

МИСТЕЦТВОЗНАВСТВО

УДК 004.9:[72.012:338.28]

DOI <https://doi.org/10.24919/2308-4863/35-1-1>**Євген АЛЬНІКОВ,***orcid.org/0000-0001-9064-0690*

аспірант кафедри дизайну середовища,

завідувач лабораторії дизайну меблів,

викладач, дослідник

Харківської державної академії дизайну і мистецтв

(Харків, Україна) 7817604@gmail.com**ІНКЛЮЗИВНЕ СЕРЕДОВИЩЕ В УКРАЇНІ, ПЕРСПЕКТИВИ СТВОРЕННЯ
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АДИТИВНИХ ТЕХНОЛОГІЙ (3D-ДРУК)**

Актуальність дослідження. В Україні є нагальна потреба створення інклюзивного предметно-просторового середовища. Кожна людина протягом життя постійно стикається із ситуаціями, коли в неї частково обмежені функціональні можливості і вона потребує інклюзивного середовища. Стрімкий розвиток технології адитивного виробництва, а саме технології 3D-друку, потребує вивчення можливостей використання цієї технології у створенні інклюзивного середовища. Мета дослідження – створення інклюзивного предметно-просторового середовища в Україні із використанням адитивних технологій (3D-друк). Завдання – аналіз потреб інклюзивного середовища в Україні, вивчення наявного теоретичного і практичного досвіду створення предметно-просторового середовища із використанням технологій 3D-друку; встановлення засобів та прийомів використання технології 3D-друку у створенні інклюзивного простору; обґрунтування принципів, рекомендацій у разі проєктування інклюзивного простору. Методами дослідження є: метод порівняльно-історичного аналізу, метод типологічної систематизації, метод моніторингу, метод експертних суб'єктивних оцінок, візуально-аналітичний метод. Результати. Встановлені головні особливості технології 3D-друку та запропоновані перспективні для застосування. Виявлені принципи формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища в Україні з використанням технології 3D-друку. Визначені основні теоретичні засади використання технології 3D-друку у разі формоутворення інклюзивного предметно-просторового середовища в Україні. Значення. У статті представлені результати роботи курсу концептуального дизайну і дипломних робіт факультету «Дизайн середовища» Харківської державної академії дизайну і мистецтв. Виведена гіпотеза, що практика проєктування інклюзивного простору в Україні має все більше використовувати предмети, створені за технологіями 3D-друку. Дослідження в напрямі використання технології 3D-друку для проєктування інклюзивного середовища мають актуальність і перспективність та потребують розширення як теоретичного, так і практичного дослідження.

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

Yevhen ALNIKOV,*orcid.org/0000-0001-9064-0690*

Postgraduate Student at the Department of Environmental Design,

Head of the Laboratory of Design Furniture,

Lecturer, Researcher

Kharkiv State Academy of Design and Fine Arts

(Kharkiv, Ukraine) 7817604@gmail.com**INCLUSIVE ENVIRONMENT IN UKRAINE PROSPECTS OF CREATION
WITH THE USE OF ADDITIVE TECHNOLOGIES**

Relevance of research in Ukraine, there is an urgent need to create an inclusive subject-spatial environment. The rapid development of additive production technology, namely 3D printing technology, requires the study of the possibilities of using this technology in creating an inclusive environment. The purpose of the study is the creation of an inclusive subject-spatial environment in Ukraine with the use of additive technologies (3D printing). Objectives are the analysis of the needs of an inclusive environment in Ukraine, the study of existing theoretical and practical experience in creating a subject-spatial environment using technology (3D printing); the establishment of means and methods of using 3D printing technology in creating an inclusive space; the substantiation of principles, recommendations for designing an inclusive space. The research methods are: the method of comparative-historical analysis, the method of typological systematization, the method of monitoring, the method of expert subjective assessments, the visual-analytical method. Results. The main

features of 3D printing technology are identified, and promising for application are proposed. The principles of shaping the inclusive subject-spatial environment in Ukraine with the use of 3D printing technology are revealed. The main theoretical principles of using 3D printing technology in the formation of an inclusive subject-spatial environment in Ukraine are determined. Value. The author offers a new look at creating an inclusive environment. It is hypothesized that the practice of designing inclusive space in Ukraine should increasingly use objects created by 3D printing technologies. As a result, such subjects will become the dominant components of an inclusive subject-spatial solution. Research in the direction of using 3D printing technology for the design of subject-spatial inclusive environment are relevant and promising, and need to expand both theoretical and practical research.

Key words: design process, inclusive design, additive production technologies, 3D printing.

Постановка проблеми. Інклюзивне середовище забезпечує вільний доступ для користування благами цивілізації, що є необхідним для розвитку суспільства. Проектування інклюзивного простору – це створення єдиного предметно-просторового середовища для безперешкодного та комфортного співіснування всіх членів суспільства.

Рівень розвитку суспільства визначається ставленням до найменш захищених та найбільш вразливих його членів. Питання соціальної інтеграції та захисту прав осіб з інвалідністю вважаються актуальними в усьому цивілізованому світі. У 2006 р. Генеральна Асамблея ООН прийняла Конвенцію про права інвалідів, де визначені основні принципи щодо забезпечення прав інвалідів у різних сферах їхньої життєдіяльності. Понад 180 держав (у тому числі Україна), які ратифікували конвенцію, зобов'язані вживати заходів щодо створення умов для повного залучення інвалідів в усі аспекти життя, а також сприяти максимальній реалізації їхніх фізичних, розумових, соціальних та професійних здібностей. Згідно зі статтею 9 цього документа держава повинна вживати належних заходів для надання їм безперешкодного доступу до фізичного оточення, транспорту, інформації та зв'язку, оскільки участь людей з інвалідністю у суспільно значущих процесах неможлива без належного доступу до необхідних соціальних об'єктів.

