

## АНАЛІЗ ТА ВИОКРЕМЛЕННЯ ФАКТОРІВ ВПЛИВУ НА ПРОЦЕС НАНЕСЕННЯ ШРИФТУ БРАЙЛЯ НА ПАКОВАННЯ

**Хамула О.Г.**

к.т.н., професор, кафедра мультимедійних технологій,  
Інститут поліграфії та медійних технологій,  
Національний університет «Львівська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0003-0926-9156

**Васюта С.П.**

к.т.н., доцент, кафедра мультимедійних технологій,  
Інститут поліграфії та медійних технологій,  
Національний університет «Львівська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0003-0079-9740

**Угрин Я.М.**

к.т.н., доцент,  
кафедра комп'ютерних технологій у видавничо-поліграфічних процесах,  
Інститут поліграфії та медійних технологій,  
Національний університет «Львівська політехніка»  
ORCID ID: 0000-0003-1449-5342

***Анотація.** У розділі узагальнено нормативні, технологічні та методичні аспекти формування рельєфно-крапкового шрифту Брайля на картонному й паперовому пакованні. Запропоновано структурну модель взаємозв'язків між матеріальними, інструментальними, технологічними та антропогенними чинниками. На основі методу аналізу ієрархій Саати визначено вагомність параметрів, що впливають на читабельність і стабільність рельєфу, та сформульовано практичні орієнтири для контролю якості тиснення.*

***Ключові слова:** шрифт Брайля, пакування, тиснення, метод аналізу ієрархій, якість рельєфу, доступність.*

### **Вступ**

Швидкий поступ цифровізації суспільства кардинально трансформує очікування до друкованих матеріалів, упаковок, а також методів презентації відомостей. Нинішня тара не просто оберігає вміст та передає повідомлення, а й слугує засобом подачі життєво необхідної інформації для різноманітних категорій покупців. З огляду на це, технології, що залучають відчуття дотику, стають надзвичайно важливими, особливо це стосується нанесення шрифту Брайля на зовнішню обгортку медикаментів, виробів для здоров'я та іншої продукції, що має суспільну вагу.

Для осіб, що мають вади зору, шрифт Брайля на поверхні товару – це не просто прикраса, а життєво важливий інструмент для самостійного розпізнавання цього продукту. Точне відображення найменування медикаменту,

його дози чи типу лікарської форми значно знижує вірогідність хибного застосування й суттєво поліпшує безпеку тих, хто ним користується [7, 8]. З огляду на це, якість виготовлення цих рельєфних точок охоплює аспекти друкарського мистецтва, організації робочого місця (ергономіки), дотримання норм, забезпечення загальної доступності та прояву соціальної сумлінності з боку виробника [3].

У межах європейської нормативної традиції, вимогу про нанесення назви медичного препарату шрифтом Брайля на його обгортку було закріплено завдяки положенням Директиви 2004/27/ЕС [4], яка внесла зміни до законодавчого регулювання медикаментів для використання людьми.

Згодом цю сферу деталізували профільні стандарти EN 15823 [1, 2] та ISO 17351 [5], котрі визначають конкретні критерії та рекомендації стосовно використання шрифту Брайля на упаковках лікарських засобів. В Україні ж подібні приписи інтегрували через окремий Порядок маркування лікарських засобів шрифтом Брайля, а також через узгоджені стандарти, зокрема ДСТУ ISO 17351:2018 [6].

Хоча законодавча база присутня, фактичний ґатунок тактильної розмітки детермінований сукупним впливом низки чинників. Вибір матеріалу для пакування, будова пари «інструмент-деталь», конфігурація окремих точок, ступінь та спосіб натискання, кліматичні умови на виробництві, а також те, як рельєф витримує транспортування разом із майстерністю працівника – усе це складає цілісну виробничу систему. Особливість цієї системи полягає у взаємозалежності елементів: якщо картон стає твердішим, необхідно налаштувати силу натиску, зношення робочої форми призводить до видозміни контуру точки, а коливання рівня вологи прямо впливає на здатність матеріалу до деформації.

Ось чому для покращення процесу штампування на підставі наукових даних простого переліку окремих чинників буде замало. Потрібно створити структурну модель, що відображає зв'язки між цими елементами, з'ясувати, які саме фактори мають пріоритет у впливі, а також визначити числові показники важливості критеріїв. Завдяки застосуванню такої методології можна замінити хаотичне підлаштування устаткування на системне управління контролем якості отриманого рельєфу.

