

УДК 612.84+ 655.3.066.38

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СУЧАСНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ВІДТВОРЕННЯ ШРИФТУ БРАЙЛЯ НА ПРОЦЕСИ ТАКТИЛЬНОГО СПРИЙНЯТТЯ ІНФОРМАЦІЇ НЕЗРЯЧИМИ І СЛАБОЗРЯЧИМИ

С. Ф. Гавенко<sup>1</sup>, С. Є. Хаджинова<sup>2</sup>, М. Т. Лабецька<sup>1</sup>, М. М. Гавенко<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Українська академія друкарства,  
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна

<sup>2</sup>Лодзький технологічний університет,  
вул. Жеромського, 116, Лодзь, 90-924, Польща

*Висвітлено особливості технологій відтворення рельєфно-крапкових зображень шрифту Брайля способом трафаретного і цифрового друку та тиснення на фармацевтичному пакованні з картону. Досліджено профіль крапки Брайля та її геометричні параметри (висоту) з використанням приладу AniCam Troika 3D. Проведено експертне оцінювання тактильності сприйняття зображень шрифту Брайля, утвореного за допомогою трьох різних технологій (методу тиснення, трафаретного друку та inkjet), на основі чого підтверджено вплив технології друкування рельєфно-крапкових зображень шрифту Брайля на їх тактильну читабельність незрячими. Розглянуто механізм когнітивного сприйняття інформації людьми з вадами зору в процесі читання рельєфно-крапкових символів.*

**Ключові слова:** шрифт Брайля, трафаретний друк, тиснення, inkjet, когнітивне сприйняття, тактильність, незрячі.

**Постановка проблеми.** Аналіз пізнавальної діяльності осіб із порушенням зору свідчить, що сліпота компенсується переважно шкірно-руховим аналізатором — дотиком, за допомогою якого незрячі люди формують уявлення про предмети і явища довкілля (за формою, розмірами, фактурою тощо). Недостатність зорової інформації негативно впливає на психічний та фізичний розвиток індивідуума і в майбутньому може призвести до таких важких хворобливих наслідків, як аутизм, затримання психічного розвитку, зниження інтелекту, порушення розвитку мовлення, особливо його поняттєвої сфери і т. д.

Майже два століття інваліди з вадами зору в усьому світі завдяки брайлівському шрифту мають змогу навчатися у школі, здобувати професійну освіту, долучатися до світової культури, розширювати для себе інформаційний простір. Реалізація цих завдань можлива завдяки досягненням сучасних поліграфічних технологій, які відтворюють інформацію шрифтом Брайля цифровим, трафаретним способом, тисненням, друкуванням на спеціальних принтерах на папері, картоні, полімерній основі тощо.

Сьогодні, коли комп'ютерні інформаційні технології та системи телекомунікацій стали невід'ємною частиною життя суспільства, вони частково компенсують інформаційний «голод» незрячих, пов'язаний із відсутністю в них візуального каналу сприйняття інформації. Невеликі розміри знаків і вдале співвідношення ширини та висоти (3/5) дають можливість повністю вміщувати знак під пальцем, розрізняючи символи, і забезпечують цілісне та одномоментне сприймання внаслідок виникнення в шкірних рецепторах сильних подразнень.

З огляду на те, що між національними системами шрифту Брайля є деякі відмінності в геометричних розмірах крапки Брайля (а, як відомо, найкраще тактильне сприйняття інформації досягається, якщо висота рельєфних елементів дорівнює 0,5 мм, хоча нижній поріг правильного читання становить 0,13 мм), для уникнення проблем, відповідно до постанови ЄС, рекомендовано дотримуватися норм стандарту Marburg Medium Font, за яким середнє погодження геометричних параметрів шрифту Брайля повинно виконуватися з точністю  $\pm 5\%$ . Проте в разі, якщо площа для нанесення шрифту Брайля мінімальна (етикетки, фармацевтичне пакування), що унеможливує дотримання вимог стандарту, допускаються незначні відхилення геометричних параметрів рельєфних елементів, що дає змогу економити 10–12 % задрукованої площі. Крім того, в розділі 4.2 цього стандарту зазначено, що при виконанні символів шрифту Брайля тисненням кількість крапок заввишки менше ніж 0,12 мм не повинна перевищувати 5 %, а менше ніж 0,1 мм — 1 % загальної кількості всіх крапок, а при трафаретному та цифровому способі нанесення шрифту Брайля має бути не більше 5 % крапок, які мають висоту, меншу ніж 0,16 мм.

