

УДК 655.3.026.25

РОЗРАХУНОК ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПАРАМЕТРІВ МАРКУВАННЯ ПАКОВАННЯ З НАНОФОТОННИМИ ЕЛЕМЕНТАМИ

О. О. Гриценко

*Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут»,
Видавничо-поліграфічний інститут,
вул. Янгеля, 1/37, Київ, 03056, Україна*

Запропоновано методику визначення технологічних параметрів маркування пакування з нанофотонними елементами, яка описується створеними алгоритмами розрахунку. Алгоритми дають можливість розраховувати оптичні характеристики друкованого маркування з нанофотонними елементами за відомими технологічними параметрами і технологічні параметри друкарського процесу для виготовлення маркування із заданими оптичними характеристиками. Розроблено імітаційну модель розрахунку технологічних параметрів нанофотонних елементів, що забезпечує якість процесу маркування друкованого функціонального пакування з нанофотонними елементами.

Ключові слова: *маркування пакування, нанофотонні елементи, фотолюмінесценція, технологічні параметри, імітаційна модель.*

Постановка проблеми. Новітнє функціональне (розумне, «smart») пакування здатне повідомляти споживачів про придатність запакованого харчового продукту до споживання, змінюючи відповідно до стану запакованого продукту певні властивості активного елемента. Як активний елемент можна використовувати спеціальне маркування, надруковане фарбовою композицією з нанофотонними елементами. Таке маркування має фотолюмінесцентні властивості (світиться під час опромінення УФ світлом), його активний компонент реагує на стан запакованого продукту (на утворення речовин внаслідок процесів псування продуктів) зміною інтенсивності люмінесценції, і в такий спосіб маркування повідомляє про придатність запакованого продукту до споживання.

Використовуючи друкарські технології маркування пакування з нанофотонними елементами, треба враховувати вплив технологічних параметрів на оптичні характеристики одержуваного маркування.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Сьогодні в літературних джерелах питання впливу технологічних факторів процесу друкування зображень з нанофотонними елементами на їхні оптичні характеристики є недостатньо висвітленим. Існують дослідження композиційного складу фарб для виготовлення маркування з нанофотонними елементами [1], а також дослідження технологічних процесів виготовлення міток з нанофотонними елементами трафаретним [2]

і тампонним способами друку [3]. На цей час розробленої методики визначення технологічних параметрів маркування пакування з нанофотонними елементами. Тому актуальне розроблення методики розрахунку технологічних параметрів нанофотонних елементів, що забезпечує якість процесу маркування друкованого функціонального пакування з нанофотонними елементами.

Мета статті — розроблення методики розрахунку технологічних параметрів маркування пакування з нанофотонними елементами і створення імітаційної моделі.

Виклад основного матеріалу дослідження. Для розроблення алгоритмів розрахунку оптичних характеристик друкованого маркування за відомими технологічними параметрами і розрахунку технологічних параметрів друкарського процесу для виготовлення маркування із заданими оптичними характеристиками було використано розроблену математичну модель, наведену в [4]. Модель враховує узгодження параметрів технологічного процесу з оптичними характеристиками одержуваних друкованих елементів функціонального пакування і забезпечує виготовлення друкованого маркування для функціонального пакування із наперед заданими оптичними характеристиками. Згідно з розробленою моделлю, інтенсивність люмінесценції I друкованого шару на зовнішній поверхні задруковуваного матеріалу:

$$I = ((1 - R/100) I_{3M} + R/100 (I_{ДФ} (0,00005\delta^2 + 0,0015\delta + 0,3055) + I_{3M} \times (-0,00003 \delta^2 + 0,0002 \delta + 1))) f_{сум}(t, \tau, \delta), \quad (1)$$

де $I_{ДФ}$ — інтенсивність люмінесценції суцільного фарбового шару товщиною 100 мкм, нанесеного на гладкий нелюмінесцентний матеріал, R — відсоток градацій растрової ділянки, I_{3M} — інтенсивність люмінесценції задруковуваного матеріалу, δ — товщина шару фарби на відбитку, $f_{сум}(t, \tau, \delta)$ — функція врахування впливу параметрів фіксування шару фарби на відбитку.

Для створення алгоритму розрахунку оптичних характеристик друкованого маркування з нанофотонними елементами за відомими технологічними параметрами було використано результати досліджень [2–4], у яких було визначено вплив використовуваних матеріалів, технологічних параметрів формного і друкарського процесу трафаретного і тампонного способів друку на оптичні характеристики друкованих шарів. Розроблений алгоритм зображено на рис. 1, а. На рис. 1, б представлено розроблений алгоритм розрахунку технологічних параметрів друкарського процесу за заданими оптичними характеристиками друкованого маркування функціонального пакування.

Згідно з алгоритмом, поданим на рис. 1, а, спочатку вводять параметри розміщення друкованого покриття відносно пакування, умови і термін зберігання пакування і параметри продукту, який буде запаковуватися. Далі вказують спосіб друку, задруковуваний матеріал та його параметри. Відтак вводяться параметри, які стосуються складу друкарської фарби з нанофотонними елементами: характеристики люмінесцентної складової, розчинника і полімера, їх вміст у фарбовій композиції. Також вказують відомі технологічні параметри, які стосуються друкарської форми, друкарського процесу, параметри зображення, яке буде надруковане, і, якщо потрібно, параметри фіксування.