### **Мета та задачі дослідження**

Завданням цього дослідження постає створення структурованої моделі, що відобразатиме, яким чином технологічні чинники впливають на процес формування та подальшої стійкості шрифту Брайля, нанесеного на пакувальні матеріали. Крім того, планується встановити порівняльну важливість основних елементів, використовуючи при цьому методику попарного порівняння Сааті (аналіз ієрархій).

Шрифт на пакованні – це не просто спосіб подачі інформації, а ключовий елемент у створенні інклюзивного дизайну, який дає змогу людям із вадами зору самостійно розпізнавати товари.

У зв'язку з цим, у наукових працях та галузевих публікаціях активно вивчають різноманітні методи друку рельєфно-крапкового тексту (relief «dots/points») на різних пакувальних матеріалах – від картону й паперу до полімерних і багатошарових плівок. Від того, яку технологію оберуть, безпосередньо залежатимуть такі чинники, як легкість читання, стійкість у часі, фінансові витрати на виробництво, обсяги тиражування, а також загальна екологічність всього пакування.

У більшості наукових праць дослідники зазвичай розмежовують окремі категорії технологій: це механічна обробка через тиснення чи конгревне формування, методи нанесення зображення (трафаретний, цифровий, струменевий друк), технології нарощування (адитивні / 3D), а також інтегровані рішення (застосування лаків, тонера, специфічних плівок чи самоклеяних елементів).

У межах реалізації визначеного завдання планується виконати низку кроків:

- дослідити чинні нормативні вимоги, що стосуються використання шрифту Брайля на пакувальній продукції;
- упорядкувати технологічні аспекти та матеріальні фактори, які формують рельєфність;
- встановити сукупність показників, від яких залежить ступінь якості нанесених крапок;
- розробити спрямований граф, що відображає причинно-наслідкові залежності між цими показниками;
- створити матрицю для попарного зіставлення, використовуючи шкалу Сааті;
- обчислити вагові значення для кожного критерію та здійснити перевірку консистентності оцінок, наданих експертами;
- сконструювати ієрархічну модель впливів та напрацювати практичні настанови для моніторингу якості процесу ембосування.

Об'єктом дослідження є процес створення рельєфно-крапкового шрифту Брайля на пакувальних матеріалах із картону та паперу.

Предметом дослідження є характеристики сировини, знарядь виробництва, аспектів технології та витривалості в експлуатації, що безпосередньо впливають на спроможність читання, точність форми та стійкість рельєфу з плином часу.

## **Основна частина**

Створення шрифту Брайля на пакувальній продукції – це багатокомпонентний процес, де фінальний результат неможливо виміряти лише глибиною чи тиском самої крапки. Форма рельєфу зумовлюється взаємодією

багатьох чинників: фізичних властивостей сировини, параметрів матриці й патриці, режимів роботи апаратури, точності виставлення позицій, фаховості виконавця та умов, у яких ця упаковка надалі перебуватиме.

З точки зору стандартів, головна вимога полягає у формуванні такого профілю поверхні, аби користувач міг без плутанини й помилок ідентифікувати знаки через тактильні відчуття. Для медикаментів це надзвичайно важливо, адже хибна ідентифікація потенційно загрожує безпеці тих, хто їх вживає. Однак, виробничий процес ускладнюється тим, що пакувальна одиниця проходить повний цикл існування: від виробництва, вирубки, згинання, зклеювання, перевезення, умов зберігання, укладання на піддони й аж до моменту безпосереднього застосування.

Виходячи з узагальнення технологічних стадій, до цієї моделі інтегровано шість ключових факторів:

- $g_1$  стосовно матеріалу, використаного для пакування;
- $g_2$  щодо матеріалу, з якого сформовані матриця й патрубков;
- $g_3$ , що описує геометрію елементів шрифту Брайля;
- $g_4$ , яке стосується кваліфікації особи, що виконує роботу;
- $g_5$ , що регулює умови докільця;
- $g_6$ , яке фокусується на утриманні характеристик рельєфу Брайля.

Цей набір охоплює як необхідні фізичні аспекти, закладені на початку, так і фінальні метрики якості, що є вирішальними для забезпечення привабливості рельєфу для сприйняття на дотик.

Пакувальний матеріал є ключовим елементом, адже його волокниста будова є тією, що приймає на себе механічний вплив процесу тиснення. Різноманітні багатошарові вироби, як-от картон марок GC1, GC2, GD2, а також хром-ерзац, відрізняються низкою характеристик: щільністю, еластичністю, товщиною зовнішнього шару та здатністю протистояти зміні форми. Більш твердий картон краще підтримує сферичну конфігурацію випуклості, хоча це диктує необхідність більш скрупульозного підбору сили тиску. Використання матеріалу, який є занадто податливим або недостатньо товстим, може спричинити згладжування бажаного рельєфу, проривання поверхні або зменшення висоти елементів після різання та згинання.

