

УДК 004.9

© М. Т. Лабецька, к.т.н., асистент, М. М. Гавенко, аспірант,
Українська академія друкарства, Львів, Україна

ЗАСТОСУВАННЯ 3D-ТЕХНОЛОГІЙ В ІНКЛЮЗИВНОМУ СЕРЕДОВИЩІ

Стрімкий розвиток технології швидкого прототипування дозволив суттєво спростити життя неповносправних людей із вадами зору. Використання 3D-друку під час виготовлення продукції для незрячих значно розширює шляхи комунікації сліпих та слабозрячих людей у суспільстві, підвищує рівень інклюзивного навчання шляхом забезпечення рівного доступу до якісної освіти дітям з особливими потребами. У статті наведено найпоширеніші способи тривимірного друку, а також описано основні принципи їх роботи, розглянуто матеріали, які найчастіше використовуються при виготовленні продукції для незрячих такими методами, наведено їх переваги та недоліки. Також у роботі представлено причинно-наслідкову діаграму 3D-друку шрифту Брайля для оцінювання впливу технологічних факторів на якість процесу відтворення інформації для незрячих.

Ключові слова: 3D-друкування; шрифт Брайля;
інклюзивна освіта; незрячі; модель.

Постановка проблеми

Тривимірний друк займає, без сумніву, перші позиції на світовому ринку, вносячи свої корективи в епоху інновацій. Сьогодні технології 3D-друку радикально змінюють такі важливі сфери діяльності, як промисловість, медицина, космічні дослідження тощо (рис. 1), суттєво полегшуючи життя людей [1], у тому числі з вадами зору. 3D-друк лежить в основі багатьох інновацій, покликаних допомогти сліпим людям в повсякденному житті. Реалізовані в цьому напрямі проекти дозволяють суттєво підвищити якісний рівень інклюзивної освіти:

незрячі матимуть змогу вивчати різні дисципліни, самостійно пересуватись вулицями, використовуючи вказівники та спеціальні карти, тобто 3D-технології розширюють їхні можливості в багатьох аспектах життя. Актуальність проблеми інклюзивної освіти пов'язана насамперед ще із тим, що число дітей, які потребують корекційного навчання, стрімко зростає.

Як відомо, найбільш поширеною технікою читання серед незрячих на сьогодні є шрифт Брайля, яким користується понад 40 млн. осіб з вадами зору у всьому світі. Звичайно, в еру цифрових

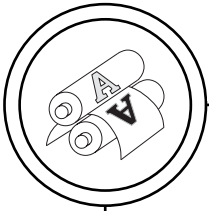


Рис. 1. Використання 3D-друку

технологій суттєвої нестачі в дже- релах інформації немає. Тут на допомогу приходять і аудіокни- ги, і спеціальні гаджети для пе- реводу тексту у Брайлівський шрифт, однак їх висока вартість стає перешкодою значному по- ширенню серед неповносправ- них людей. Крім цього, вико- ристання аудіоносіїв інформації не дає можливості навчитись вивчати об'єкти тактильно, в той час як практично вся інформа- ційна взаємодія незрячого зі сві- том зводиться до читання паль- цями написів шрифту Брайля, яким дублюють тексти на фарм- препаратів, мапах, схемах тощо. Тому відтворення рельєфного

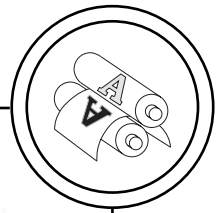
письма 3D-друком суттєво спро- щує комунікацію сліпих та сла- бозрячих людей у суспільстві [2].

Результати проведених досліджень

3D-друк базується на побу- дові реального об'єкту згідно зі створеною на комп'ютері три- вимірною моделлю. Процес дру- кування передбачає поступове створення твердої моделі шля- хом нанесення на робочий стіл принтера (елеватора) шару ви- тратних матеріалів, його перемі- щення вниз на рівень готового ша- ру та видалення з поверхні відхо- дів (рис. 2). Переваги 3D-друку над ручними способами створен-



Рис. 2. Схема процесу тривимірного друкування моделі



ня моделей полягають у високій швидкості та простоті виконання, а також відносно невисокій вартості.