Існують такі основні закони Брайлівської шестикрапки:

- якщо крапки з'єднати між собою лініями, то отримуємо прямокутник, ширина якого дорівнює 3/5 його довжини;
- діаметри кіл крапок, як і проміжки між ними, за всіх умов повинні бути однаковими, як вимагає перший закон;
- відстань між вершинами крапок не може бути меншою, ніж 2 мм (мінімальна відстань довжини просторового порогу, доступного для дотику). Переважно ця відстань коливається від 2 до 3 мм;
- площа окремої літери у слові залишається завжди рівною площі всієї шестикрапки, незалежно від кількості крапок у літері [1–5].

Результати аналізу маркування шрифтом Брайля етикетково-пакувальної продукції свідчать про недостатність забезпечення незрячих друкованою інформацією. Проведений моніторинг використання шрифту Брайля показав, що фармацевтична промисловість на 85–95 % реалізує маркування для незрячих на пакуванні, зокрема лише 1,5 % на самоклеючих етикетках (що пояснюється відсутністю в Україні устаткування для цифрового крапле-струминного друку шрифту Брайля). Крім того, нерідко читабельність шрифту Брайля ускладнюється через недотримання технічних норм його відтворення [6].

Як відомо, одними із найважливіших геометричних і технологічних параметрів шрифту Брайля є розміри діаметра, висоти крапки та її форма. У процесі

зберігання й експлуатації рельєфний елемент піддається деформації та стиранню, що призводить до зміни його висоти і форми. Тому завдання дослідників полягає в забезпеченні оптимальних розмірів рельєфно-крапкових елементів для правильного тактильного сприйняття інформації. Проблема відтворення інформації для незрячих надзвичайно актуальна. Рельєфні зображення, призначені для зчитування пальцями незрячих осіб, сьогодні відтворюються з використанням технологій тиснення, термоформування вакуумним методом, нанесенням полімерних композицій трафаретним, крапле-струминним друком [5].

Зважаючи на це, актуальним є дослідження когнітивних моделей, які розкривають особливості тактильного сприйняття інформації незрячими, зокрема з використанням нових технологічних рішень для відтворення шрифту Брайля.

**Об'єкти і методи дослідження.** Об'єктом дослідження було обрано фармацевтичне пакування, на якому містилися маркування шрифтом Брайля, нанесені методом тиснення з використанням модуля AccuBraille GT на машині Bobst Expert fold 110, трафаретним і крапле-струминним друком. Пакування виготовлене з картону AlaskaPlus граматурою 280 та 235 г/м<sup>2</sup>.

**Мета статті** — виявлення впливу якості шрифту Брайля, надрукованого різними технологіями, та ефектів тактильного сприйняття інформації незрячими.

Якість шрифту Брайля оцінювали за допомогою приладу AniCam Troika 3D (рис. 1а), на якому отримували й аналізували 3D моделі рельєфно-крапкових зображень (рис. 1б) і профіль їх поверхні (рис. 1в).

