

УДК 655.3.066.38

DOI: 10.20535/2077-7264.3(77).2022.268033

© К. О. Чепурна, канд. техн. наук, доц., О. І. Хмілярчук,
канд. техн. наук, доц., С. В. Гущик, магістрантка,
КПІ ім. Ігоря Сікорського, м. Київ, Україна

ВІДТВОРЕННЯ ШРИФТА БРАЙЛЯ СТРУМИННИМ УФ-ДРУКОМ

У роботі проаналізовано існуючі технології та стандарти, що використовуються при виготовленні рельєфно-крапкових зображень для незрячих. Проведено оцінювання рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля, отриманих струминним УФ-друком. Визначено геометричні параметри шрифту Брайля, які забезпечують читабельність надрукованих елементів та чітке сприйняття на дотик. Визначено стійкість нанесених фарбових шарів до тертя, шляхом моделювання процесу читання рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля людиною.

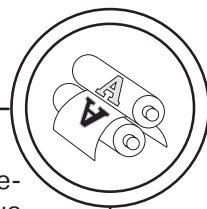
Ключові слова: шрифт Брайля; струминний УФ-друк; тактильність; чіткість; читабельність; тертя; висота крапки.

Постановка проблеми

Для того, щоб людині з вадами зору бути повноцінно інформованою щодо подій, які відбуваються, необхідно забезпечити таким людям доступ до різноманітних інформаційних соціально-рекламних матеріалів [1, 2]. Технології виготовлення продукції шрифтом Брайля накладають певні обмеження до задруковуваних матеріалів, наприклад, при застосуванні конгревного тиснення передбачається використання паперу, тонкого картону та спеціальних плівкових матеріалів. У випадку використання брайлівських принтерів, необхідно застосовувати спеціальний папір для витискання випуклих крапок. Трафаретний друк дозволяє нанести інформацію шрифтом Брайля на різнома-

нітні основи, найчастіше при цьому використовуються лако-фарбові матеріали УФ-тверднення. Також при використанні трафаретного друку можуть бути використані термочутливі фарби для друку або термочутливі порошки, які в подальшому при тепловій обробці набрякають з утворенням необхідної висоти крапки Брайля на відбитку [3]. Зазначені способи характеризуються певним набором технологічних процесів, матеріалів та устаткуванням, і у більшості випадків, для оперативного виготовлення інформаційних матеріалів шрифтом Брайля їх недоцільно використовувати з огляду на високу трудомісткість та вартість виготовлення продукції.

Виготовлення продукції із застосуванням шрифту Брайля стру-



минним УФ-друком спрощує друкарський процес, зображення швидко закріплюються завдяки застосуванню УФ-сушарок, що зменшує ризики «змазування» зображень. Значною перевагою можна вважати оперативність та використання широкого асортименту матеріалів для задрукування. Відбитки виготовлені струминним УФ-друком є стійкими до стирань, що забезпечує довговічність продукції. Крім того, екологічність відбитків відповідає санітарним вимогам, що важливо для видань, які будуть контактувати зі шкірою [3].

На якість продукції, надрукованої шрифтом Брайля за допомогою струминного УФ-друку, впливають технологічні режими друкарського процесу, характеристики задруковуваних матеріалів та значення геометричних параметрів шрифту Брайля. Дослідження якісних показників рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля, отриманих струминним УФ-друком, з метою визначення технологічних режимів друку для досягнення оптимальної висоти крапки та забезпечення тактильності є необхідним та актуальним завданням, що дозволить рекомендувати сучасні методи друку для оперативного виготовлення продукції шрифтом Брайля.

Аналіз попередніх досліджень

Для виготовлення продукції шрифтом Брайля ключовим є кодування літер алфавіту шести-крапковим шрифтом. Геометричні розміри шрифту Брайля повинні забезпечувати читабельність надрукованих елементів та чітке

сприйняття на дотик. У джерелах [2, 4, 5] наведено програмне забезпечення для кодування інформації та проведено аналіз рекомендованих розмірів шрифту Брайля, за стандартами різних країн світу, за такими показниками як висота, діаметр крапки, відстань між сусідніми елементами символу та крок рядка. Залежно від способу виготовлення продукції для людей з вадами зору, відповідно до різних стандартів та видів продукції, різняться показники мінімальної висоти крапки від 0,12 мм до 0,5 мм. Мінімальні показники висоти характерні для пакувальної продукції лікарських препаратів, відповідно для книжкових видань найбільш прийнятним є показник 0,5 мм [4].

Наразі в Україні діє стандарт ДСТУ ISO 17049:2017 (ISO 17049:2013, IDT) «Доступне проектування. Застосування шрифту Брайля на інформаційних вказівниках, обладнанні та приладах», який регламентує основні вимоги до шрифту Брайля, для виготовлення вивісок, покажчиків, маркування обладнання та приладів, визначає параметри розміру шрифту Брайля. Регламентована висота крапки за стандартом повинна бути в межах 0,3–0,7 мм [6].