За даними Національного інституту стратегічних досліджень та за офіційними даними Державної служби статистики України, станом на 1 січня 2019 р. чисельність осіб з інвалідністю становила 2659,7 тис., або 6,3% від загальної чисельності населення країни. Водночас слід зазначити, що ці дані не відображають реальної ситуації. Невідповідність статистики викликана відсутністю постійного якісного моніторингу і недосконалістю системи збору даних з боку державних органів, а також труднощами та небажанням самих людей отримувати статус «інвалід» через бюрократичну систему його оформлення та недобросовісність у роботі медичних комісій (Національний інститут стратегічних досліджень, 2020: 1).

Крім цього, слід зазначити, що кожна людина протягом життя постійно стикається із ситуаціями, коли в неї частково обмежені функціональні можливості і вона потребує інклюзивного середовища. Наприклад: діти (мають обмеження в силі, яку можуть докласти, в зрості, навіть мала вага може стати проблемою); люди похилого віку (мають обмеження у силі, яку можуть докласти, в якості зору, у швидкості); кожна людина, в якій чимось зайняті руки (на руках дитина, ви тримаєте валізу); люди, що мають травму, дезорієнтовані, перевтомлені, знесилені тощо. Потреба в інклюзивному середовищі може бути як тимчасового, так і постійного характеру.

Аддитивні технології, а саме технологія 3D-друку, є перспективною і такою, що стрімко розвивається. Дизайнери все частіше використовують її в своїх проєктах. Використання у сучасному дизайні технології 3D-друку пов'язане 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 (Альніков, 2018: 216).

Технологія 3D-друку реалізується через 3D-принтери, які, як правило, швидші, більш доступні і прості у використанні, ніж інші технології виробництва. 3D-принтери дозволяють друкувати предмети, деталі і механізми з декількох матеріалів та з різними механічними і фізичними властивостями за один процес складання. Технології 3D-друку дають можливість швидкого здійснення та реалізації найсміливіших творчих проєктів та ідей. 3D-друк часто називають «магічною» технологією. Для друку необхідні лише принтер з розхідним матеріалом та 3D-модель. Стрімкий розвиток технології адитивного виробництва, а саме технології 3D-друку, потребує вивчення можливостей використання цієї технології у створенні інклюзивного середовища (Альніков, 2015: 9).

Мета дослідження – створення інклюзивного предметно-просторового середовища в Україні із використанням адитивних технологій (3D-друку). Завдання – аналіз потреб інклюзивного середовища в Україні, вивчення наявного теоретичного і практичного досвіду створення предметно-просторового середовища із використанням технологій (3D-друк); встановлення засобів та прийомів використання технології 3D-друку у створенні інклюзивного простору; обґрунтування принципів, рекомендацій у разі проектування інклюзивного простору.

Об'єктом дослідження є формування інклюзивного предметно-просторового середовища адитивними технологіями. Предметом дослідження є принципи формування інклюзивного предметно-просторового середовища з використанням технології 3D-друку.

Методи дослідження ґрунтуються на системному, комплексному і середовищному підходах, які орієнтовані на вивчення специфічних рис складно організованих об'єктів, до яких належить дизайн інклюзивного предметно-просторового середовища. Основними методами дослідження є: метод порівняльно-історичного аналізу, метод типологічної систематизації, метод моніторингу, метод експертних суб'єктивних оцінок, візуально-аналітичний метод.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Станом на 1 січня 2020 року в інклюзивних класах навчалися 19345 учнів з особливими освітніми потребами. Ця кількість у 7 разів перевищує дані п'ятирічної давнини. На початок 2020 року в Україні створено 13782 інклюзивні класи. Так, у 2019/2020 навчальному році 35% від загальної кількості закладів загальної середньої освіти організували інклюзивне навчання (Національний інститут стратегічних досліджень, 2020: 1).

У закладах дошкільної освіти станом на 1 січня 2020 року здобувають освіту 4681 вихованців з особливими освітніми потребами. Також із 2019/2020 навчального року інклюзивне навчання запроваджено в закладах професійної, професійно-технічної та вищої освіти, де інклюзивно навчаються 1312 здобувачів освіти з особливими освітніми потребами (Міністерство освіти і науки, 2020: 1).

Дослідники з Бельгійського університету KU Leuven з кафедри архітектури у своєму дослідженні «Десять питань щодо інклюзивного дизайну проєктованого середовища» (“Ten questions concerning inclusive design of the built environment” англ.) аналізують дизайнерські підходи, що спрямовані на врахування різноманіт-

ності людських здібностей та розглядають найпоширеніші питання, що виникають під час розгляду інклюзивного дизайну предметно-просторового середовища (Rachael Luck, 2016: 4). Інклюзивне проєктоване середовище передбачає різноманітні просторові рішення та можливості використання простору різними шляхами, враховуючи різні здібності людей. Проте багато архітекторів та дизайнерів середовища можуть відчувати невпевненість щодо того, що саме інклюзивний дизайн передбачає і як застосовувати його на практиці (Rachael Luck, 2016: 4). Серед вітчизняних дослідників у сфері інклюзивної освіти слід відзначити таких учених, як В. Бондар, Л. Виготський, Н. Софій, Ю. Найда., К. Катріченко (Катріченко, 2019: 11).

Технологія 3D-друку реалізується у середовищі у вигляді меблів, предметів інтер'єру, елементів архітектури та архітектурних об'єктів. Серед публікацій з вивчення технологій 3D-друку слід відзначити роботи: О. Келес, К. Уейн, Б. К. Дж. Боумен (Ö. Keleş, C. W. Blevins, K. J. Bowman), які вивчають нові методи друку ABS та FDM пластиком, порівнюючи їх за міцністю та механічним навантаженням; Г. Ма, К. Донг, Л. Ван (G. Ma, Q. Dong, L. Wang), вчені з китайського університету, вивчали різні варіанти зміцнення конструкції надрукованих моделей за рахунок різних наповнень і створення ребер міцності; в публікаціях Є. Альнікова аналізуються розвиток технології 3D-друку та їх вплив на формування дизайнера (Альніков, 2020: 64), екологічність технології (Альніков, 2018: 216).