Отже, першим етапом 3D-друку є побудова тривимірної моделі об'єкту за допомогою пакетів комп'ютерної графіки (Autodesk 3Ds Max, 123D Design, 3DTin, 123D Design, Thinkcard) та збереження файлу у STL-форматі. На сьогодні вже розроблене спеціальне програмне забезпечення, яке дозволяє перетворювати звичайний текст в шрифт Брайля та конвертувати його у 3D-модель (розробка фірми Lumi Industries) з подальшим її роздруковуванням на 3D-принтері (рис. 3) [3–6].

Як відомо, існує кілька методів тривимірного друку (рис. 4),



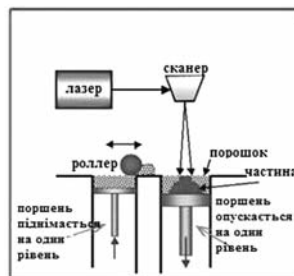
Рис. 3. Зображення вікна створення 3D-моделі шрифту Брайля

однак всі вони є похідними адитивної технології відтворення об'єктів, тобто побудова заготовки реалізується шляхом пошарового додавання сировини.

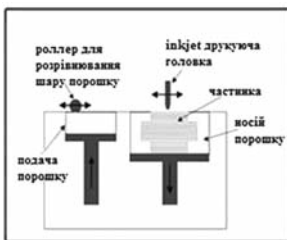
Найбільш точною адитивною технологією вважається стерео-



а



б

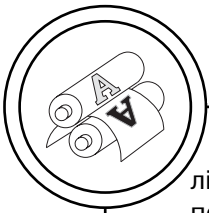


в



г

Рис. 4. Методи тривимірного друкування: а — стереолітографія (SLA), б — селективне лазерне спікання (SLS), в — inkjet 3D-друкування, г — моделювання плавленням (FDM)



літографія — метод поетапного пошарового затвердіння рідкого фотополімеру під дією лазера. SLA принтери використовуються переважно для виготовлення прототипів, макетів і дизайнерських компонентів підвищеної точності з високим рівнем деталізації.

Селективне лазерне спікання спочатку з'явилося як вдосконалений варіант методу SLA. SLS-технологія дозволяє як чорнило використовувати порошкоподібні матеріали. Сучасні SLS-принтери здатні працювати з керамічною глиною, металевим порошком, цементом і складними полімерами.

На ринку нещодавно з'явилися InkJet 3D-принтери, однак значного попиту вони ще не набули. Більш дешевими і простими у використанні, як і раніше, залишаються FDM-пристрої, що створюють тривимірні об'єкти шляхом пошарового наплавлення філаменту (розплавленої нагрівальним елементом друкуючої головки пластикової нитки). Простота у використанні та від-

носно незначна вартість цієї технології робить її найбільш поширеною серед користувачів (95 % всіх настільних 3D-принтерів) [7–9]. При отриманні тактильних об'єктів для людей з ослабленим зором або його повною відсутністю також використовується технологія FDM. На рис. 5 представлена схема друкарського устаткування FDM 3D-друку (а) і отримана в його результаті 3D-модель із нанесеним шрифтом Брайля (б).

Основними матеріалами для FDM-принтерів є пластики ABS і PLA. Ударостійка термопластична смола ABS на основі сополімеру акрилонітрилу з бутадієном і стиролом є непрозорою і легко забарвлюється. До переваг її використання можна віднести довговічність, відносну еластичність, нетоксичність, вологостійкість, гідрофобність, стійкість до лугів і кислот, широкий діапазон експлуатаційних температур (від -40°C до $+90^{\circ}\text{C}$), невисоку вартість, розчинність в ацетоні, що дозволяє не тільки склеювати деталі з ABS, але також згладжу-

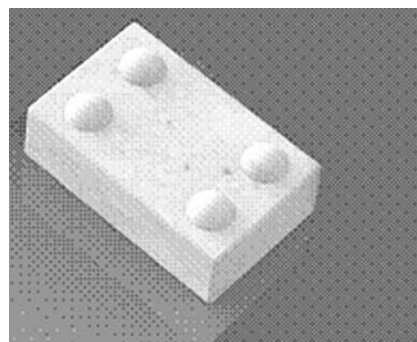
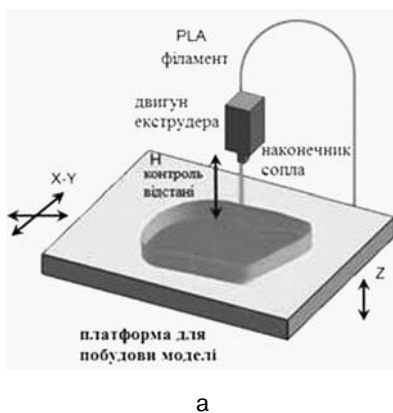
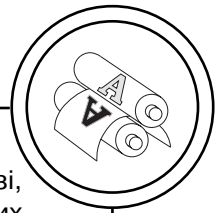