Проведення досліджень на тактильне відчуття рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля є ключовим етапом визначення технологічних параметрів друку при виготовленні видань для незрячих людей, які забезпечать необхідну тактильність та читабельність. У джерелах [7, 8] зазначаються позитивні результати з читабельності відбитків, виготовлених тисненням, цифровим друком з лакуванням та без. Згідно



проведених досліджень виявлено, що лакування написів у виданнях зі шрифтом Брайля не є доцільним, оскільки це знижує читабельність, за рахунок відсутності тертя між контактуючими поверхнями. Дослідження трафаретного друку виявило найнижчу ступінь тактильного сприйняття, у зв'язку з недостатньою висотою крапки та значною мікронерівністю фарбового шару, що утруднює читання. Також встановлено, що з віком чутливість пальців зменшується, що призводить до ускладнення розуміння надрукованої інформації, тому важливо врахувати гладкість паперу, від якого залежить чіткість рельєфу крапки шрифту Брайля та дотримуватися геометричних параметрів шрифту Брайля, найважливішими з яких є діаметр, висота та форма крапки [8, 9].

Використання методу тактильної дискримінації дозволить встановити ступінь чіткості надрукованої інформації, визначити тактильне сприйняття надрукованих елементів та обрати матеріали, які найкраще підходять для виготовлення продукції шрифтом Брайля струминним УФ-друком.

Мета роботи

Дослідження тактильності сприйняття рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля, отриманих струминним УФ-друком на різних типах паперу при різних режимах друку та встановлення стійкості їх до стирання.

Результати проведених досліджень

Для проведення досліджень підготовлено тестове зображення кодоване шрифтом Брайля (рис. 1). Розміри закодованого зображення встановлені дещо менші за регламентовані при виготовленні продукції шрифтом Брайля відповідно до існуючих стандартів [5]. Заплановано оцінити тактильне сприйняття декілька варіантів геометричних розмірів, що наведено у табл. 1. Значення досліджуваних розмірів шрифту Брайля обрано на основі усереднення даних Марбурзького середнього стандарту, «ЕСМА Євро Брайль» та Шведського стандартів [5, 10]. Зменшені геометричні параметри рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля обрано з метою встановлення мінімально можливих значень, які б забезпечували

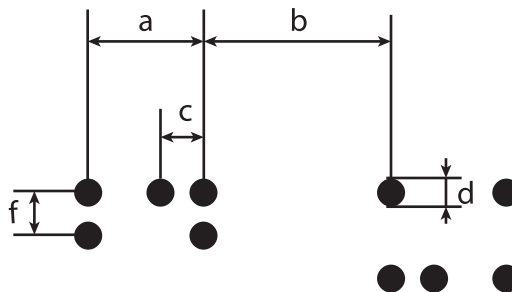
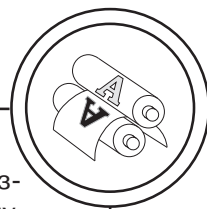


Рис. 1. Тестове зображення для проведення досліджень



читабельність інформації, яка наноситься струминним УФ-друком на задруковуваний матеріал мінімальної площі.

Для проведення дослідження обрано пристрій струминного УФ-друку NC-UV609PE. Відповідно до геометричних розмірів тестового зображення, друкували з роздільною здатністю 1440 dpi. Друк виконували за такими схемами нанесення УФ-чорнил: нанесення одного шару; нанесення двох шарів; нанесення трьох шарів; нанесення чотирьох шарів.

Для друку обрано три види паперу, різної товщини та шорсткості поверхні, характеристика паперів наведена у табл. 2. Вибір паперу обумовлений тим, що при виготовленні інформаційних матеріалів, наприклад, запрошення на різноманітні заходи, в оригінальному макеті можливо об'єднувати інформацію як для людей з вадами зору, яка має бути тактильно читабельною, так і містити привабливе оформлення для людей, які позбавлені таких вад. І відповідно, за такої умови, задруковуваний матеріал виступає як дизайнерське оформлення.

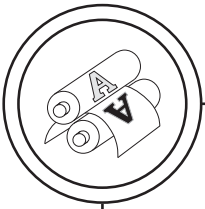
При візуальному аналізі зразків, за допомогою мікроскопу, можна зробити висновок, що профіль крапок є півсферичним, при збільшенні кількості шарів спостерігається більш рівний та чіткий профіль крапки (табл. 3).