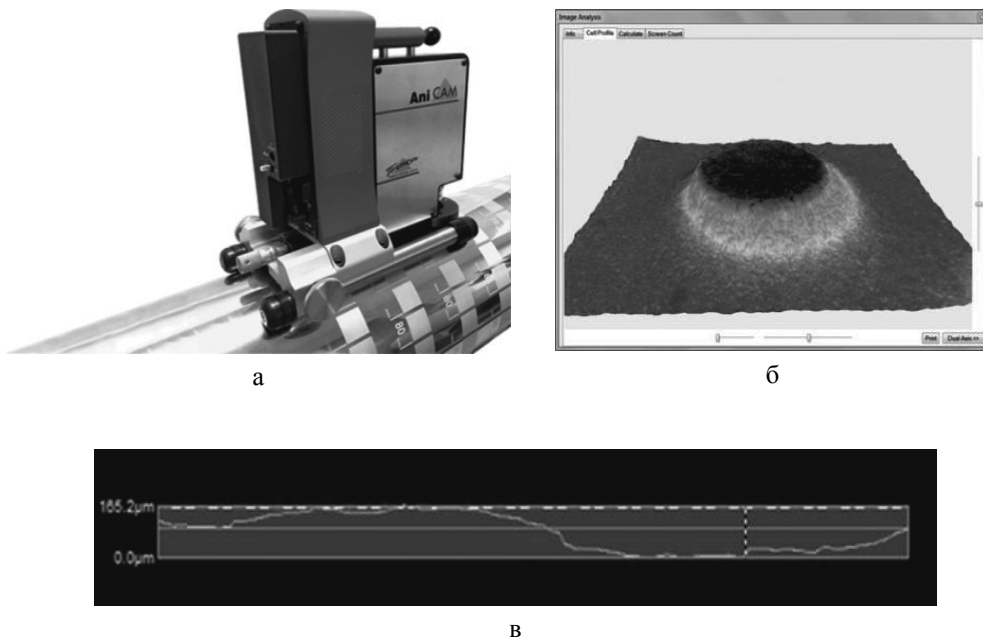
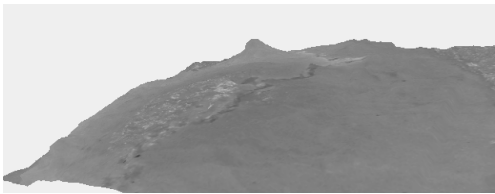
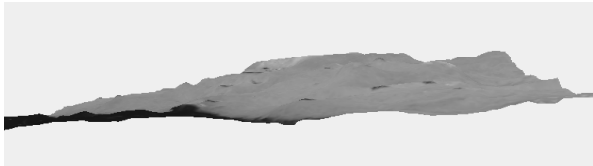
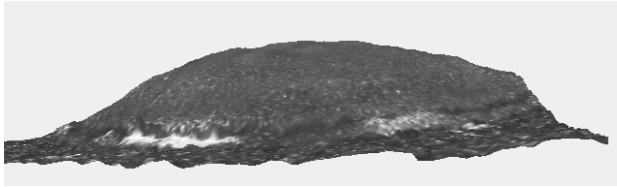


Рис. 1. Загальний вигляд приладу AniCam 3D (а)  
і тривимірна модель крапки шрифту Брайля (б) та профіль поверхні (в)

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Порівняння 3D моделей крапок Брайля за допомогою приладу AniCam 3D відображене в табл. 1, з якої видно, що найкраща якість шрифту досягається в разі використання технології Inkjet. У цьому випадку висота крапки шрифту Брайля є найвищою, має рівномірну поверхню, без викривлень і мікропор. На тисненому шрифті можна побачити мікропори, нерівномірну поверхню. Найгірша якість шрифту спостерігається в трафаретному друці, крапки мають низьку висоту, помітні значні дефекти викривлення поверхні.

Таблиця 1

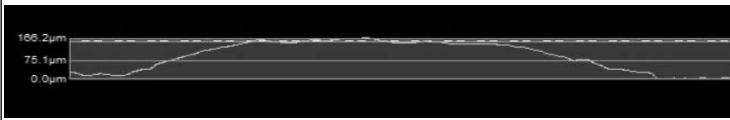

### Порівняння 3D моделей крапок Брайля за допомогою приладу AniCam 3D

| Технологія друку | 3 D модель шрифту Брайля  |
|------------------|---|
| Тиснення         |   |
| Трафаретний друк |   |
| Inkjet           |  |



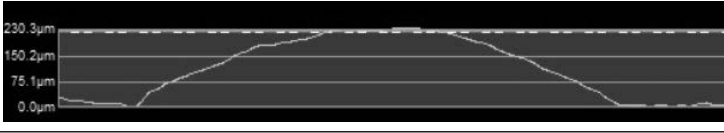

У табл. 2 подано порівняння профілів шрифту Брайля.