Рис. 5. Схема друкарського устаткування FDM 3D-друку (а) і отримана в його результаті 3D-модель із нанесеним шрифтом Брайля (б)



вати за допомогою ацетону нерівну поверхню. ABS більш жорсткий ніж PLA, і тому зберігає форму при великих навантаженнях. Однак такий матеріал несумісний з харчовими продуктами, особливо гарячими, оскільки за певних умов (висока температура) може виділяти ціановодень, нестійкий до ультрафіолетового випромінювання та більш крихкий ніж PLA.

Сировиною для виробництва біорозкладального полілактиду (PLA) є відновлювані ресурси — кукурудза або цукрова тростина тощо, тому матеріал є нетоксичним і може застосовуватися для виробництва екологічно чистого пакування і одноразового посуду, а також в медицині та засобах особистої гігієни. Інші матеріали для FDM-друку, такі як нейлон, полікарбонат, ПВА, поліетилентерефталат, поширені значно менше, однак постійно продовжують з'являтися нові матеріали з оригінальними властивостями [10].

Важливим аспектом процесу відтворення інформації для незрячих є правильний вибір витратних матеріалів, які повинні бути нешкідливими для людського організму і достатньо міцними для їх багаторазового тактильного дослідження незрячими.

Забезпечення незмінно високого рівня інклюзивної та належної якості друкованої продукції для незрячих є незмінно актуальним та пріоритетним аспектом діяльності більшості установ та

організацій поліграфічної галузі, при реалізації якого кожна з них постає перед вирішенням низки питань, пов'язаних з вибором оптимальних параметрів технологічних операцій, характеристик устаткування та властивостей матеріалів. Тому, ґрунтуючись на результатах аналітичних досліджень, було побудовано причинно-наслідкову діаграму для процесу тривимірного друку шрифту Брайля (рис. 6). Кожен з перелічених на схемі факторів є статично керованим в досить широких межах. Зміна одного показника має вплив на величину інших, що необхідно враховувати для забезпечення якості відтворення шрифту Брайля.

Висновки

Поширення процесу інклюзивного навчання є не лише відображенням часу, а й представляє собою ще один крок до забезпечення повної реалізації прав людей з особливими потребами на якісну освіту. Сприяє вирішенню такого завдання, як масштабне впровадження технології тривимірного друку при виготовленні продукції для незрячих. Тому доцільним є проведення подальших досліджень матеріалів та їх властивостей, які застосовуються в технологіях 3D-друку, що дозволить відтворити відповідні геометричні параметри рельєфно-крапкових зображень шрифту Брайля, яких складно досягти в традиційних способах друку.

Список використаної літератури

1. Свирид А. Печать на 3d принтере изменит мир / А. Свирид. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://virtualprint.ru/stati/638-pechat-na-3d-printere-izmenit-mir.html>.