Нанесення зображення на задруковуваний матеріал виконано наступним чином: на макеті створено чотири ряди надпису, на які наносились шари білила під час друку у порядку зростання. Тобто перший ряд містить один шар УФ-чорнила, а четвертий — чотири. На світлих зразках матеріалів, а саме на зразку 1 та 3 додатково наносили чорний колір для більш зручного оцінювання геометричних розмірів крапки Брайля, відповідно при виготовленні продукції чорний колір можна не наносити.

Для визначення графічних спотворень друкарських елементів використано цифровий мікроскопом USB Digital Microscope з матрицею CMOS. На відбитках прослідковується типова тенденція формування друкарських елементів незалежно від типу паперу, адже крапка має рівномірну поверхню, УФ-чорнило формує чіткий

Таблиця 1
Геометричні параметри рельєфно-крапкових елементів тестового зображення у цифровому файлі

Тестове зображення	Відстань між двома літерами одного слова (a), мм	Інтервал між словами (b), мм	Горизонтальна відстань між центрами крапок (c), мм	Базовий діаметр крапки (d), мм	Вертикальна відстань між центрами крапок (f), мм
Варіант 1	5,0	8,3	1,9	1,2	1,9
Варіант 2	4,0	7,3	1,3	0,9	1,3
Варіант 3	5,0	6,0	1,1	0,7	1,1



Таблиця 2

Характеристики паперу обраного для друку

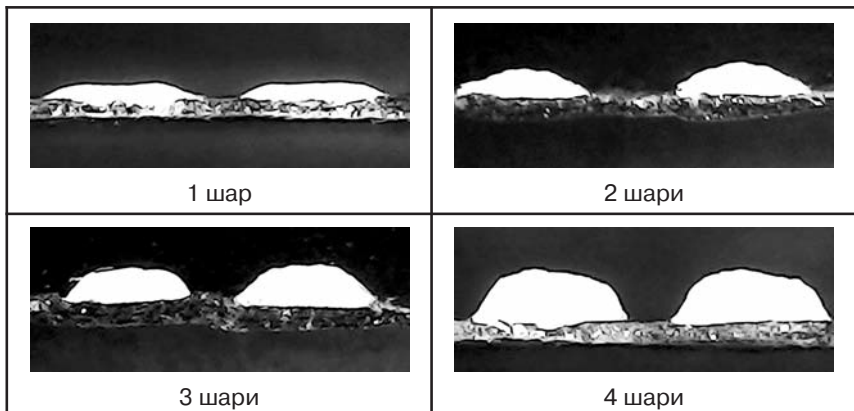
Марка паперу	Характеристика паперу	Фото паперу	Фото відбитків
Зразок 1 Stardream Opal	Глянцевий дизайнерський папір, маса 1 м ² 285 г, відтінок жовтий, має металізоване покриття, відчутна шорсткість поверхні		
Зразок 2 Plike 2s black	Чорний матовий папір маса 1 м ² 330 г, поверхня гладка		
Зразок 3 Icelite 25 fine toile	Білий дизайнерський папір, маса 1 м ² 300 г, має фактурну поверхню		

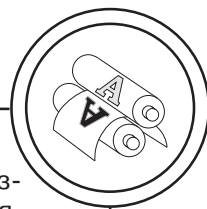
профіль, не розтікається і не всотується в пори задрукованого матеріалу, що підтверджується даними досліджень, що наведені у джерелі [8]. За результатами вимірювань (табл. 4) можна зробити висновок, що найбільшого

відносного графічного спотворення зазнає діаметр крапки. У більшому ступені розтискування проявляється при малих розмірах базового діаметру крапки, тобто, при другому та третьому варіантах тестового зображення на всіх задру-

Таблиця 3

Мікрофотографії профілю крапки при різній кількості шарів





ковуваних матеріалах, що можна пояснити неточністю позиціонування крапель чорнил при нанесенні декількох шарів УФ-чорнил (рис. 2). Крім того, спостерігається збільшене розтискування на світлих матеріалах, а саме для зразків 1 та 3, це обумовлено вимірюванням діаметру крапки по чорній фарбі, яка наноситься на попередньо створені об'ємні крапки білого кольору зі зміщенням. Якщо прийняти до уваги, що для виготовлення продукції шрифтом Брайля, колір необов'язковий, можна припустити, що відносне графічне спотворення на зразках 1 та 3 буде аналогічним до зразку 2. Абсолютні значення графічного спотворення при відтворенні тестових зображень,

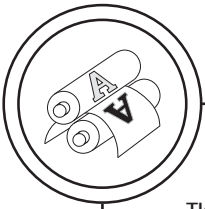
не перевищують 0,2 мм для розмірів крапки шрифту Брайля, а для інтервалів не перевищено 0,5 мм, тому можна зробити припущення, що при тактильному оцінюванні, наведена величина розтискування не буде впливати на сприйняття інформації.