Багатошаровий картон, що складається з волокнистої основи та зовнішнього покриття, демонструє чудову стійкість під час пресування. Завдяки верхнім шарам, відбіленим хімічним чи механічним способом, досягається потрібна жорсткість. Це дає змогу без проблем формувати напівсферичні елементи з оптимальною висотою у межах 0,45-0,60 мм, уникнувши при цьому деформації чи надмірного продавлювання. Однак, якщо товщина картону занадто велика, може спостерігатися протилежний результат: тиск розподіляється по значній глибині, через що рельєф виходить менш виразним.

Аркушевий папір є значно менш передбачуваним у своїй поведінці. Завдяки невеликій густині та тендітній будові, він легко змінює форму під дією

навантаження, формуючи приплюснуті чи витягнуті елементи, що погіршує можливість їх розрізнення. До того ж, у випадку підвищення рівня вологості, папір має тенденцію до набухання, чим зменшується висота цих елементів навіть після виготовлення. Звідси випливає, що паперові ярлики нерідко вимагають застосування комплексних методів, як-от додавання підкладок або покриття захисним шаром (ламінації) для забезпечення стабільності їхньої основи.

Отже, пакувальний матеріал виступає не просто як носій відомостей, а як дієвий складник процесу, що безпосередньо впливає на те, чи буде можливо створити певний тактильний візерунок, наскільки він буде якісним та як довго прослужить.

Від вибору матеріалу для матриці й патриці залежить, наскільки точно буде відтворено форму крапки. Інструментарій із металу – наприклад, латунь, сталь або магнієві сплави – гарантує кращу відтворюваність та вищий опір зносу, аніж полімерні форми. У випадку невеликих партій допустимо використовувати менш стійкі матеріали для виготовлення інструменту, проте їхня стабільність вимагатиме додаткового нагляду. При великих обсягах виробництва зношення інструментарію може поступово коригувати радіус, діаметр чи висоту самої крапки, що неминуче позначиться на зручності її сприйняття на дотик.

Вигляд тактильної точки є одним із ключових маркерів якості. Ідеальною для опрацювання вважається симетрична форма, яка нагадує півсферу або дуже близька до неї, оскільки це гарантує належну площу зчеплення з подушечкою пальця та забезпечує м'якість переміщення під час зчитування тексту. Точки, які є приплюснутими, подовженими, загостреними або мають нерівномірну конфігурацію, несуть загрозу помилкового розпізнавання символів, уповільнюють процес читання і здатні викликати відчуття втоми у того, хто користується ними.

Здібності оператора відображають параметр людського чинника. Саме оператор вирішує про те, яким має бути тиск, темп подачі, як вирівняти положення, стежити за станом оснащення та компенсувати вади сировини. Навіть якщо устаткування новітнє, брак майстерності у робітників може спричинити зсув структури, нерівномірність висоти міток, пошкодження лицьової частини чи неповне проникнення речовини.

Чинники навколишнього середовища, у першу чергу тепловий режим та ступінь насичення повітря вологою, чинять непрямий, проте відчутний вплив. Папір та картон належать до матеріалів, що активно поглинають вологу, звідси випливає, що коливання цієї вологості спричиняє зміни у їхній сталості розмірів, еластичності та спроможності зберігати задану фактуру. При вищій вологості структура волокон розм'якшується, що здатне призвести до зниження рельєфу зображення; коли ж повітря стає надмірно сухим, підвищується небезпека появи мікроскопічних тріщин та крихкості.

Оцінка якості зрештою зводиться до того, наскільки добре зберігаються характеристики шрифту Брайля. Рельєф, що був належним чином відтворений, мусить бути розбірливим не лише безпосередньо після друку, а й витримувати

механічний вплив, перевезення, тертя, стискання під час зберігання у пакуваннях, а також варіації мікроклімату. У випадку, коли висота чи конфігурація символу опускається нижче порогу, необхідного для надійного тактильного розпізнавання, коректне виконання друку, по суті, не гарантує користувачеві необхідної доступності.