Виклад основного матеріалу дослідження. Принципами інклюзивного дизайну є:

1) рівність у використанні – потрібно надавати однакові інструменти всім користувачам, ідентичні, коли це можливо, в інших випадках – еквівалентні; уникати стигматизації і сегрегації; забезпечувати безпеку всім користувачам; робити дизайн приємним для всіх;

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 і точності; підлаштовуватися під темп користувача;

3) простота та інтуїтивність використання – дизайн має бути простий для сприйняття незалежно від досвіду, знань, навичок мови і рівня концентрації користувача;

4) зрозуміла інформація – дизайн дозволяє 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 і неумисних дій;

6) низький рівень фізичного зусилля – дизайн дозволяє ефективно і комфортно використання, не стомлюючи користувача. Наприклад, він дозволяє йому зберігати нейтральне положення тіла. Адекватність розмірів і простору для наближення і використання. Користувач має бути здатний використати дизайн незалежно від положення тіла, його габаритів і своєї мобільності.

Британська Рада з дизайну визначила інклюзивний дизайн як загальний підхід до проектування, за якого дизайнери гарантують, що їхні продукти та послуги відповідають потребам якнайширшої аудиторії, незалежно від віку чи можливостей (Design Council's, 2015: 1). Інклюзивний дизайн вимагає поглиблення розуміння того, як певні групи людей взаємодіють із спроектованим середовищем. Тоді як дизайн для особливих потреб фокусується на задоволенні потреб саме цих груп, інклюзивні проекти шукають компроміс між їхніми потребами та потребами всього населення. Фокусування на потребах конкретної групи з особливими потребами насправді може спричинити проблеми для інших користувачів. Класичним прикладом є пониження бордюру: важливо для інвалідів на колясках та для людей з коляскою або візком, але створює проблеми для пішоходів, які мають вади зору і які покладаються на високий бордюр для виявлення краю тротуару (Rachael Luck, 2016: 1).

Поширенню інклюзивного дизайну в Україні заважає уявлення про те, що він збільшує витрати, передбачає більш складний процес проектування, не є потребою кінцевого споживача, це дизайн для людей з обмеженими можливостями, з ним сповільнюється час виходу на ринок. Крім того, у багатьох дизайнерів відсутні знання (методів, прийомів) для проектування інклюзивного простору. Дизайнер також повинен розуміти, що саме користувачі відіграють вирішальну роль у процесі проектування. Тому під час проектування середовища дизайнер має залучати експертів з інклюзивного простору. Експертом може бути кожен, хто накопичив природний досвід вирішення проблем побудованого середовища; наприклад, люди похилого віку, люди з візками або на візках, або люди, які живуть із фізичними обмеженнями.

На жаль, у дизайні середовища досвід користувачів загалом і досвід інвалідності зокрема ще не визнаний цінним ресурсом для проектування.

Інклюзивний дизайн – це дизайнерський підхід, який створює комфортне середовища для

якнайбільшого кола людей. Він відрізняється від дизайну для людей з особливими потребами або доступного дизайну, він прагне ставитись до всіх рівноправно та шукає компромісу між потребами людей з інвалідністю та суспільством загалом. Інклюзивний дизайн являє актуальний інтерес у світлі демографічних змін та соціальних еволюцій, зростання міжнародної тенденції до інклюзії інвалідів до основного суспільства, старіння населення, зростаюче усвідомлення різноманітності людей. Інклюзивний дизайн стосується всіх нас, бо визнає, що люди мають різноманітні здібності, які змінюються в процесі життя, тому інклюзивне середовище залучає всіх нас до комфортної взаємодії. Дизайнерам треба зрозуміти, що спроба взяти до уваги якомога більше людей має відобразитись у проектних рішеннях запроєктованого середовища, від рівня міського та ландшафтного дизайну до деталізації та вибору елементів інтер'єру, таких як меблі.

Аддитивні технології, як правило, це – точкове, безперервне, пошарове нанесення матеріалу на плоску основу, внаслідок чого формування об'єкта здійснюється поетапно, поки зазначена форма не буде повністю відтворена. 3D-принтер – пристрій, що використовує метод створення фізичного об'єкта на основі віртуальної 3D-моделі. 3D-принтер є периферійним пристроєм виводу інформації. 3D-друк є однією з форм технологій адитивного виробництва, де тривимірний об'єкт створюється шляхом накладання послідовних шарів матеріалу. 3D-принтери, як правило, швидші, більш доступні і прості у використанні, ніж інші технології адитивного виробництва

Технологія 3D-друку реалізується у середовищі у вигляді меблів, предметів інтер'єру, елементів архітектури та архітектурних об'єктів. Завдяки особливостям цієї технології всі запроєктовані елементи 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, при цьому маючи невелику собівартість. Така властивість відкриває для українських дизайнерів безліч можливостей для пошуку нових інклюзивних рішень.

Дослідження практики застосування технології 3D-друку

Технологію 3D-друку напряму пов'язують з четвертою промисловою революцією, що означає злиття автоматизованого виробництва, обміну даних і виробничих технологій в єдину систему.

Кожен з традиційних технологічних процесів займає великі людські і матеріальні ресурси. Крім

того, всі традиційні технологічні процеси мають промислові відходи, які практично всі токсичні та такі, що забруднюють довкілля.

Технології 3D-друку вже нині здатні друкувати більшість виробів, що виробляються традиційними технологічними процесами в тій самій якості або якісніше, при цьому для друку потрібна лише сировина та 3D-принтер з відповідними технічними характеристиками. Значне скорочення людських та матеріальних ресурсів на виробництво відповідно відображається на вартості кінцевого виробу. Проте на сьогодні технології 3D-друку не здатні виготов-


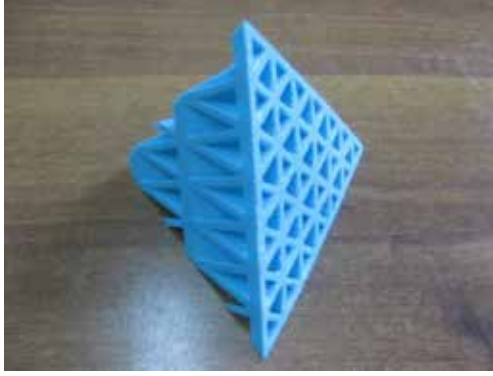
ляти великі об'єми за економічно обґрунтований час, тому не можуть замінити промислове виробництво великосерійних виробів, а можуть бути застосовані у виготовленні прототипів та малих серій виробів. Унікальність технологічного процесу 3D-друку полягає у: можливості створення високоякісних виробів практично необмеженої складності за короткий проміжок часу; можливості закладання потрібних якостей матеріалу; в практичній відсутності промислових відходів.