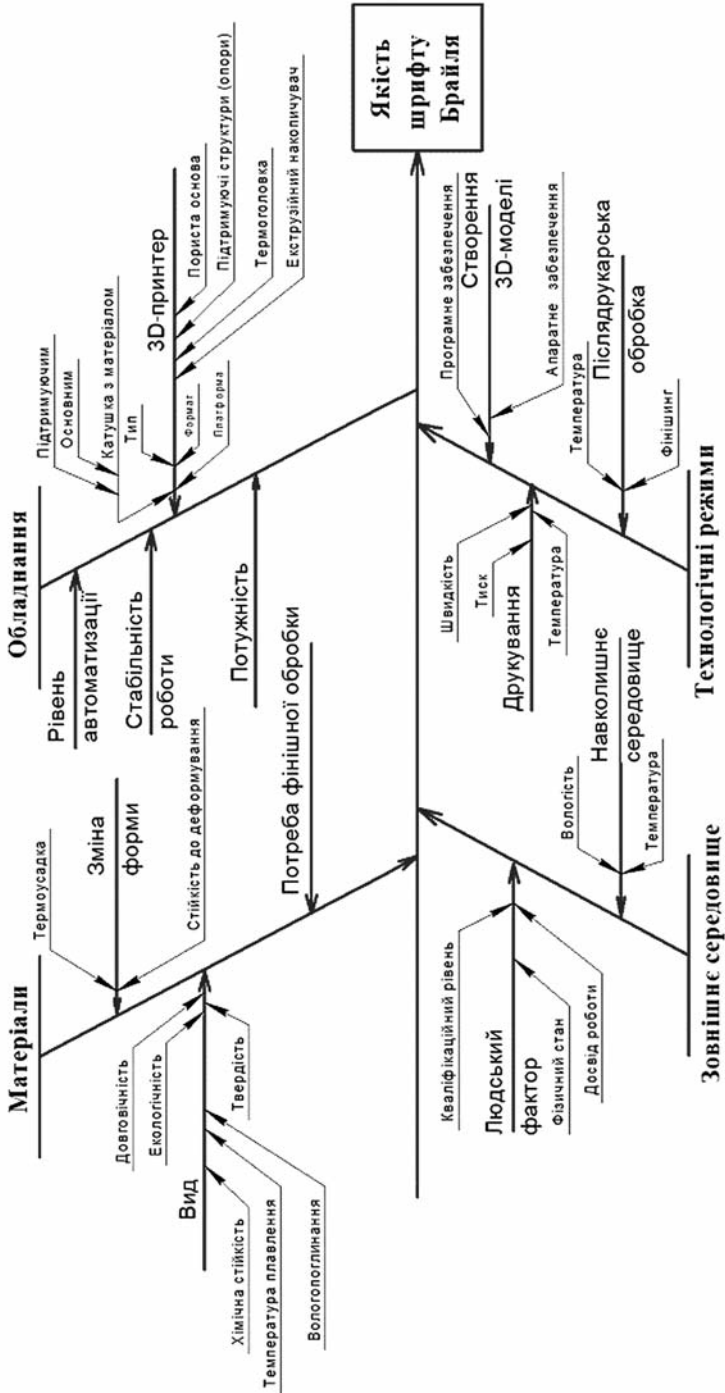
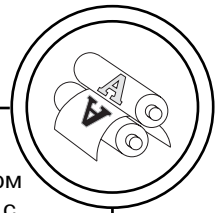


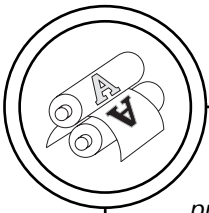
Рис. 6. Причинно-наслідкова діаграма FDM 3D-друку шрифту Брайля



2. Гавенко С. Ф. Поліграфічні технології маркування продукції шрифтом Брайля : моногр. / С. Ф. Гавенко, М. Т. Лабецька. — Львів : Ліга-Прес, 2014. — 140 с.
3. Butler B. Yoocan3D Brings 3D Printing and Braille Together to Streamline Communication for the Visually Impaired [Електронний ресурс] / Butler B. — Режим доступу : <http://3dprint.com/28765/yoocan3d-3d-printing-braille/>.
4. Havenko S. Software for 3D printing / S. Havenko, M. Labetska // Матеріали II Міжнародної науково-практичної конференції «Пакувальна індустрія : сучасні тенденції розвитку та підготовка кадрів». — Львів : УАД, 2016. — С. 21–23.
5. Гавенко С. Ф. Взаимная интеграция компьютерных информационных технологий и шрифта Брайля / С. Ф. Гавенко, М. Т. Лабецкая, Н. Н. Гавенко // Издательское дело и полиграфия : тезисы 80-й науч.-техн. конференции профессорско-преподавательского состава, научных сотрудников и аспирантов (с международным участием), Минск, 1–12 февраля 2016 г. [Электронный ресурс] / отв. за издание И. М. Жарский; УО БГТУ. — Минск : БГТУ, 2016. — С. 36.
6. 3D printer to aid the visually impaired students in their educational endeavors. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://phys.org/news/2014-07-3d-printer-aid-visually-impaired.html#jCp>.
7. Статьи о 3D-принтерах. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://3dpr.ru/statyi> (дата обращения: 18.03.2015).
8. Классификация 3D-принтеров (7 технологий 3D-печати). — [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://geektimes.ru/post/208906/> (дата обращения: 18.03.2015).
9. Как работает 3D-принтер : принцип работы трехмерной печати. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.techno-guide.ru/informatsionnye-tehnologii/3d-tehnologii/kak-rabotaet-3d-printer-printsipraboty-trekhmernoj-pechat.html> (дата обращения: 18.03.2015).
10. Материалы для 3D-печати. — [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://www.orgprint.com/wiki/3d-pechat/materialy-dlja-3d-pechat.html>.