Для того, щоб формалізувати, як пов'язані між собою критерії, ми застосували такий метод, як метод аналізу ієрархій (Analytic Hierarchy Process, АНР). Головна його цінність полягає у здатності звести докупи оцінки експертів та кількісний спосіб визначення пріоритетності. У рамках цієї методики, кожен пару критеріїв оцінюють, визначаючи, який із них є більш значущим відносно іншого, і на цих даних створюють матрицю, де порівнюються вони попарно. Далі, спираючись на цю матрицю, вираховують вектор пріоритетів, приведений до норми.

На початковій стадії було зведено орієнтований граф (рис. 1), що ілюструє взаємозв'язки причин і наслідків між різними критеріями.

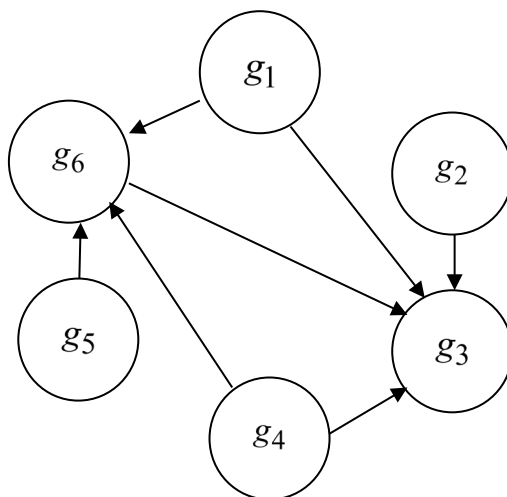


Рисунок 1 – Вихідний граф зв'язків між критеріями впливу на формування та збереження шрифту Брайля

Цей граф демонструє логічну послідовність технологічного циклу: матеріальні характеристики закладають основу для формування певної точки (результату), вплив оператора та оточення визначає стійкість самого процесу, а фіксація (утримання) заданих параметрів є кінцевим показником якості.

### Формування матриці попарних порівнянь

Порядок формування матриці попарних порівнянь такий: коли критерій під номером  $i$  визнано більш значущим, ніж критерій  $j$ , відповідний елемент  $a_{ij}$  отримує числове значення, що перевищує одиницю; при цьому зворотний елемент  $a_{ji}$ , обчислюється як обернене значення до  $a_{ij}$ . Елементи, що знаходяться на головній діагоналі цієї матриці, завжди дорівнюють одиниці, тому що кожен критерій обов'язково співвідноситься сам із собою (табл. 1).

Таблиця 1 – Матриця попарних порівнянь критеріїв

Критерій	$g_1$	$g_2$	$g_3$	$g_4$	$g_5$	$g_6$
$g_1$	1	3	1/2	2	3	1/2
$g_2$	1/3	1	1/5	1/3	1/3	1/5
$g_3$	2	5	1	3	2	1/2
$g_4$	1/2	3	1/3	1	5	1/2
$g_5$	1/3	3	1/2	1/2	1	1/2
$g_6$	2	5	2	2	3	1

Для того щоб узгодити початкові експертні бачення та гарантувати прийнятний ступінь логічної послідовності, матрицю було вибудовано, користуючись шкалою Сааті (табл. 2) [9].

Таблиця 2 – Шкала попарних порівнянь Сааті

Бал	Інтерпретація
1	однакова важливість
3	помірна перевага
5	суттєва перевага
7	дуже сильна перевага
9	абсолютна перевага
2, 4, 6, 8	проміжні значення
1/x	обернена перевага

При цьому ключову увагу приділяли пріоритетності таких кінцевих показників якості, як профіль вершини та стійкість рельєфу до змін у його просторових ознаках після процесу штампування.

Головним завданням методу аналізу ієрархій є побудова власного вектора, який вказує на відносну важливість критеріїв.

За даним методом, обчислення виконується за наступною формулою [10]:

$$Axw = \lambda \max xw, \quad (1)$$

де  $A$  – матриця попарних порівнянь;  
 $w$  – вектор вагових коефіцієнтів;  
 $\lambda \max$  – найбільше власне значення матриці.

Щоб провести обчислення (табл. 3) на практиці, застосовано метод середніх геометричних, котрий вирізняється стійкістю до несуттєвих зсувів у судженнях експертів та дозволяє вирахувати стандартизований вектор значущості:

$$w_i = \frac{\sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}{\sum_{i=1}^n \sqrt[n]{\prod_{j=1}^n a_{ij}}}, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість критеріїв;  
 $a_{ij}$  – елемент матриці попарних порівнянь.