Таблиця 2

### Порівняння профілів шрифту Брайля з використанням приладу AniCam 3D

| Технологія друку | Профіль крапки   | Макс. висота крапки |
|------------------|--|---------------------|
| 1                | 2  | 3                   |
| Тиснення         |  | 188,2 µm            |
|                  |  | 180,6µm             |

Продовження табл. 2

| 1                | 2  | 3        |
|------------------|--|----------|
| Трафаретний друк |  | 141,3 μm |
|                  |  | 178,6 μm |
| Inkjet           |  | 230,3 μm |
|                  |  | 231,8 μm |

Як видно з табл. 2, найвища якість друку в технології Inkjet підтверджується і визначеним профілем (231,8 μm) висоти шрифту Брайля. На другому місці за висотою профілю крапки Брайля — технологія тиснення (профіль становить 188,2 μm), і найнижчий профіль — у разі відтворення рельєфних крапок Брайля трафаретним друком (178,6μm).

Для підтвердження впливу технології відтворення шрифту Брайля на рівень тактильного сприйняття було проведено експертне оцінювання якості написів шрифтом Брайля на зразках пакування фармацевтичної продукції. Встановлено, що найкраща читабельність рельєфного тексту досягається в разі використання технології цифрового друкування (рис. 3).

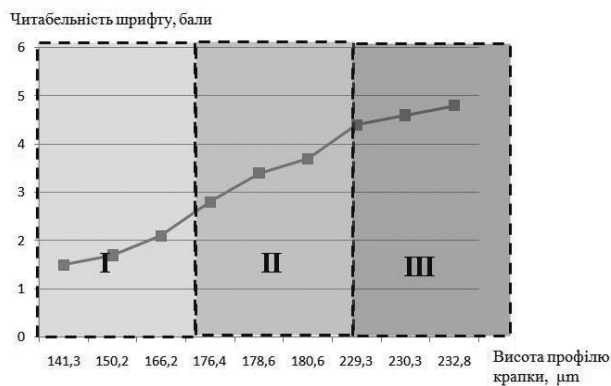


Рис. 3. Залежність читабельності написів шрифтом Брайля від висоти профілю крапки, утвореної: I — трафаретним друком, II — тисненням, III — цифровим друком

Розглянемо механізм когнітивного сприйняття інформації через дотик незрячою чи слабозрячою людиною. Для кожного виду відчуттів існують свої абсолютні пороги. Чутливість основних аналізаторів до дії фізичних подразників є досить значною. Існує нижній та верхній абсолютний поріг чутливості. Це максимальна сила подразника, що викликає адекватне йому відчуття. Процеси відчуття і сприймання необхідно розглядати як дії, що становлять пізнавальну чи практичну діяльність суб'єкта (рис. 4). Такі дії, названі перцептивними, забезпечують орієнтування в конкретній ситуації, а також таку обробку інформації органами чуття, яка допомагає побудувати образ, адекватний предметів. До таких перцептивних дій належать рухи руки незрячого чи слабозрячого, який з певною метою обстежує предмет, виділяючи його найсуттєвіші ознаки.

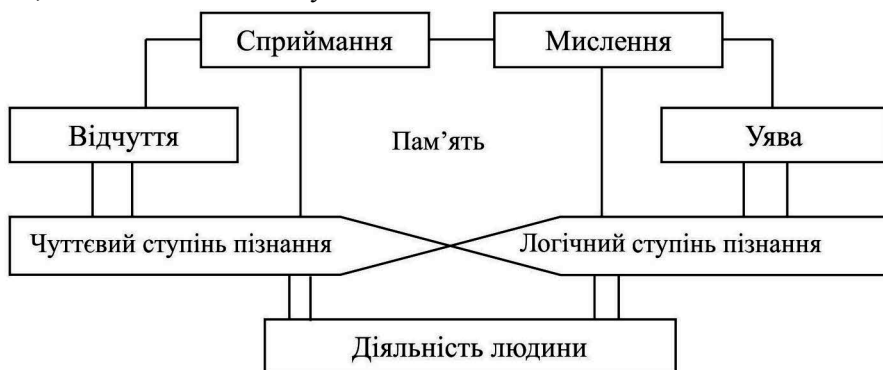


Рис. 4. Модель процесу сприйняття інформації із залученням чутливих рецепторів та образів мислення [7]

Дотик — система пізнавальної діяльності руки, завдяки якій рука може відображати форму, просторове розміщення предметів. Таким чином, тактильна чутливість дає знання про якість предмета.