Для визначення тактильного сприйняття надрукованих відбитків було проведено експериментальне оцінювання відбитків із залученням респондентів. При розробці методики оцінювання за основу було обрано методику тактильної дискримінації [11]. Респонденти оцінювали зразки за такими показниками:

1. Тактильність, тобто ступінь тактильного сприйняття друкованого зображення залежно від висоти крапки.

Таблиця 4
Відносне графічне спотворення друкарських елементів

Тестове зображення	Відстань між двома літерами одного слова		Інтервал між словами		Горизонтальна відстань між центрами крапок (с), мм		Базовий діаметр крапки		Вертикальна відстань між центрами крапок	
	a, мм	a, %	b, мм	b, %	c, мм	c, %	d, мм	d, %	f, мм	f, %
Зразок 1										
Варіант 1	5,0	0	8,3	0	2,0	5,3	1,3	8,3	2,0	5,3
Варіант 2	4,0	0	7,5	2,7	1,5	15	1,1	22	1,3	0
Варіант 3	5,0	0	6,2	3,3	1,1	0	0,8	14	1,1	0
Зразок 2										
Варіант 1	5,0	0	8,3	0	2	5,2	1,2	0	2,0	5,3
Варіант 2	4,1	2,5	7,4	1,4	1,6	23	1,0	11	1,6	0
Варіант 3	5,0	0	6,0	0	1,1	0	0,8	14	1,1	0
Зразок 3										
Варіант 1	5,0	0	8,3	0	2,0	5,3	1,3	8,3	2,0	5,3
Варіант 2	4,0	0	7,8	6,8	1,6	23	1,1	22	1,3	0
Варіант 3	5,0	0	6,0	0	1,1	0	0,8	14	1,1	0



2. Чіткість, тобто чіткість тактильного сприйняття знаків із врахуванням фактури задрукованого матеріалу.

3. Читабельність (впізнаваність), тобто легкість розпізнання окремих знаків.

Для оцінювання обраних параметрів обрано бальний метод. Кожен із вище вказаних показників оцінюється від 1 до 5 балів, де 1 бал — відсутнє сприйняття, 2 бали — складно відповісти, 3 бали — задовільно, але є зауваження, 4 бали — добре, 5 балів — зауваження відсутні.

Респонденти оцінювали тактильність, чіткість та читабельність елементів на кожному зразку паперу при різній висоті та розмірах рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля. При оцінюванні тактильності зразків надрукованого тестового зображення за варіантами геометричних розмірів 2 та 3 (табл. 1), респонденти виявили однаковість в тому, що

інформація є нечитабельною, тому наступні параметри тактильності на цих зразках не визначалися. Крім того, при оцінюванні зразків з одним та двома шарами УФ-чорнил, респонденти зазначили, що інформація не сприймається, особливо на паперах з фактурою, відповідно ці зразки далі не оцінювалися. Оцінювання респондентів показало, що найкраще сприймається висота крапки шрифту Брайля утворена трьома шарами (діаметр крапки 1,3 мм, висота — 0,3 мм) при цьому забезпечується комфортне сприйняття інформації. Зразки, які віддруковані у чотири шари (діаметр крапки 1,3 мм, висота — 0,4 мм) викликали у респондентів дискомфорт при оцінюванні зображень. При оцінюванні показника читабельності, більшість респондентів вказали на те, що для розпізнаваності елементів відстань між центрами крапками краще використовувати більшу, ніж на дос-

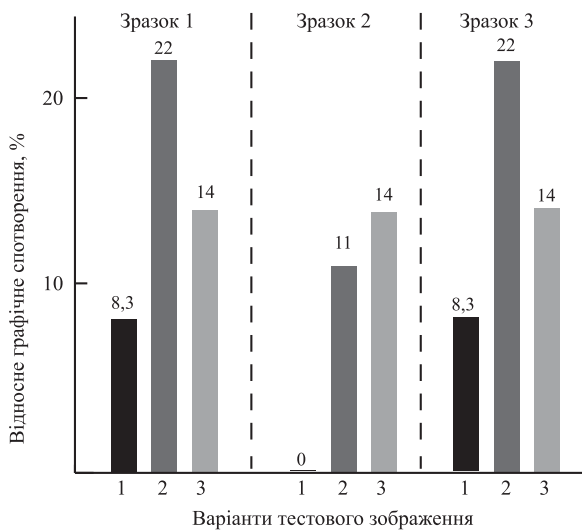
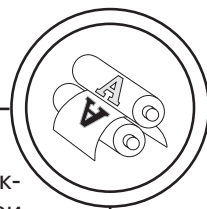


Рис. 2. Відносне графічне спотворення базового діаметру крапки



ліджуваних зразках, а саме 2,0 мм. Елементи, які були надруковані діаметром менше ніж 1,2 мм складні для читабельності. За результатами оцінювання показників тактильної дискримінації побудовано гістограми для зразків, які надруковані трьома шарами УФ-чорнил, для тестового зображення за варіантом 1, рис. 3. На основі експериментальних даних, що наведені на рис. 3, можна зробити висновки, що найкращим для тактильного сприйняття є зразок 2, Plike 2s black, який має гладку матову поверхню, за рахунок чого чіткість розрізнення рельєфно-крапкових елементів є вищою. Зразок 1, Stardream Opal та зразок 3, Icelite 25 fine toile, мають фактурну поверхню, що заважало у сприйнятті рельєфно-крапкових елементів більшості респондентам.