Приклади застосування технології 3D-друку в дизайні середовища (табл. 1).

Таблиця 1

Приклади застосування технологій 3D-друку в житлових інтер'єрах та в інтер'єрах громадських будівель

Приклади 3D-об'єктів	Опис
  <p data-bbox="373 1491 464 1525">(Рис. 1)</p>	<p data-bbox="695 804 1437 1182">Курсова робота студента 5 курсу. «ДМ» (ХДАДМ) Анна Шиянова. Вузел кріплення ніжок до столу надрукований на 3D-принтері DS-20 PRO (виробник – 3DESys) з білого пластику COPET у компанії «СоюзЕнергоПроект». Стик складається із 3 сплавлених циліндрів з вирізами стінок у вигляді біонічної структури. Фахівці компанії запропонували використовувати 60% пластикове заповнення форми, що забезпечило в 2 рази швидший час друку (замість 53 годин – 24 години). Ця деталь витримує навантаження до 6 кг, тому вона підходить для трикутної стільниці з багатошарового фанерного журнального столика, розробленого автором. Наприкінці процесу агрегат покрили трьома шарами безбарвного ґрунту та темно-зеленою фарбою (Альников, 2018: 2).</p> <p data-bbox="695 1182 1023 1211">Розміри модуля: 200x170 мм</p> <p data-bbox="695 1211 1134 1240">Матеріал друкованої частини: пластик</p> <p data-bbox="695 1240 938 1270">Дата створення: 2017</p> <p data-bbox="695 1270 1337 1299">Технологія: моделювання плавленого осадження (FDM)</p>
 <p data-bbox="373 2007 464 2040">(Рис. 2)</p>	<p data-bbox="695 1536 1437 1621">Приклади курсової роботи студентів 5-го курсу «Інноваційний дизайн» (ХДАДМ) – проектування об'єктів за допомогою технології 3D-друку (Альников, 2018: 2).</p> <p data-bbox="695 1621 1134 1650">Матеріал друкованої частини: пластик</p> <p data-bbox="695 1650 938 1680">Дата створення: 2018</p> <p data-bbox="695 1680 1337 1709">Технологія: моделювання плавленого осадження (FDM)</p>

	<p>Стіл з вузлами на основі моделювання VDC. Робота в матеріалі для здобуття наукового ступеня вищого навчального закладу. Автор – Анна Шиянова (ХДАДМ) (Альніков, 2018: 3). Розміри модуля: 150x200 мм Матеріал друкованої частини: пластик Дата створення: 2018 Технологія: моделювання плавленого осадження (FDM)</p>
	<p>3D-модель, що має властивості регулювати освітленість приміщення, змінюючи ступінь обертання модуля вздовж своєї осі. Розроблено та створено у громадській майстерні «Гаражний ХАБ» у рамках першого Всеукраїнського «Мейкатону» (31 березня 2017 – 2 квітня 2017, Харків). Виконавці: керівник лабораторії «Дизайн меблів» ХДАДМ Євгеній Альніков, лаборант Валентин Литовко (аспірант ХНУБА) та студентка 5-го курсу спеціалізації «Дизайн меблів» Анна Шиянова (ХДАДМ) (Альніков, 2018: 3). Розміри модуля: 130x130x130 мм Матеріал друкованої частини: пластик Дата створення: 2017 Технологія: моделювання плавленого осадження (FDM)</p>
	<p>Emerging Objects – американська компанія, що спеціалізується на створенні архітектурних та будівельних проєктів із використанням технології 3D-друку. Проєкт під назвою 3D Printed House 1.0 – це гібрид сучасної та футуристичної архітектури. Частина цієї концепції реалізована в одній із будівель озерного курорту Цзінь Хай поблизу Пекіна (Emerging Objects, 2015: 1). Розміри модуля: 200x200 мм Матеріал друкованої частини: пластик Дата створення: 2015 Технологія: моделювання плавленого осадження (FDM) або селективне лазерне спікання (SLS)</p>
	<p>Проєкт Star Lounge – це демонстрація архітектурного потенціалу 3D-технологій. Кожен з модулів надрукований на настільному 3D-принтері MakerBot Replicator 2. Найменший павільйон складається з 2073 різнокольорових шестикутних блоків, що пропускають світло, але можна створити павільйон значно більших розмірів. Проєкт Star Lounge демонструє, що вже сьогодні можна створювати друковані архітектурні групи, середовища та об'єкти для зонування (Emerging Objects, 2015: 1). Розміри модуля: 200x200 мм Матеріал друкованої частини: пластик Дата створення: 2015 Технологія: селективне лазерне спікання (SLS)</p>

	<p>Українська фабрика 3D-друку Kwambio представила перший у світі 3D-принтер для кераміки, розроблений в Одесі. Kwambio розпочав свою діяльність як стартап у 2014 році. Через кілька років він став фабрикою для 3D-друку різних керамічних та металевих предметів, яку Володимир Усов заснував в Одесі разом зі своїм партнером та другом Дмитром Кривошеєвим (Альников, 2018: 4). Розміри модуля: 150x150 мм Матеріал друкованої частини: кераміка Дата створення: 2018 Технологія: 3D-друк</p>
	<p>COBOD BOD 2 – найшвидший у світі будівельний 3D-принтер. Будівельна компанія Michael Rupp Bauunternehmung і компанія Peri спільними зусиллями створили новий модульний будівельний 3D-принтер, який є найшвидшим з подібних пристроїв на сьогодні. І в поточний момент цей принтер, COBOD BOD 2, вже задіяний у зведенні триповерхового житлового будинку в Німеччині. Розміри принтера BOD 2 для реалізації такого проекту становлять 12.5x15x7.5 м, але його конструкція може бути легко перебудована для використання в проектах менших або великих масштабів (dailytechinfo, 2020: 1).</p>