Для читання шрифтом Брайля необхідна точність контурів крапки, її висоти, всіх геометричних параметрів, щоб незрячий правильно багаторазово зчитав інформацію на фармацевтичному пакованні (рис. 5).

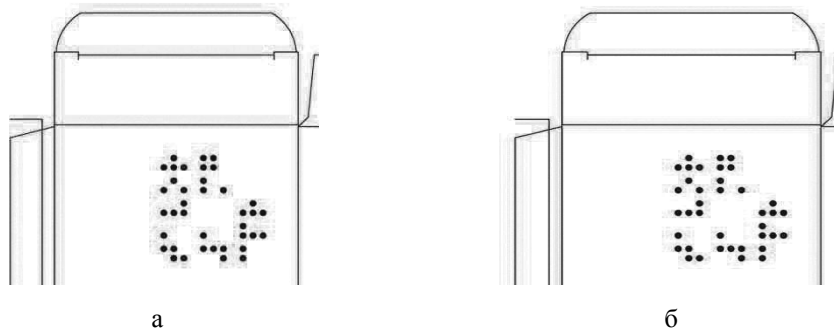


Рис. 5. Напис на пакованні шрифтом Брайля після 1 прочитання незрячим (а) і після 50-разового прочитання 15 реципієнтами (б)

З анатомічних досліджень відомо, що якщо дотик стає інтенсивнішим, то відчуття починає стимулювати тільки Пачіно в нервових закінченнях на кінчиках пальців руки, що сприймають тиск. На відміну від тактильних рецепторів, розміщених на поверхні шкіри, органи сприйняття тиску локалізовані в підшкірних тканинах. Між цими нервовими закінченнями і навколишнім середовищем міститься досить товстий шар тканини, і вплив має бути сильнішим, щоб подолати тиск у подушечках пальців. З іншого боку, якщо дотик триває досить довго, то нервові закінчення тактильних рецепторів стають менш чутливими і, зрештою, перестають реагувати на дотик. Для того щоб два дотики сприймалися як роздільні, відстань між стимульованими точками на пальцях має бути не меншою ніж 2,3 мм. Тому в шрифті Брайля вертикальна і горизонтальна відстань між точками згідно з технічними нормами становить 2,5 мм.

Імпульси від шкірних рецепторів надходять в особливу зону кори головного мозку — соматосенсорну. Абсолютний нижній поріг тактильної чутливості відрізняється в 125 разів для різних ділянок шкіри. Він розраховується як тиск у  $\text{мг}/\text{мм}^2$  шкіри. Так, абсолютний нижній поріг для долоні і пальців рук становить  $8 \text{ мг}/\text{мм}^2$ .

Для шкірної чутливості визначені також диференціальні пороги, названі просторовими. Просторовий поріг — це мінімальна відстань між двома точками, одночасна стимуляція яких викликає два окремі тактильні відчуття (відчуття дотику). Мінімальний просторовий поріг розрізнення для подушечок пальців рук — 2,2 мм. Чутливість до дотику в різних людей є різною. У незрячих вона дуже розвинена. Це відчуття, що з'являється під час дії на поверхню різних механічних подразників (дотик, тиск), які викликають деформацію шкіри. Відчуття виникає тільки в момент деформації. Абсолютний поріг тактильної чутливості визначається по тому мінімальному тиску предмета на шкірну поверхню, яка виробляє ледь помітне відчуття дотику. Найбільше розвинута чутливість на дистальних частинах тіла. Приблизний поріг відчуття: для кінчиків пальців руки — 3 г/мм. Поріг розрізнення в середньому дорівнює приблизно 0,07 початкової величини тиску.

Тактильний аналізатор має високу здатність до просторової локалізації. При послідовному впливі поодиноких подразників помилка в локалізації коливається в межах 2–8 мм. Характерною особливістю тактильного аналізатора є швидкий розвиток адаптації, тобто зникнення відчуття дотику або тиску. Час адаптації залежить від сили подразника і для різних ділянок тіла може змінюватися в межах 2–20 с. При ритмічних послідовних дотиках до шкіри кожен з них сприймається як роздільний, поки не буде досягнута критична частота, коли відчуття послідовності дотиків переходить у специфічне відчуття вібрації.