При розробці методики визначення стійкості фарбового шару до стирання, до уваги було прийнято, що шрифт Брайля читається на дотик, тому на стійкість фарбового шару впливатиме ін-

тенсивність використання продукції, гігієна рук, шорсткість шкіри на пучках пальців.

Для проведення дослідження, щодо визначення стійкості нанесених фарбових шарів до тертя, змодельований процес читання рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля людиною. Для цього сконструйовано пристрій, який переміщував дерев'яний брусок вагою 35 г із закріпленим наждачним папером зернистістю P2000. Швидкість переміщення бруска була обрана з огляду на швидкість тактильного читання і складала 30 цикл/хв. Загалом здійснено 300 циклів тертя для кожного зразку. Зміну висоти крапки оцінювали, як різницю вимірних товщин фарбових шарів на друкарських елементах до та після тертя, використовуючи електронний штангенциркуль та цифровий мікроскоп, яким виміряли висоту на основі зрізів крапок Брайля. Вимірювання товщини фарбового шару проводили через кожні 20 циклів тертя. Досліджувалися зразки з нанесенням трьох та чотирьох шарів УФ-чорнила,

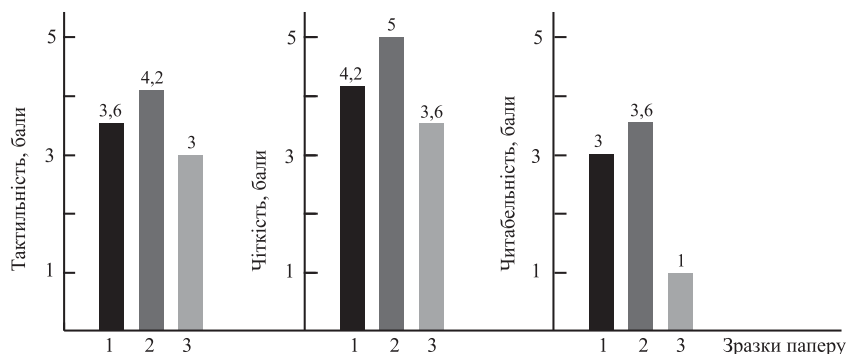


Рис. 3. Результати дослідження на тактильність, чіткість тактильного сприйняття, читабельність

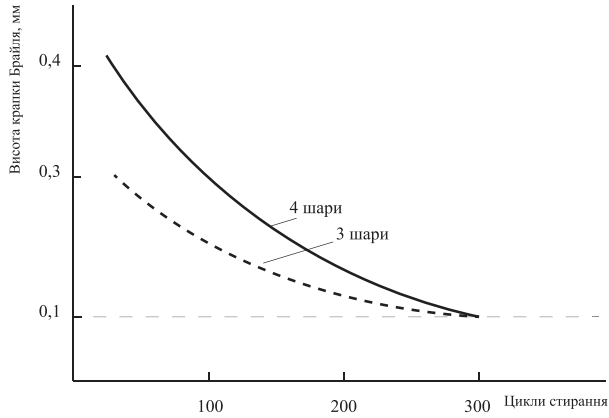


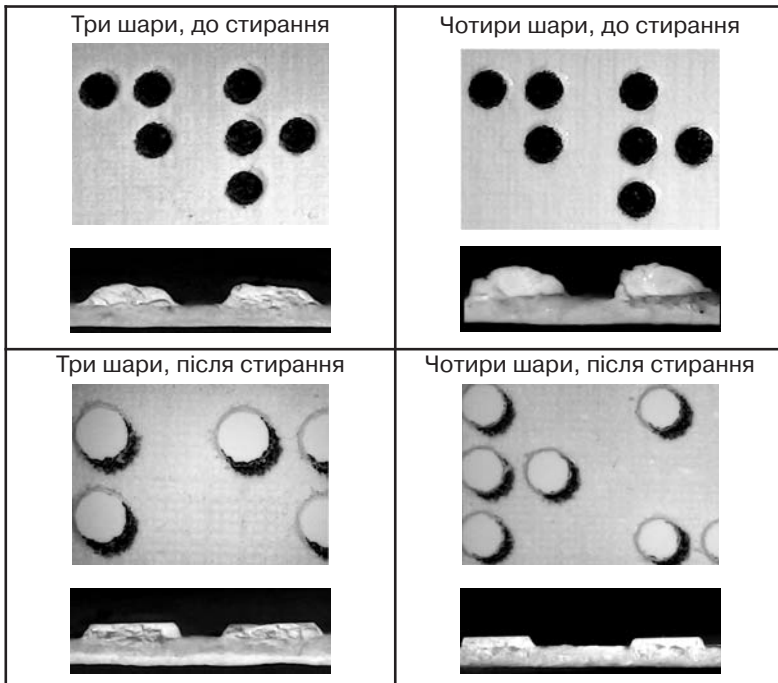
Рис. 4. Стійкість фарбового шару до стирання