(Рис. 7)

(Рис. 8)

Курсова робота студентки 5 к. «ДМ» Анни Шиянової. Вузол кріплення ніжок до столу надрукований на 3D-принтері DS-20 PRO (виробник – 3DESys) з пластику COPET білого кольору на фірмі ТОВ «СоюзЕнергоПроект». Вузол складається з трьох зрощених між собою циліндрів з вирізами стінок у вигляді біонічної структури. Фахівці фірми запропонували використати 60% заповнення пластиком форми, що забезпечило в 2 рази швидший час друку (замість 53 годин – 24 години). Ця деталь може витримати навантаження до 6 кг, тому підходить для трикутної стільниці з багатошарової фанери журнального столика, запроєктованого автором. Наприкінці процесу вузол був покритий трьома шарами безбарвного ґрунту та фарбою темно-зеленого кольору. Розмір модуля: 200x170 мм. Матеріал: пластик. Дата створення: 2017. Технологія друку: модулювання методом наплавлення (англ. Fused deposition modeling) (рис. 1 в табл. 1).

3-D модель, що має властивості регулювання освітлення приміщення за рахунок зміни градусу обертання модуля по своїй осі. Розроблена та створена в публічній майстерні «Garage HUB» у рамках першого Всеукраїнського «Мейкатону» (31.03.–2.04.2017 р., м. Харків). Мета – розробка проекту та працюючого зразка, корисного для суспільства. Виконавці: зав. лаб. «Дизайн меблів» ХДАДМ Євгеній Альников, лаборант Валентин

Литовко (асп. ХНУБА) та студентка 5-го курсу спеціалізації «Дизайн меблів» Анна Шиянова. Розмір модуля: 130x130 мм. Матеріал: пластик. Дата створення: 2017. Технологія друку: модулювання методом наплавлення (англ. Fused deposition modeling) (FDM) (рис. 5 у табл. 1).

Emerging Objects – американська компанія, що спеціалізується на створенні архітектурних і будівельних проектів з використанням 3D-друку представила концепцію житлового інтер'єру, елементи якого роздруковані на промисловому 3D-принтері. Проект під назвою 3d Printed House 1.0 являє гібрид сучасної і футуристичної архітектури. Частина цієї концепції реалізована в одній з будов озера курорту Jin Hai недалеко від Пекіна. Розміри модуля: 200x200 мм. Матеріал надрукованої деталі: пластик. Дата створення: 2015 р. Технологія: модулювання методом наплавлення (англ. Fused deposition modeling, FDM) (рис. 5 у табл. 1).

Проект «Star Lounge» демонстрація архітектурного потенціалу 3D-технологій. Кожен з модулів надруковано на настільному 3D-принтері MakerBot Replicator 2. Найменший павільйон складається з 2073 різнобарвних шестикутних блоків, що пропускають світло, але можна створити павільйон значно більших розмірів. Проект «Star Lounge» демонструє, що вже нині можливе створення надрукованих архітектурних груп, оточень, об'єктів для розділення на зони. Виконано

ристовуючи понад 100 3D-принтерів одночасно, команда змогла створити структуру, яка максимізувала ефективність часу друку і об'єму друку. На одному принтері друкували 2 модульні елементи за годину. Для полегшення зборки павільйону на кожному елементі на внутрішній поверхні було надруковано (під час самого друку) відповідний номер. Отвори для заклепок також були надруковані. Такий павільйон може бути встановлено як в інтер'єрі громадського простору, так і в екстер'єрі. Габарити модуля: 200x200 мм. Матеріал надрукованої деталі: пластик. Дата створення: 2015 р. Технологія: селективне лазерне запікання (англ. Selective laser sintering, SLS) (рис. 6 у табл. 1).

Українська фабрика 3D-друку Kwambio презентувала перший у світі виробничий 3D-принтер для кераміки, розроблений в Одесі. Презентація відбулася в січні на найбільшій виставці електроніки в Лас-Вегасі CES 2018. (рис. 7 у табл. 1).

Kwambio починався як стартап ще в 2014 році. Через кілька років він перетворився на фабрику 3D-друку різних предметів з кераміки і металу, яку Володимир Усов заснував в Одесі зі своїм партнером і другом Дмитром Кривошеєвим. Тоді вони використовували наявні на ринку моделі 3D-принтерів і допрацьовували їх під свої потреби. Kwambio вирішили розробити принтер самостійно. На це пішло два роки. В результаті розробили не тільки принтер, але і власну технологію 3D-друку на основі керамічних порошків. Принтер від Kwambio позитивно був оцінений експертами і потенційними покупцями на січневій виставці в Лас-Вегасі. Тепер вони планують налагодити виробництво принтерів на експорт. До цього Kwambio працювали як фабрика, надходили замовлення і їх виконували, використовуючи принтери і технології для клієнтів, а зараз Kwambio почали пропонувати саму технологію у вигляді принтера і додаткових матеріалів, щоб клієнти могли самостійно налаштувати виробництво.

У Лас-Вегасі на CES 2018 власники української фабрики отримали кілька пропозицій про співпрацю від відомих світових компаній. Lockheed Martin (виробник військової техніки на замовлення Пентагону в основному в сфері авіації, аерокосмічній сфері) зацікавилася принтером для друку прототипів виробів. Своєю чергою в компанії Tesla зацікавилися українським принтером для таких же цілей, тільки деталі будуть виготовлятися для автомобілів. А ось у компанії Sony в Японії є сервіс для друку фігурок з 3D-фотографій людей. Їм потрібна швидка технологія, яка за кілька годин може надрукувати цей об'єкт. Технологія 3D-принтера, роз-

робленого в Одесі, для цього підходить. Вони хочуть інтегрувати її у свій сервіс. Крім того, на власників фабрики 3D-друку Kwambio вийшли дистриб'ютори для продажу унікальних принтерів у країни Північної і Латинської Америки, Європи і в Туреччину (рис. 7 у табл. 1).