Відомо принаймні шість абсолютно різних типів тактильних рецепторів, але їх різновидів набагато більше. Серед них для читання шрифтом Брайля мають значення високочутливі дотикальні тільки Мейсснера, яких особливо багато міститься в кінчиках пальців рук, де у людини високо розвинена здатність до просторового розрізнення. Тільки Мейсснера адаптуються протягом частки секунди від початку їх стимуляції, тому вони особливо чутливі до руху об'єктів по поверхні шкіри, а також до вібрації низької частоти. Важливими є також такі

рецептори, як диски Меркеля, значна кількість яких є в кінчиках пальців рук та інших позбавлених волоссяного покриву ділянках шкіри, що містять велику кількість тілець Мейсснера. Диски Меркеля відрізняються від тілець Мейсснера характером адаптації: спочатку в них виникає сильний сигнал, який частково адаптується, потім у рецепторі тривалий час зберігається слабший і повільно адаптовуваний сигнал. Отже, ці рецептори відповідальні за передавання стабільних сигналів, які дають змогу відчувати безперервний контакт об'єктів зі шкірою, відповідають за визначення поверхневої структури рельєфної крапки Брайля. Рецептори Руффіні — інкапсульовані, з сильно розгалуженими закінченнями, яких багато в глибоких шарах шкіри, а також у ще глибших внутрішніх тканинах. Вони адаптуються дуже повільно і, отже, важливі для передавання інформації про безперервну деформацію тканин, що виникає, наприклад, під час інтенсивного тривалого дотику і тиску в процесі читання Брайлем. Тільця Пачіно — рецептори, розміщені як безпосередньо під шкірою, так і глибоко в фасціальних тканинах тіла, стимулюються тільки швидким локальним стисненням тканин, адаптуються протягом декількох сотих часток секунди, тому ці рецептори особливо важливі для сприйняття вібрації тканин або інших швидких змін їх механічного стану [7, 8].

Отже, на основі анатомічної і фізіологічної будови тактильних рецепторів можна пояснити, чому так важливо дотримуватися геометричних параметрів шрифту Брайля, маркуючи пакування, і зрозуміти природу тактильного сприйняття інформації незрячими.

**Висновки.** Порівняння якості надрукованого шрифту Брайля підводить до висновку, що найкраща якість за тривимірними моделями та профілем поверхні спостерігалася під час аналізу взірців, надрукованих крапле-струминним друком (Inkjet), які підтвердили найбільшу висоту крапки та найкращий профіль; проміжне місце за висотою займали рельєфно-крапкові зображення, отримані гарячим тисненням на картоні, з однаковим профілем поверхні, і найнижчий профіль висоти крапки спостерігався при трафаретному способі друку, причому рельєф поверхні був дуже нерівномірним.

Підтвердженням цього висновку є результати проведеного експертного оцінювання якості написів шрифтом Брайля незрячими на зразках пакування фармацевтичної продукції, виконаних з використанням зазначених технологій. Встановлено, що найкраща читабельність і тактильне сприйняття незрячими рельєфного тексту досягається у разі використання технології цифрового друкування, проміжне місце займають зображення, утворені гарячим тисненням, найгірша читабельність була у відбитків, отриманих трафаретним способом друку, де велика кількість мікронерівностей утруднювала їх тактильне сприйняття під час читання.

#### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Германов М. М. Луи Брайль и письменность слепых / М. М. Германов // Ученые записки : серия «ФИЗИКА». — Изд. Владимирского гос. пед. института им. П. И. Лебедева, 1971.