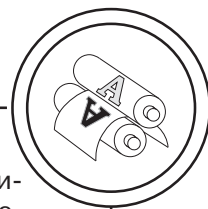
зразки з одним та двома шарами не досліджувалися, адже ці зразки не забезпечили потрібної тактильності, висота крапки на цих

зразках становила 0,1 мм та 0,2 мм відповідно. Висота крапки при нанесенні чотирьох шарів складала 0,4 мм, трьох — 0,3 мм.

Таблиця 5

Мікрофотографії крапок Брайля до та після стирання





Протягом перших 100 циклів проводились вимірювання висоти крапок від початкового стану 0,4 мм, за 200 циклів висота крапки від 0,4 мм зменшилась до 0,1 мм. При продовженні експерименту висота крапки зберіглась і при 300 циклах складала 0,1 мм. Для початкової висоти крапки 0,3 мм результат ідентичний, залишкова товщина фарбового шару після 300 циклів становила 0,1 мм. На рис. 4 наведено усереднені криві стійкості до стирання друкарських елементів для досліджуваних зразків. Задрукований матеріал не має впливу на стійкість до стирання, криві характерні для всіх досліджуваних матеріалів.

За результатами аналізу мікрофотографій крапок Брайля до та після стирання (табл. 5), можна зробити висновок, що стирання УФ-чорнил іде рівномірно і є типовим для трьох та чотирьох шарів. Після 300 циклів стирання утворюється трапецевидний профіль крапки, який зберігає мінімальну тактильність.

Для порівняння стійкості фарбового шару при струминному УФ-друці, проведено аналогічне дослідження для продукції, яка виготовлена шрифтом Брайля, шляхом тиснення, а саме пакування фармацевтичної продукції. Встановлено, що початкова висота крапки становила 0,1 мм, що є достатнім для ідентифікації медичної продукції [4], за 300 циклів шрифт Брайля був стертий до товщини картону і рельєфність зникла. Можна зробити висновок, що УФ-чорнила є більш стійкими до тертя і залишаються читабельними при мінімальній товщині. Якщо порівняти шорсткість шкіри

людини та наждачний папір, використаний для проведення дослідження, можна дійти висновку, що видання надруковані струминним друком шрифтом Брайля є довговічними. Отримані результати стійкості до стирання відповідають даним щодо стійкості крапок Брайля до здирання, отриманих цифровим друком [12].

Висновки

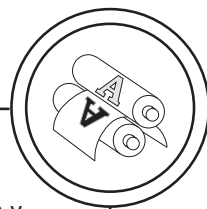
На основі проведених досліджень технологічного процесу струминного УФ-друку при виготовленні продукції шрифтом Брайля, встановлено що даний спосіб забезпечує необхідну тактильність, а відбитки характеризуються значною стійкістю до стирання. Визначено, що необхідний ступінь тактильності друкарських елементів забезпечується при нанесенні трьох шарів УФ-чорнил, висота крапки шрифту Брайля при цьому становить 0,3 мм. Для досягнення необхідного рівня читабельності та розрізнення інформації, рекомендовано використовувати діаметр крапки шрифту Брайля не менше 1,3 мм, відстань між центрами крапок не менше 2,0 мм.

Дослідження проводились з метою виявлення загального тактильного сприйняття надрукованих зображень струминним УФ-друком при різних режимах і потребують подальших досліджень для більш детальних уточнень та розроблення рекомендацій щодо геометричних параметрів крапок шрифту Брайля та режимів нанесення УФ-шарів залежно від вікової категорії та рівня володіння шрифтом Брайля людей з вадами зору.