COBOD BOD 2 – найшвидший у світі будівельний 3D-принтер. Будівельна компанія Michael Rupp Bauunternehmung і компанія Peri спільними зусиллями створили новий модульний будівельний 3D-принтер, який є найшвидшим з подібних пристроїв натеper. І в поточний момент цей принтер, COBOD BOD 2, вже задіяний у зведенні триповерхового житлового будинку в Німеччині. Розміри принтера BOD 2 для реалізації цього проєкту становлять 12.5x15x7.5 м, але його конструкція може бути легко перебудована для використання в проєктах менших або великих масштабів. Головка цього принтера укладає спеціальний розчин зі швидкістю 1 метр за секунду, що еквівалентно укладанню майже 10 тонн бетону за годину, що робить цей принтер «рекордсменом за швидкістю друку» (рис. 8 у табл. 1).

Матіас Бенгтссон (англ. Mathias Bengtsson), дизайнер данського походження, експериментує з промисловими матеріалами і технологіями з їх обробки, синтезує меблі з авторського набору компонентів – мистецтва скульптури, дизайну, ручної праці і інновації. В результаті народжуються унікальні вироби з дерева, металу й акрилу. Коли форма знайдена в глині чи воску свої вироби Матіас Бенгтссон друкує на 3D-принтері як найшвидшому та досконалішому інструменті реалізації складних форм та доводить їх до досконалості. Технологію 3D-друку він сприймає як один з інструментів дизайнера (Bengtsson, 2020: 1).

Дизайнер Батшеба Гросман (англ. Bathsheba Grossman) за першою освітою математик, з допомогою технології 3D-друку створює світильники з високою складністю геометричної побудови, використовуючи для цього технології electroforming, stereolithography. В основі її 3D-об'єктів симетрія і баланс, походження і нескінченність. Студія MGX представила унікальні світильники Flame, Quin, и Torus, які вона створила. Дивовижна пластичність і мережева текстура стали реальністю завдяки компанії Materialise – світового лідера в технології швидкого прототипування. Метод створення: стереографічна проєкція (англ. stereographic projection). Габарити надрукованої деталі: 200x200 мм. Матеріал надрукованої деталі: папір. Дата створення: 2013 р. Технологія: лазерна стереолітографія (англ. laser stereolithography, SLA) (Bathsheba Grossman, 2020: 1).

Математик Генрі Сегерман (Henry Segerman) створює об'ємні 3D та 4D математичні моделі. Габарити надрукованої деталі: 100x100 мм. Матеріал надрукованої деталі: пластик PA 2200. Дата створення: 2014 р. Технологія: селективне лазерне запікання (англ. Selective laser sintering, SLS) (Segerman's, 2014: 1);

Дизайнерська компанія Freedom of Creation (FOC) з Нідерландів додала у список поліграфічних матеріалів для 3D-принтера звичайну тирсу, яку можна купити у будь-якому магазині для будинку. Матеріал змішується з еднальною основою з клею і на вигляд здається натуральним деревом. FOC називає його Tree D printer. За словами творців, у світі немає жодного різьбяра по дереву, який зміг би робити такі складні об'єкти, які можна надрукувати за допомогою принтера. Одним з таких пробних виробів став кошик для фруктів, який викликав чималий інтерес і став самою обговорюваною темою багатьох дизайнерських семінарів. Габарити надрукованої деталі: 50x400 мм. Матеріал надрукованої деталі: дерев'яна стружка. Дата створення: 2011 р. Технологія: 3D Printing, 3DP (3D Systems, 2011: 1).

Технологія 3D-друку може здійснюватися різними способами і з використанням різних матеріалів, але в основі будь-якого з них лежить принцип шарового створення (виращування) твердого об'єкта. Проте на сьогодні 3D-друк залишається високоартісною та недосяжною для широкого доступу технологією. Неможливо на 3D-принтері виробляти щось у промислових масштабах. Доцільно поєднати традиційні методи виробництва з технологією 3D-друку, застосовуючи її для створення складних форм, та матеріалів з потрібними якостями. В галузі дизайну технологія 3D-друку набула популярності в прототипуванні та мілко серійному виробництві.

Переваги 3D-друку:

- швидкість (вручну створення реальної моделі залежно від складності роботи може займати до одного місяця і більше. Технологія 3D-друку дозволить зробити це за один день);

- ціна (цінова політика безпосередньо залежить від складності моделі, а також використовуваного матеріалу). З упевненістю можна сказати, що 3D-друк коштуватиме на порядок дешевше, ніж ручне або автоматичне виробництво протипу та мілко серійних об'єктів;

- функціональність (об'єкт, виготовлений 3D-принтером можна використати відразу після виготовлення);

- усі недоліки моделі, виявлені на етапі її прототипування, можна швидко і з незначними витра-

тами усунути; а також створити відразу декілька варіацій прототипів одного і того ж продукту;

- можливість задавати властивості матеріалу ще на етапі проектування (міцність, гнучкість, теплопровідність, електропровідність тощо);

- можливість друку різними матеріалами одночасно;

- технологія 3D-друку робить можливим так звану «телепортацію», (реальний об'єкт з пластику може бути відтворений на іншому краю Землі) (Катріченко, 2019: 1).

Наявна практика використання технології 3D-друку засвідчує перспективність формоутворення інклюзивного дизайну засобами 3D-друку і може відбуватись: 1) шляхом створення предметів середовища (меблів, світильників, предметів інтер'єру); 2) шляхом створення різноманітних механізмів, що доповнюють (або надають нової якості) предметам традиційного виробництва; 3) шляхом створення об'єктів з потрібними якостями (м'якість, твердість, електропровідність, теплопровідність тощо); 4) застосуванням та комбінуванням різних матеріалів в одному цільному об'єкті (Ma, Dong, Wang, 2018: 1).

Усі ці властивості технології 3D-друку вже сьогодні роблять можливим застосування її в проектуванні інклюзивного середовища та перспективним вивчення подальшого її застосування.

Висновки. В Україні є нагальна потреба у швидкому, якісному, економічному та екологічному створенні інклюзивного середовища, все це можливе за умов поєднання технологій традиційного виробництва із технологіями адитивного виробництва (3D-друку). Створення інклюзивного предметно-просторового середовища в Україні із використанням адитивних технологій (3D-друк) – це перспективний напрям дослідження, що потребує як теоретичних, так і практичних досліджень.