2. Гавенко С. Ф. Поліграфічні технології маркування продукції шрифтом Брайля : моногр. / С. Ф. Гавенко, М. Т. Лабецька. — Львів : Ліга-Прес, 2014. — 140 с.
3. Parametry geometryczne szczęście punkty Braille i czcionki Brajlowskiej. Dostępne pod [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://pzn.org.pl/stanowisko-polskiego-zwiazku-niewidomych-w-sprawie-napisow-w-brajlu-na-opakowaniach-lekow>.
4. Packaging — Braille on packaging for medicinal products : Standard LST EN 15823:2010. [Електронний ресурс]. — Режим доступу : <http://shop.bsigroup.com/en/ProductDetail/?pid=00000000030180500>.
5. Гавенко С. Маркировка: технология, оборудование, материалы : моногр. / С. Гавенко, С. Хаджинова. — Львов ; Лодзь : Лига-Пресс, 2015. — 207 с.
6. В упаковке лекарств для слепых и слабовидящих — новая технология от Bobst [Электронный ресурс]. — Режим доступа : <http://news.unipack.ru>.
7. Гамезо М. В. Атлас по психологии / М. В. Гамезо, И. А. Домашенко. — М. : Педагогическое общество России, 2004. — 176 с.
8. Вплив читабельності шрифту Брайля на ефективність тактильного сприйняття інформації незрячими людьми / [Гавенко С. Ф., Лабецька М. Т., Гавенко М. М., Юревич В. Р.] // Український медичний часопис. — Львів : ЛНМУ. — 2013. — № 3. — С. 69–74.

#### REFERENCES

1. Germanov M. M. (1971). Lui Brayl i pismennost slepyih. Uchenye zapiski : serii «FIZIKA». Izd. Vladimirskego gos. ped. instituta im. P. I. Lebedeva (in Russian).
2. Havenko, S. F., & Labetska, M. T. (2014). Polihrafichni tekhnolohii markuvannia produktsii shryftom Brailia. Lviv: Liha-Pres (in Ukrainian).
3. Parametry geometryczne szczęście punkty Braille i czcionki Brajlowskiej. Dostępne pod. Retrieved from <http://pzn.org.pl/stanowisko-polskiego-zwiazku-niewidomych-w-sprawie-napisow-w-brajlu-na-opakowaniach-lekow> (in Polish).
4. Packaging – Braille on packaging for medicinal products. Standard LST EN 15823:2010. Retrieved from : <http://shop.bsigroup.com/en/ProductDetail/?pid=00000000030180500> (in English).
5. Gavenko, S., & Hadzhinova, S. (2015). Markirovka: tehnologiya, oborudovanie, materialy. Lvov ; Lodz: Liga-Press (in Russian).
6. V upakovke lekarstv dlya slepyih i slabovidyaschih — novaya tehnologiya ot Bobst. Retrieved from <http://news.unipack.ru> (in Russian).
7. Gamezo, M. V., & Domashenko, I. A. (2004). Atlas po psihologii. Moscow: Pedagogicheskoe obschestvo Rossii (in Russian).
8. Havenko, S. F., Labetska, M. T., Havenko, M. M., & Yurevych, V. R. (2013). Vplyv chytabelnosti shryftu Brailia na efektyvnist taktylnoho spryiniattia informatsii nezryachymy liudmy / Ukrainskyi medychnyi chasopys. Lviv: LNMU, 3, 69–74 (in Ukrainian).

**RESEARCH OF INFLUENCE OF MODERN TECHNOLOGIES OF BRAILLE  
REPRODUCTION ON TACTILE PERCEPTION OF INFORMATION BY  
BLIND AND VISUALLY IMPAIRED PEOPLE**

S. F. Havenko<sup>1</sup>, S. Ye. Hadzhynova<sup>2</sup>, M. T. Labetska<sup>1</sup>, M. M. Havenko<sup>1</sup>

<sup>1</sup>*Ukrainian Academy of Printing,  
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine  
havenko@point.lviv.ua*

<sup>2</sup>*Lodz University of Technology,  
116, ul. Żeromskiego, 90-924, Łódź, Poland*

*The features of reproduction technologies of Braille relief-dot images have been considered by the method of screen and digital printing and embossing on pharmaceutical cardboard packaging. The profile of a Braille dot and its geometric parameters (height) has been studied by using the device AniCam Troika 3D. An expert assessment of tactile perception of Braille images formed by using three different technologies (method of embossing, screen printing and inkjet) has been carried out. The impact of Braille relief-dots printing technologies on their tactile readability by the blind has been confirmed based on such analysis. The mechanism of cognitive perception of information by people with visual impairments in reading of relief-dot symbols has been considered.*

**Keywords:** *Braille font, screen printing, embossing, inkjet, cognitive perception, tactility, the blind.*

*Стаття надійшла до редакції 30.09.2016.*

*Received 30.09.2016.*