Таблиця 3 – Розраховані вагові коефіцієнти критеріїв

Позначення	Критерій	Вага	Частка, %
$g_1$	Матеріал упаковки	0.069	6.9
$g_2$	Матеріал матриці та патриці	0.069	6.9
$g_3$	Форма крапки шрифту Брайля	0.336	33.6
$g_4$	Вміння оператора	0.156	15.6
$g_5$	Параметри навколишнього середовища	0.034	3.4
$g_6$	Збереження параметрів шрифту Брайля	0.336	33.6

Згідно з отриманими даними, критерії  $g_3$  («Форма крапки шрифту Брайля») та  $g_6$  («Збереження параметрів шрифту Брайля») виявилися найвагомими, маючи ідентичну оцінку – 0.336 кожний. Сумарно вони становлять приблизно 67.2 % від загального впливу, що чітко вказує на пріоритетність аспектів, пов'язаних із геометричною будовою та стійкістю рельєфних елементів.

На третій сходинці за важливістю розташується критерій  $g_4$  – «Вміння оператора», з показником 0.156.

Фактори, що стосуються матеріалів, а саме  $g_1$  та  $g_2$ , мають рівнозначну вагу – 0.069 кожен, тоді як параметри, що описують середовище ( $g_5$ ), виявилися найменш впливовими із вагою 0.034.

Використовуючи даний методу, можемо зробити оцінку ступеня узгодження між думками експертів за допомогою індексу узгодженості  $CI$  та коефіцієнта узгодженості  $CR$ :

$$CI = \frac{\lambda_{\max} - n}{n - 1}, \quad (3)$$

$$CR = \frac{CI}{RI}. \quad (4)$$

При коефіцієнті узгодженості  $CR \leq 0,1$  – матриця вважається узгодженою.

При  $CR > 0,1$  – судження вважаються суперечливими і потрібно переглянути порівняння.

З огляду на  $n = 6$ , було обрано випадковий індекс  $RI = 1,24$ .

Розрахунки дали наступні результати:

$$\lambda_{\max} = 6,156,$$

$$CI = 0,0312,$$

$$CR = 0,0252.$$

Оскільки коефіцієнт узгодженості  $CR$  значно менший за порогове значення 0,10, це свідчить про задовільну узгодженість матриці, а отже, судження експертів вважаються логічно обґрунтованими для продовження аналізу.

### Побудова структурної ієрархії впливів

Для повноцінного розуміння кількісних висновків методу АНР, їх варто інтегрувати зі структурним аналізом, який демонструє ланцюжок причинно-наслідкових залежностей у межах певної технологічної системи. З цією метою, використовуючи орієнтований граф як основу, створюється бінарна матриця, яка фіксує прямі взаємовпливи. У цій матриці одиниця (1) свідчить про безпосередній вплив одного критерію на інший, тоді як нуль (0) констатує відсутність такого прямого зв'язку [11].

Додавши одиничні значення на головну діагональ і провівши транзитивне замикання, формується матриця досяжності. Ця матриця дає змогу встановити не тільки безпосередні, але й опосередковані взаємозв'язки. Наприклад, як паковальний матеріал може впливати на цілісність рельєфу, і як цей рельєф, у свою чергу, позначається на фактичній читабельності окремої точки. Застосування такого методу є цінним для ідентифікації ієрархічних рівнів та з'ясування, які саме критерії виступають фундаментальними, які – проміжного рівня, а які – кінцевими результатами.

У рамках запропонованої схеми (рис. 2), критерій, що стоїть вище всіх, це  $g_6$  – стабільність характеристик шрифту Брайля.

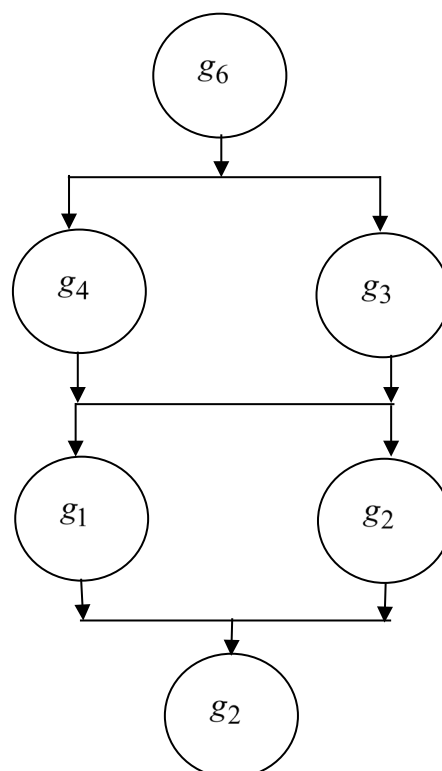


Рисунок 2 – Ієрархічна модель впливу параметрів на якість шрифту Брайля на пакованні

Він є квінтесенцією усього технологічного циклу, адже демонструє, наскільки рельєф здатний зберегти свою розбірливість попри виробничі маніпуляції та подальше використання.