Стрімкий розвиток комп'ютерних технологій та технологій виробництва поєдналися та набули нової якості в технології 3D-друку. Технологія 3D-друку – це новітня технологія виробництва. Практично всі традиційні методи виробництва теоретично можуть бути замінені або частково замінені технологією 3D-друку, при цьому значно скорочується технологічний процес, задіяні у виробництві матеріальні та людські ресурси, практично відсутні промислові відходи виробництва, а більшість надрукованих об'єктів можуть бути перероблені і використовуватися як сировина для нових виробів.

Визначились шляхи наукових досліджень у теорії технології 3D-друку, найбільш важливим є вдосконалення технології, а також практичні та

теоретичні дослідження засобів надання інклюзивності проєктованому середовищу з допомогою технології 3D-друку.

Проектна практика має все більше використовувати предмети, що виготовлені за допомогою технології 3D-друку для формування інклюзивного як інтер'єрного, так і екстер'єрного просторів. Ці об'єкти зможуть або доповнити наявне середовище, надавши їм інклюзивності, або як самостійні інклюзивні об'єкти формувати інклюзивне середовище.

Засоби проєктування інклюзивного середовища з використанням технології 3D-друку: 1) проєктування фізичних властивостей матеріалу, яким будуть друкуватися об'єкти (міцність, гнучкість, прозорість, теплопровідність та ін.); 2) проєктування предметів, створених за технологією 3D-друку з інклюзивними якостями; 3) застосування об'єктів, створених засобами 3-D-технологій разом з предметами, виготовленими за наявними технологіями для надання їм інклюзивності; 4) проєктування естетичних властивостей об'єктів (текстур, фактур, кольору, міцності); 5) під час проєктування закладання єдиного принципу будівництва для всіх об'єктів, створених засобами 3D-технологій, та в різних варіаціях повторювати його (для логічного і зрозумілого сприйняття); 6) для створення об'єктів великих розмірів (3D-стіна, декоративні перегородки, меблі великих розмірів та ін.) застосування прийомів модуляції, конструктора та масштабування; 7) для скорочення часу друку та вартості об'єктів проєктування сітчастої структури (за умови малих навантажень). Використання цих засобів допоможе вітчизняним дизайнерам та архітекторам у проєктуванні інклюзивного простору із використанням технологій 3D-друку. Слід зазначити, що проєктування іншого середовища загального користування, окрім інклюзивного, є недоцільним та застарілим підходом, що обмежує в можливостях людей з особливими потребами.

Практичною властивістю всіх об'єктів та матеріалів, створених за технологіями 3D-друку, є можливість перетворення, трансформації, змінення тією чи іншою мірою, зважаючи на інклюзивні потреби проєктованого середовища. Усі принципи інклюзивного дизайну можливо реалізувати, використовуючи технології традиційного виробництва із технологіями адитивного виробництва (3D-друку).

Встановлено, що технології 3D-друку – це новий інструмент для дизайнера, що розширює можливості під час проєктування інклюзивного предметно-просторового середовища. Визначено, що кожна зі складових частин технології 3D-друку має свої особливості, але не може існувати окремо від інших складників. Кожен етап створення реального предмета з 3D-моделі є важливим та таким, що впливає на кінцевий результат. Встановлені головні особливості технології 3D-друку: можливість створення високоякісних прототипів та дрібносерійних предметів практично необмеженої складності; можливість надання запроєктованих властивостей матеріалу та 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 прогнозувати, що практика проєктування інклюзивного простору має все більше використовувати предмети, створені за технологіями 3D-друку. В результаті предмети, створені з використанням технології 3D-друку, стануть домінуючими складниками інклюзивного предметно-просторового рішення простору. Виходячи з цього, дослідження в напрямі використання технології 3D-друку для проєктування предметно-просторового інклюзивного середовища в Україні мають актуальність та перспективність і потребують розширення як теоретичного, так і практичного дослідження.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Альніков Є. М. Формотворення предметного дизайну Premier palace hotel Kharkiv засобами інноваційних технологій 3D друку. Зб. наук. статей. / за ред. Даниленка В. Я. Харків : ХДАДМ, 2015. 251 с. С. 9–11.
2. Альніков Е. Н. 3D-печатные технологии в теоретическом и практическом формировании дизайнера (мировой и украинский опыт). *Актуальные проблемы мировой художественной культуры* : сб. науч. ст. В 2 ч. Ч. 2. ГрГУ им. Я. Купалы / редкол.: Т. Г. Барановская (гл. ред.) и др. Гродно : ГрГУ, 2018. 291 с. С. 216–220.
3. Альніков Є. Екологічність технологій 3D-принтерного друку. *Сталій розвиток – стан та перспективи: матеріали II Міжнародного наукового симпозіуму SDEV'2020* (12–15 лютого 2020 року, Львів–Славське, Україна). Львів, 2020. С. 64–68.
4. Національний інститут стратегічних досліджень 2020. Актуальні проблеми соціального захисту людей з інвалідністю. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2019-12/analit-yakushenko-social-policy-9-2019.pdf> (дата звернення: 29.11.2020).
5. Міністерство освіти і науки. 2020. Інклюзивне навчання. URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/inklyuzivne-navchannya> (дата звернення: 29.11.2020).