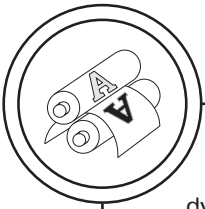
Список використаної літератури

1. Мильченко Л. Історія та сучасний стан видань шрифтом Брайля в Україні й за кордоном / Л. Мильченко // Вісник Книжкової палати. 2021. № 11. С. 8–17. Режим доступу: <https://visnyk.ukrbook.net/article/view/259600/256144>.
2. Онищенко О. М. Реалії та перспективи технології друку та інтерпретація тексту шрифтом Брайля у видавничій справі / О. М. Онищенко // Друга Міжнародна науково-практична конференція «Соціальні комунікації в інтеркультурному просторі». Київ, 16 листопада 2017. [Електронний ресурс]. Режим доступу: https://ij.kubg.edu.ua/images/kafedra_journ/tezy_soc_comm.pdf.
3. Маїк В. З. Аналіз технологій нанесення рельєфно-крапкових зображень для незрячих / В. З. Маїк, Т. Г. Дудок, М. С. Харів // Кваліологія книги. 2013. № 2(24). С. 51–65. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kk_2013_2_13.
4. Маїк В. З. Проблеми стандартизації шрифту Брайля при виготовленні видань для незрячих / В. З. Маїк, Б. В. Дурняк // Поліграфія і поліграфічна справа. 2013. № 3–4(63–64). С. 68–77. Режим доступу: <http://pvs.uad.lviv.ua/static/media/3-4-63-64/13.pdf>.
5. Маїк В. З. Стандарти для маркування упаковки (шрифт Брайля) / В. З. Маїк, Г. Голоб, С. Брацко, Т. Г. Дудок // Упаковка. 2014. № 1. С. 35–38.
6. ДСТУ 17049:2017 Доступне проектування. Застосування шрифту Брайля на інформаційних вказівниках, обладнанні та приладах; ISO 17049:2013.
7. Гавенко С. Ф. Вплив читабельності шрифту Брайля на ефективність тактильного сприйняття інформації незрячими людьми / С. Ф. Гавенко, М. Т. Лабецька, М. М. Гавенко, В. Р. Юревич // Український медичний часопис. 2013. № 3. С. 69–74. Режим доступу: https://nbuv.gov.ua/UJRN/Lmch_2013_19_3_13.
8. Гавенко С. Ф. Дослідження впливу сучасних технологій відтворення шрифту Брайля на процеси тактильного сприйняття інформації незрячими і слабозрячими / С. Ф. Гавенко, С. Є. Хаджинова, М. Т. Лабецька, М. М. Гавенко // Поліграфія і поліграфічна справа. 2016. № 2(72). С. 107–116. Режим доступу: <http://pvs.uad.lviv.ua/static/media/2-72/13.pdf>.
9. Кілко І. Р. Вплив мікрогеометрії паперових носіїв інформації на якість формування рельєфно-крапкових елементів шрифту Брайля при задрукуванні на оригінальних принтерах / І. Р. Кілко, Т. І. Онищенко // Кваліологія книги. 2013. № 2(24). С. 65–69. Режим доступу: <https://kk.uad.lviv.ua/wp-content/uploads/2017/01/122-24.pdf>.
10. Marburg Medium Font Standard for Pharmaceutical Packaging. Режим доступу: <http://www.pharmabraille.com/pharmaceutical-braille/marburg-medium-font-standard>.
11. Киричок Т. Ю. Тактильна дискримінація паперових банкнот після лакування вододисперсним лаком / Т. Ю. Киричок, А. М. Мережинська, О. В. Гуца // Технологія і техніка друкарства. 2014. № 1(43). С. 13–20. [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(43\).2014.31416](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(43).2014.31416).
12. Гавенко С. Ф. Стійкість до здирання елементів шрифту Брайля на картоні (цифровий та термографічний друк) / С. Ф. Гавенко, М. Т. Лабецька // Упаковка. 2013. № 3. С. 38–40. Режим доступу: http://nbuv.gov.ua/UJRN/Urakovka_2013_3_14.