На середній ланці розташовуються критерії  $g_3$  та  $g_4$ : конфігурація самої крапки прямо впливає на можливість сприйняття на дотик, тоді як майстерність того, хто працює з обладнанням, гарантує правильне калібрування процесу.

Найнижчий щабель охоплює такі елементи як матеріал, що використовується для пакування, склад інструментальної оснастки, а також умови навколишнього середовища – ці чинники закладають фундаментальні фізико-технічні основи для формування рельєфної структури (табл. 4).

Таблиця 4 – Узагальнена інтерпретація рівнів ієрархії

Рівень	Критерії	Технологічна інтерпретація
Верхній	$g_6$	Остаточний критерій якості: витривалість, зрозумілість та збереженість контурів протягом усього терміну служби обгортки
Середній	$g_3, g_4$	Пряме формування рельєфу: конфігурація точки й операторський контроль над процесом
Базовий	$g_1, g_2, g_5$	Передумови фізико-технологічного плану: характерні риси матеріалу, робочого інструменту та навколишнього середовища

## Результати досліджень

Проведене моделювання дозволило встановити, що якість рельєфно-крапкового шрифту Брайля на пакованні визначається не сумою ізольованих параметрів, а системою взаємозалежних впливів. Найбільш критичними є ті чинники, які безпосередньо формують тактильний результат для користувача: форма крапки та здатність рельєфу зберігати геометричні параметри після тиснення.

Домінування критеріїв  $g_3$  і  $g_6$  має практичне пояснення. Навіть за правильно підбраного матеріалу й точного обладнання кінцевий споживач оцінює не технологічні умови виробництва, а фактичну можливість прочитати символ. Тому геометрична форма крапки, її висота, сталість і тактильна відчутність є основними показниками функціональної придатності маркування.

Висока значущість критерію  $g_4$  свідчить, що автоматизація не усуває необхідності кваліфікованого технологічного контролю. Оператор повинен уміти співвіднести властивості матеріалу з параметрами тиснення, своєчасно виявити зношення інструменту, скоригувати тиск і перевірити рівномірність рельєфу по накладу. Для виробничої практики це означає, що система якості має включати не лише контроль обладнання, а й навчання персоналу, регламенти налаштування та періодичну перевірку результатів.

Матеріал пакування та матеріал матриці/патриці мають помірний, але технологічно важливий вплив. Їхня роль полягає у створенні передумов для

стабільного рельєфу. Невідповідний картон, нестабільна товщина, надмірна пористість або зношений інструмент здатні унеможливити отримання потрібної форми крапки навіть за правильно обраних режимів тиснення. Тому ці чинники мають контролюватися на вхідному етапі виробництва.

Найменша розрахована вага параметрів середовища не означає їхньої неважливості. Вони мають опосередкований характер і часто проявляються через зміну властивостей матеріалу. У виробничих умовах доцільно підтримувати стабільний мікроклімат, особливо під час роботи з гігроскопічними матеріалами та при виконанні тиражів, що потребують високої повторюваності рельєфу.

Запропонована модель може бути використана як методична основа для розроблення карт контролю якості. Першочерговому контролю мають підлягати форма та висота крапки, стабільність рельєфу після механічного навантаження, а також відповідність налаштувань обладнання властивостям матеріалу. Доцільним є впровадження контрольних вимірювань на початку тиражу, після визначеної кількості відбитків і після операцій, які можуть деформувати пакування.

З погляду подальших досліджень модель може бути розширена за рахунок включення кількісних експериментальних показників: фактичної висоти крапок, відхилення діаметра, сили зчитування, опору стисканню, впливу вологості та результатів тестування користувачами з порушеннями зору. Поєднання експертної моделі АНР з експериментальними даними дозволить уточнити вагові коефіцієнти та підвищити практичну надійність рекомендацій.

### **Практичні напрями впровадження результатів**

У контексті виробничого процесу, слушно буде брати цю модель за фундаментальну для запровадження контролю якості кроками. На початковій стадії необхідно зосередитися на інспектуванні сировини, що надходить: слід перевірити такі параметри, як товщина, густина, рівень вологості, пружність і консистентність картону чи паперу. Той матеріал, де товщина демонструє суттєві відхилення або деформаційна пластичність є надмірною, має бути кваліфікований як потенційно проблемний саме для нанесення рельєфу Брайля, навіть якщо він цілком задовольняє вимоги для стандартного друкування або танцювання [12].