6. Катріченко К. О. Інклюзивний підхід у формуванні дизайну предметно-просторового середовища школи: історичні передумови, напрями розвитку. *Вісник Харківської державної академії дизайну і мистецтв*. 2019. № 3. С. 11–16.
7. Keleş Ö., Blevins C. W., Bowman K. J. Effect of build orientation on the mechanical reliability of 3D printed ABS. *Rapid Prototyping Journal*, 2017. No. 23 (2), pp. 320–328. DOI: <https://doi.org/10.1108/rpj-09-2015-0122>.
8. Ma G., Dong Q., Wang L. Experimental investigation on the cracking behavior of 3D printed kinked fissure. *Science China Technological Sciences*, 2018. No. 61 (12), pp. 1872–1881. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11431-017-9192-7>.
9. Segerman's H. Math(s). Visualizing Mathematics with 3D Printing. 2014. URL: <https://www.3dprintmath.com> (дата звернення: 03.11.2020).
10. Rachael Luck. Ten questions concerning inclusive design of the built environment. The Open University, Milton Keynes MK7 6AA, 2016. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.008>.
11. Bathsheba Grossman. Menger Sponge. 2020. URL: <https://bathsheba.com/> (дата звернення: 02.12.2020).
12. Mathias Bengtsson. PROJECTS. 2020. URL: <http://www.mathiasbengtsson.com> (дата звернення: 02.12.2020).
13. 3D Systems 2011. Freedom Of Creation develops Tree-D Printing in Wood. URL: <https://www.3dsystems.com/blog/foc/freedom-of-creation-develops-tree-d-printing> (дата звернення: 02.12.2020).
14. Emerging Objects. Star Lounge. Emerging Objects. 2015. URL: <https://www.emergingobjects.com/project/star-lounge/> (дата звернення: 03.11.2020).
15. Emerging Objects. 3D Printed House 1.0. Emerging Objects. 2015. URL: <http://www.emergingobjects.com/project/3d-printed-house-1-0/> (дата звернення: 03.11.2020).
16. Dailytechinfo 2020. COBOD BOD 2 – the world's fastest construction 3D printer. URL: <https://dailytechinfo.org/news/11009-cobod-bod-2-samy-bystryy-v-mire-stroitelnyy-3d-printer.html> (дата звернення: 02.12.2020).
17. Design Council's. Inclusive Environments. 2015. URL: <https://www.designcouncil.org.uk/what-we-do/built-environment/inclusive-environments> (дата звернення: 12.12.2020).

REFERENCES

1. Alnikov Ye. M. Formoobrazovaniya predmetnogo dizajna Premier palace hotel Kharkiv sredstvami innovacionnyh tehnologij 3D pechati [Premier palace hotel Kharkiv subject design forms using innovative 3D printing technologies]. *Visnik Harkivskoi derzhavnoi akademii dizajnu i mistectv*, 2013. (3), 9–11 [in Russian].
2. Alnikov E. N. 3D-pechatnyie tehnologii v teoreticheskom i prakticheskom formirovanii dizaynera (mirovoy i ukrainskiy opyt). [3D printing technologies in the theoretical and practical formation of a designer (world and Ukrainian experience)]. Aktualnyie problemy mirovoy hudozhestvennoy kulturyi: sb. nauch. st. V 2 ch. Ch. 2 / GrGU im. Ya. Kupalyi; redkol.: T. G. Baranovskaya (gl. red.) i dr. Grodno: GrGU, 2018. Pp. 216–228 [in Russian].
3. Alnikov Ye. M. Ekolohichnist tekhnolohii 3D prynternoho druku [Environmental friendliness of 3D printer printing technologies]. *Stalyi rozvytok – stan ta perspektyvy: Materialy II Mizhnarodnoho naukovooho sympoziumu SDEV2020*. (64–68). 12–15 liutoho, 2020, Lviv–Slavske, Ukraina [In Ukrainian].
4. Natsionalnyi instytut stratehichnykh doslidzhen [National Institute for Strategic Studies]. 2020. Aktualni problemy sotsialnoho zakhystu liudei z Invalidnistiu. URL: <https://niss.gov.ua/sites/default/files/2019-12/analit-yakushenko-social-policy-9-2019.pdf> [in Ukrainian].
5. Ministerstvo osvity i nauky 2020. Inkliuzyvne navchannia. [Ministry of Education and Science 2020. Inclusive learning]. URL: <https://mon.gov.ua/ua/tag/inklyuzivne-navchannya> [in Ukrainian].
6. Katrichenko K. O. Inkliuzyvnyi pidkhid u formuvanni dyzainu predmetno-prostorovoho seredovyscha shkoly: istorychni peredumovy, napriamky rozvytku [Inclusive approach in the formation of the design of the subject-spatial environment of the school: historical preconditions, directions of development]. *Visnyk Kharkivskoi derzhavnoi akademii dyzainu i mystetstv*. 2019. No. 3. S. 11–16 [in Ukrainian].
7. Keleş Ö., Blevins C. W., Bowman K. J. Effect of build orientation on the mechanical reliability of 3D printed ABS. *Rapid Prototyping Journal*, 2017. 23 (2), 320–328. DOI: <https://doi.org/10.1108/rpj-09-2015-0122>.
8. Ma G., Dong Q., Wang L. Experimental investigation on the cracking behavior of 3D printed kinked fissure. *Science China Technological Sciences*, 2018. 61 (12), 1872–1881. DOI: <https://doi.org/10.1007/s11431-017-9192-7>.
9. Segerman's H. Math(s) Visualizing Mathematics with 3D Printing. 2014. URL: <https://www.3dprintmath.com>.
10. Rachael Luck. Ten questions concerning inclusive design of the built environment The Open University, Milton Keynes MK7 6AA, UK. 2016. URL: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.12.008>.
11. Bathsheba Grossman. Menger Sponge. 2020. URL: <https://bathsheba.com/>.
12. Mathias Bengtsson. PROJECTS 2020. URL: <http://www.mathiasbengtsson.com>.
13. 3D Systems 2011. Freedom Of Creation develops Tree-D Printing in Wood URL: <https://www.3dsystems.com/blog/foc/freedom-of-creation-develops-tree-d-printing>.
14. Emerging Objects. Star Lounge. Emerging Objects. 2015. URL: <https://www.emergingobjects.com/project/star-lounge/>.
15. Emerging Objects. (2015). 3D Printed House 1.0. Emerging Objects. 2015. URL: <http://www.emergingobjects.com/project/3d-printed-house-1-0/>.
16. Dailytechinfo 2020. COBOD BOD 2 – the world's fastest construction 3D printer. URL: <https://dailytechinfo.org/news/11009-cobod-bod-2-samy-bystryy-v-mire-stroitelnyy-3d-printer.html>.
17. Design Council's. Inclusive Environments 2015. URL: <https://www.designcouncil.org.uk/what-we-do/built-environment/inclusive-environments>.