мониторинга, экспертных субъективных оценок, визуально-аналитический метод для освещения мирового теоретического и практического опыта формообразования инклюзивной предметно-пространственной среды; использование технологии 3-D печати, а также таких материалов, как: монографии, научные статьи, практические руководства, учебники, тезисы научных докладов, публикации в периодических изданиях по данной теме, фотоматериалы и тексты из сети Интернет. Научная новизна. Автором предложен новый взгляд на создание инклюзивной среды. Выведена гипотеза, что практика проектирования инклюзивного пространства должна все больше использовать предметы, созданные по технологиям 3-D печати. Утверждается, что благодаря этому предметы, созданные с использованием технологии 3-D печати, станут доминирующими составляющими инклюзивного предметно-пространственного решения. Выводы. Установлены главные особенности технологии 3-D печати, предложены перспективные направления для применения. Выявлены принципы формообразования инклюзивной предметно-пространственной среды с использованием технологии 3-D печати. Определены основные теоретические основы использования технологии 3-D печати при формообразовании инклюзивной предметно-пространственной среды. Значение работы в том, что исследования в направлении использования технологии 3-D печати для проектирования предметно-пространственной инклюзивной среды имеют актуальность и перспективность, и требуют расширения как теоретического, так и практического исследования.

Ключевые слова: процесс проектирования; инклюзивный дизайн; технологии аддитивного производства; 3-D печать

DESIGN OF AN INCLUSIVE ENVIRONMENT USING ADDITIVE TECHNOLOGY (3-D PRINTING)

Yevhen Alnikov
Lecturer,
Kharkiv State Academy of Design and Arts,
Kharkiv, Ukraine

The purpose of the article is to determine the principles how to form an inclusive subject-spatial environment using the technology of additive manufacture (3-D printing); to identify methods and techniques of forming an inclusive subject-spatial environment using the technology of additive manufacture, the use of which will help the designer to create an inclusive space. Research methodology. We have applied the method of comparative-historical analysis, the method of typological systematisation, the method of monitoring, the method of expert subjective assessments, and the visual-analytical method to study the theoretical and practical experience of formation of the inclusive subject-spatial environment; the use of 3-D printing technology. Monographs, scientific articles, practical guides, textbooks, abstracts of scientific reports, publications in periodicals, photos and texts from the Internet on this topic were considered during the research. Scientific novelty. The author offers a new look at creating an inclusive environment. The article hypothesises that the practice of inclusive space design should increasingly use objects created with 3-D printing technology. As a result, items created using 3-D printing technology will become the dominant components of an inclusive subject-spatial solution. Conclusions. The article has identified the main features of 3-D printing technology and provides application opportunities. The article covers the principles of formation of an inclusive subject-spatial environment using 3-D printing technology. The fundamental theoretical principles of using 3-D printing technology in the formation of an inclusive subject-spatial environment were determined. The study of 3-D printing technology for the design of subject-spatial inclusive environment are relevant and advanced; it requires the expansion of both theoretical and practical research.

Keywords: design; inclusive design; technology of additive manufacture; 3-D printing