Наступний етап зосереджується на доведенні до ладу робочого інструментарію. Матриця й патриця зобов'язані гарантувати точне та відтворюване розташування елементів по всій партії продукції.

З огляду на це, варто впровадити фіксовані пункти контролю стану оснащення:

- перед початком друку;
- після тестового прогону;
- після певного набору робочих циклів.

Це стає критично важливим, особливо при роботі з великими накладами для медикаментів, адже невеликий, але постійний знос обладнання, хоча й може бути непомітним на око, здатен суттєво змінити відчуття від готового продукту.

На третьому етапі необхідно забезпечити перевірку конфігурації окремих точок. Ключовими критеріями тут виступають такі характеристики, як висота підняття, ширина основи, однорідність обрису та рівномірність розташування цих елементів у межах одного символу Брайля.

Для виробничого моніторингу слушно буде комбінувати високоточні вимірювання приладами із тактильною оцінкою за допомогою дотику. Цей дуальний підхід дасть змогу визначити не тільки те, наскільки параметри відповідають заданим числовим нормам, але й наскільки маркування є ефективним у практичному сенсі для кінцевого споживача.

Наступний, четвертий етап, стосується відтворення робочих навантажень. Упаковка, після того як на неї нанесено шрифт Брайля, піддається процесам вирубки, згинання, зклеювання, перевезення та зберігання. Таким чином, має сенс аналізувати не лише початкову висоту елементів, а й ту висоту, що залишається після тестового стискання, тертя чи короткочасного впливу коливань вологості.

Такий метод цілком узгоджується з логікою розробленої моделі, де підтримання заданих характеристик вважається головним критерієм якості.

Розгляд п'ятого етапу стосується безпосередньо тренування персоналу. З огляду на значний вплив критерію «кваліфікація машиніста», для компаній було б мудрим рішенням створювати детальні інструкції (технологічні карти) щодо регулювання тиску для різних видів картонажу, а також формувати реєстр поширених дефектів і визначати чіткі порядки виправлення налаштувань. Підготовка оператора має виходити за межі простого освоєння технічної роботи з апаратурою; вона мусить включати розуміння соціальної ролі шрифту Брайля та потенційних проблем, які можуть виникнути через невідповідне маркування.

Стосовно організації виготовлення, здобутки моделювання спроможні слугувати підставою для розробки системи першочерговості у сфері забезпечення якості. За умов дефіциту ресурсів на рівні фірми, насамперед варто спрямувати вкладення у придбання засобів для вимірювання нерівностей поверхні, надійного інструментарію для натискання (тиснення) та навчання персоналу, що обслуговує обладнання. Звісно, моніторинг оточуючого повітряного середовища та детальний розбір властивостей сировини зберігають свою значущість, проте їх доцільно позиціонувати як допоміжні кроки, мета яких – гарантувати сталість фундаментальних умов технологічного циклу.

Цінність даної методики, з точки зору її практичного застосування, полягає ще й у її потенційній можливості бути припасованою до різноманітних типів тактильних розміток чи позначок. Наприклад, аналогічний спосіб міг би бути використаний для верифікації рельєфних попереджувальних знаків, тактильних елементів, що розміщуються на ярликах, навчальних друкованих матеріалів для осіб з особливими потребами, а також пакувань для харчів чи косметики. Хоча у

кожному окремому випадку перелік критеріїв, що використовуються, зазнаватиме змін, базова концепція градації важливості та підтвердження злагоди висновків експертів збереже свою значущість.

Для того щоб надати процесу більшої уніфікованості, варто згрупувати висновки експертного оцінювання із даними, отриманими шляхом практичних замірів. Цілком раціональним кроком видається формування реєстру (бази даних), де для окремих категорій матеріалів буде зафіксовано усталено необхідні параметри тиснення, реальну конфігурацію крапки, глибину деформації після зняття навантаження та якісну оцінку сприйняття користувачами. Накопичення такого набору відомостей дасть змогу доопрацювати вагові показники, а також уможливить перехід до передбачення якості та розробки пропозицій щодо автоматичного підбору робочих параметрів процесу.

## **Висновки**

В даному дослідженню була вибудована узгоджена ієрархічна структура, що відображає, як різні параметри впливають на якість створення та подальшого збереження шрифту Брайля, нанесеного на пакувальні матеріали. Продемонстровано, що операція тиснення являє собою заплутану систему, залежну від багатьох змінних, де чинники, пов'язані з матеріалами, інструментами, технологічними процесами, людським фактором та умовами експлуатації, взаємодіють один з одним, у сукупності формуючи кінцевий рівень тактильної розбірливості рельєфу.