References

1. Mylchenko, L. (2021). Istorii ta suchasnyi stan vydan shryftom Brailia v Ukraini y za kordonom [History and current state of books in Braille in Ukraine and abroad]. *Visnyk Knyzhkovoï palaty*, (11), 8–17. Retrieved from <https://visnyk.ukrbook.net/article/view/259600/256144> [in Ukrainian].
2. Onyshchenko, O. M. (2017). Realii ta perspektyvy tekhnolohii druku ta interpyratsiia tekstu shryftom Brailia u vydavnychii spravi [Print technologies and text interpretation with use of Braille writing system in publishing: reality and perspectives]. *Proc. Sotsialni komunikatsii v interkulturnomu prostori*, November 16. Retrieved from https://ij.kubg.edu.ua/images/kafedra_journ/tezy_soc_comm.pdf [in Ukrainian].
3. Maik, V. Z., Dudok, T. H., & Khariv, M. S. (2013). Analiz tekhnolohii nanesennia reliefno-krapkovykh zobrazhen dla nezriachykh [Analysis technology application braille images for blind]. *Kvalilohiia knyhy*, (2(24)), 51–65. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Kk_2013_2_13 [in Ukrainian].
4. Maik, V. Z., & Durniak, B. V. (2013). Problemy standartyzatsii shryftu Brailia pry vyhotovlenni vydan dla nezriachykh [Problems of standardization in the manufacture of Braille editions for the blind]. *Polihrafiia i polihrafichna sprava*, (3–4(63–64)), 68–77. Retrieved from <http://pvs.uad.lviv.ua/static/media/3-4-63-64/13.pdf> [in Ukrainian].
5. Maik, V. Z., Holob, H., Bratsko, S., & Dudok, T. H. (2014). Standarty dla markuvannia upakovky (shryft Brailia) [The standards for marking of packing (Braille typeface)]. *Upakovka*, (1), 35–38 [in Ukrainian].
6. National standards of Ukraine. (2017). *DSTU 17049:2017: Dostupne proektuvannia. Zastosuvannia shryftu Brailia na informatsiinykh vkazivnykh, obladnanni ta prykladakh [Accessible design — Application of braille on signage, equipment and appliances]; ISO 17049:2013* [in Ukrainian].
7. Havenko, S. F., Labetska, M. T., Havenko, M. M., & Yurevych, V. R. (2013). Vplyv chytabelnosti shryftu Brailia na efektyvnist taktylnoho spryiniattia informatsii nezriachymy liudmy [Effect of Braille readability on the efficiency of information perception by blind people]. *Ukrainskyi medychnyi chasopys*, (3), 69–74. Retrieved from https://nbuv.gov.ua/UJRN/Lmch_2013_19_3_13 [in Ukrainian].
8. Havenko, S. F., Khadzhyanova, S. Ye., Labetska, M. T., & Havenko, M. M. (2016). Doslidzhennia vplyvu suchasnykh tekhnolohii vidtvorennia shryftu brailia na protsesy taktylnoho spryiniattia informatsii nezriachymy i slabozriachymy [Research of influence of modern technologies of Braille reproduction on tactile perception of information by blind and visually impaired people]. *Polihrafiia i polihrafichna sprava*, (2(72)), 107–116. Retrieved from <http://pvs.uad.lviv.ua/static/media/2-72/13.pdf> [in Ukrainian].
9. Kilko, I. R., & Onyshchenko, T. I. (2013). Vplyv mikroheometrii paperovykh nosiiv informatsii na yakist formuvannia reliefno-krapkovykh elementiv shryftu brailia pry zadrukuvanni na oryhinalnykh prynterakh [Influence of mikrogeometry of paper carriers of data on quality of forming of relief-point elements of font of Braille at sealing up on original printers]. *Kvalilohiia knyhy*, (2(24)), 65–69. Retrieved from <https://kk.uad.lviv.ua/wp-content/uploads/2017/01/122-24.pdf> [in Ukrainian].
10. Marburg Medium Font Standard for Pharmaceutical Packaging. Retrieved from <http://www.pharmabraille.com/pharmaceutical-braille/marburg-medium-font-standard> [in English].



11. Kyrychok, T. Yu. Merezhyńska A. M., & Hushcha O. V. (2014). Taktylna dyskryminatsiia paperovykh banknot pislia lakuvannia vododispersnym lakom [Tactile discrimination of paper banknotes after water-based varnishing]. *Tekhnolohiia i tekhnika druzkarstva*, (1(43)), 13–20. Retrieved from [https://doi.org/10.20535/2077-7264.1\(43\).2014.31416](https://doi.org/10.20535/2077-7264.1(43).2014.31416) [in Ukrainian].

12. Havenko, S. F., & Labetska, M. T. (2013). Stiikist do zdyrannia elementiv shryftu Brailia na kartoni (tsyvrovyi ta termohrafichnyi druk) [Resistance to stripping Braille elements in digital and thermographic printing]. *Upakovka*, (3), 38–40. Retrieved from http://nbuv.gov.ua/UJRN/Upakovka_2013_3_14 [in Ukrainian].

The existing technologies and standards used for making relief-dot images for the blind people are analyzed in the article.

The use of jet UV printing is allowed to quickly produce products with Braille on a wide range of materials. For this purpose, the assessment of relief-dot elements of the Braille font, obtained by UV inkjet printing, was carried out. The geometric parameters of the Braille font are defined, which ensure the readability of printed elements and a clear perception by touch. It was established that to ensure tactility, it is enough to obtain a dot height of 0.3 mm, the diameter of the Braille font should be at least 1.3 mm, the distance between the centers of the dots at least 2.0 mm. According to the results of the visual analysis of the samples, it was found that the dot profile is hemispherical, with an increase in the number of layers, a more even and clear dot profile is observed. Studies have been conducted to determine the resistance of applied ink layers to abrasion by simulating the process of reading the relief-dot elements of the Braille font by a person.

Keywords: Braille font; UV inkjet printing; tactility; clarity; readability; abrasion; dot height.

Надійшла до редакції 29.09.22