References

1. Svirid, A. *Pечат' na 3d printere izmenit mir [Printing on a 3d printer will change the world]*. Retrieved from <http://virtualprint.ru/stati/638-pechat-na-3d-printere-izmenit-mir.html> [in Russian].
2. Havenko, S. F. & Labetska, M. T. (2014). *Polihrafichni tekhnolohii markuvannia produktsii shryftom Brailia [Printing technology labeling in Braille]*. Lviv: Liha-Pres [in Ukrainian].
3. Butler, B. *Yoocan3D Brings 3D Printing and Braille Together to Streamline Communication for the Visually Impaired*. Retrieved from <http://3dprint.com/28765/yoocan3d-3d-printing-braille/> [in English].
4. Havenko, S. & Labetska, M. (2016). Software for 3D printing. *Journal of Pakuvalna industriia: suchasni tendentsii rozvytku ta pidhotovka kadriv — Packaging industry: current trends and training*, 21–23 [in English].
5. Havenko, S. F. & Labetska, M. T. & Havenko, N. N. (2016). Vzaимnaja integracija kompjuternyh informacionnyh tehnologij i shrifita Brailija [Mutual integration of computer information technology and Braille]. *Journal of Izdatel'skoe delo i poligrafija — Publishing and printing*, 80, 36 [in Russian].
6. *3D printer to aid the visually impaired students in their educational endeavors*. Retrieved from <http://phys.org/news/2014-07-3d-printer-aid-visually-impaired.html#jCp> [in English].
7. *Stat'i o 3D-printerah [Articles about 3D-printers]*. Retrieved from <http://3dpr.ru/statyi> [in Russian].



8. *Klassifikacija 3D-printerov (7 tehnologij 3D-pechati) [Classification of 3D printers (7 technologies of 3D printing)]*. Retrieved from <http://geektimes.ru/post/208906/> [in Russian].

9. *Kak rabotaet 3D-printer: princip raboty trehmernoj pečhati [How a 3D printer works: the principle of 3D printing]*. Retrieved from <http://www.techno-guide.ru/informatsionnye-tehnologii/3d-tehnologii/kak-rabotaet-3d-printer-printsipraboty-trekhmernoj-pechati.html> [in Russian].

10. *Materialy dlja 3D-pechati [Materials for 3D-printing]*. Retrieved from <http://www.orgprint.com/wiki/3d-pechat/materialy-dlja-3d-pechati> [in Russian].

Стремительное развитие технологии быстрого прототипирования позволило существенно упростить жизнь людей с недостатками зрения. Использование 3D-печати при изготовлении продукции для незрячих значительно расширяет пути коммуникации слепых и слабовидящих людей в обществе, повышает уровень инклюзивного обучения путем обеспечения равного доступа к качественному образованию детям с особыми потребностями. В статье приведены наиболее распространенные способы трехмерной печати и кратко описаны основные принципы их работы; рассмотрены материалы, которые чаще всего используются при изготовлении продукции для незрячих этими методами; приведены их преимущества и недостатки. Также в данной работе представлено причинно-следственную диаграмму 3D-печати шрифта Брайля для оценки влияния технологических факторов на качество процесса воспроизведения информации для незрячих.

Ключевые слова: 3D-печать; шрифт Брайля; инклюзивное образование; незрячие; модель.

The fast development of rapid prototyping technology has allowed to significantly simplify life for disabled people with visual impairments. The use of 3D printing in the manufacture of products for the blind greatly expands the ways of their communication in society, increases the level of inclusive education by ensuring equal access to quality education for children with special needs. The article describes the most common methods of three-dimensional printing and briefly describes the basic principles of their work. There were considered materials that are used most commonly in the manufacture of products for the blind by these methods, their advantages and disadvantages. In this work, there is also presented the cause-effect diagram of Braille 3D printing for assessing the impact of technological factors on the quality of the information reproduction process for blind people.

Keywords: 3D printing; Braille; inclusive education; blind people; model.

Рецензент — О. В. Зоренко, к.т.н., доцент,
КПІ ім. Ігоря Сікорського

Надійшла до редакції 09.03.17