Використовуючи метод попарного порівняння Сааті, було розраховано відносну важливість шести основних чинників. Найбільш вирішальними виявилися конфігурація символу шрифту Брайля та незмінність характеристик поверхні після нанесення рельєфу. Сумарно ці два аспекти складають більш ніж шістдесят шість відсотків загальної оцінки, що чітко ілюструє першорядну потребу у забезпеченні точності форми та стійкості точок. Не менш вагомим фактором є кваліфікація працівника, котра гарантує коректне встановлення параметрів пресування та своєчасне внесення змін у хід роботи.

Сформована ієрархічна структура продемонструвала, що вихідні умови якості процесу закладаються якістю пакувального матеріалу, матеріалу, що слугує основою чи матрицею, а також умовами оточуючого середовища; середній шабель, що безпосередньо формує рельєф, охоплює конфігурацію окремої точки та дії того, хто виконує роботу; кінцевим, інтегрованим наслідком усієї технологічної системи є збереження належних характеристик шрифту Брайля.

Практична користь отриманих здобутків полягає у тому, що запропоновану модель можна буде застосувати для вдосконалення процесу пресування, створення інструкцій для виробництва, підбору відповідних матеріалів, моніторингу стану робочого інструменту та формування методик для оцінки якості шрифту Брайля, нанесеного на упаковку. Наступні наукові роботи

варто зосередити на практичному тестуванні цієї моделі та порівнянні розрахованих вагових коефіцієнтів із реальними вимірами показників рельєфу.

Список літератури.

1. International Organization for Standardization. (2013). BS EN ISO 17351:2014. Packaging – Braille on packaging for medicinal products. (ISO 17351:2013). London: British Standards Institution, 2014.
2. International Organization for Standardization. (2013). EN ISO 17351:2014. Packaging – Braille on packaging for medicinal products. (ISO 17351:2013). Brussels: European Committee for Standardization, 2014.
3. European Commission. (2009). Guideline on the readability of the labelling and package leaflet of medicinal products for human use: Revision 1, 12 January 2009. [https://health.ec.europa.eu/system/files/2016-11/2009\\_01\\_12\\_readability\\_guideline\\_final\\_en\\_0.pdf](https://health.ec.europa.eu/system/files/2016-11/2009_01_12_readability_guideline_final_en_0.pdf).
4. EUR-Lex. (2004). Directive 2004/27/EC of the European Parliament and of the Council of 31 March 2004 amending Directive 2001/83/EC on the Community code relating to medicinal products for human use. Official Journal of the European Union. 2004. L 136. P. 34-57. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32004L0027>.
5. International Organization for Standardization. (2013). Packaging – Braille on packaging for medicinal products. (ISO 17351:2013). Geneva: International Organization for Standardization.
6. Держстандарт України. (2022). Упаковка. Шрифт Брайля на упаковці для лікарських засобів (EN ISO 17351:2014, IDT; ISO 17351:2013, IDT). (ДСТУ EN ISO 17351:2022). Київ : ДП «УкрНДНЦ».
7. Верховна Рада України. (2010). Про затвердження Порядку маркування лікарських засобів шрифтом Брайля: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 25.08.2010 № 722. База даних «Законодавство України». <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1044-10>.
8. Державна служба України з лікарських засобів та контролю за наркотиками. (2026). Стосовно маркування лікарських засобів шрифтом Брайля. Державна служба України з лікарських засобів та контролю за наркотиками. [https://www.dls.gov.ua/for\\_subject/стосовно-маркування-лікарських-засо-2/](https://www.dls.gov.ua/for_subject/стосовно-маркування-лікарських-засо-2/).
9. Saaty, T.L. (1980). The Analytic Hierarchy Process: Planning, Priority Setting, Resource Allocation. New York; London: McGraw-Hill International Book Co.
10. Saaty, T.L. (2008). Decision making with the analytic hierarchy process. International Journal of Services Sciences, 1(1), 83-98. <https://doi.org/10.1504/IJSSCI.2008.017590>
11. Warfield, J.N. (1974). Developing interconnection matrices in structural modeling. IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, SMC-4(1), 81-87. <https://doi.org/10.1109/TSMC.1974.5408524>.
12. Kipphan, H. (2001). Handbook of Print Media: Technologies and Production Methods. Berlin; Heidelberg; New York: Springer. ISBN 978-3-540-67326-2.