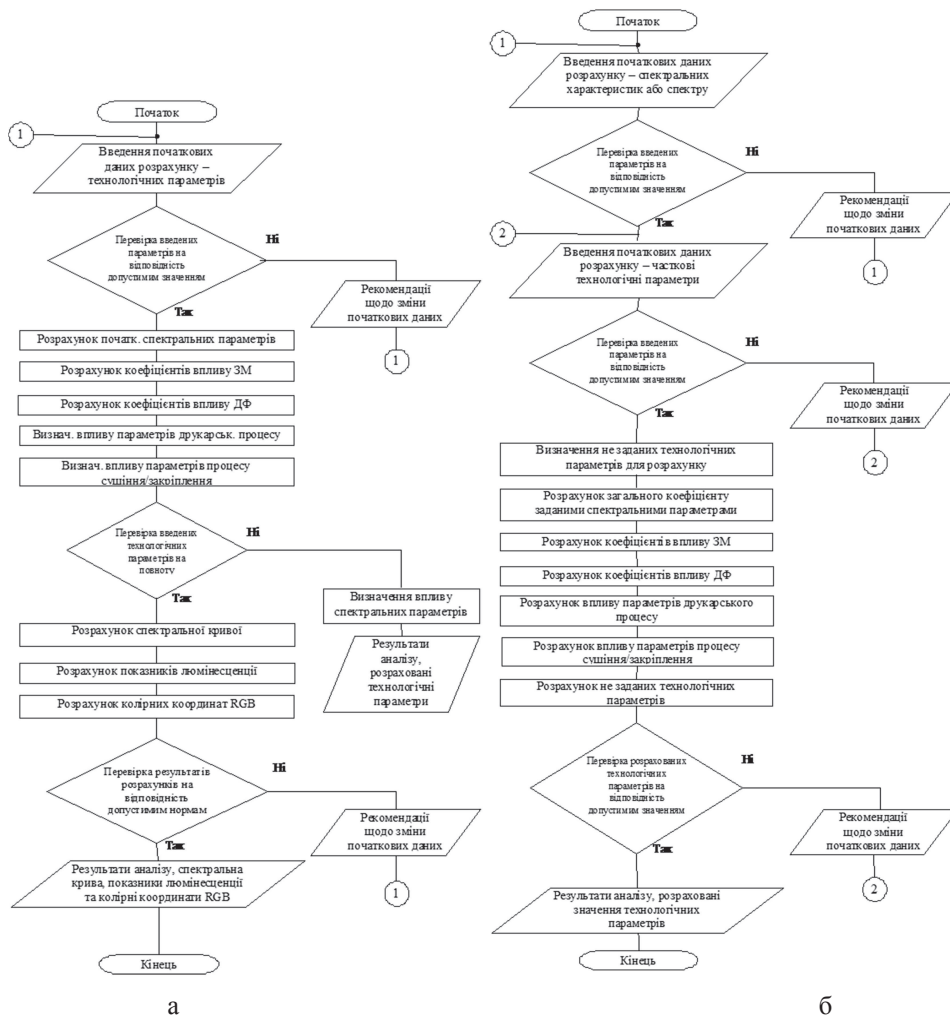


Рис. 1. Алгоритми розрахунку: а — оптичних характеристик друкованого маркування за відомими технологічними параметрами; б — технологічних параметрів друкарського процесу за заданими оптичними характеристиками друкованого маркування функціонального пакування

Потім перевіряють введені дані і в разі невідповідності допустимим значенням виводять помилку та рекомендації щодо їх зміни.

На основі введених параметрів друкарської фарби розраховуються початкові оптичні параметри — тип оптичної кривої, початкові показники інтенсивності люмінесценції на кожній ділянці спектра. Відповідно до введених параметрів ЗМ визначають коефіцієнт впливу ЗМ на кожній ділянці спектра. Далі розраховують вплив технологічних параметрів друкарського процесу, на основі розрахунків обчислюють відповідний коефіцієнт впливу. Після цього розраховують вплив параметрів післядрукарського процесу, на основі чого обчислюють відповідний коефіцієнт.

На наступному етапі перевіряють повноту введення технологічних параметрів. Якщо технологічні параметри введені не в повному обсязі, розраховують коефіцієнт впливу оптичних характеристик. На основі розрахованих коефіцієнтів визначають і виводять значення технологічних параметрів друкарського процесу виготовлення зображень з нанофотонними елементами.

У разі повноти введення технологічних параметрів розраховують оптичну криву (у вигляді табличних значень) із врахуванням обчислених у попередніх операціях коефіцієнтів. Потім на основі розрахованої оптичної кривої визначають оптичні характеристики люмінесценції — величини піків люмінесценції. Далі розраховують колір люмінесценції у координатах кольорного простору RGB.

Дальший етап — перевірка результатів розрахунків на відповідність допустимим нормам. Якщо виявлено невідповідність, виводяться рекомендації щодо зміни початкових даних.

На кінцевому етапі здійснюють виведення результатів аналізу, спектральної кривої, оптичних характеристик та кольорних координат RGB, за якими також надається колір люмінесценції у візуальному відображенні.

Зворотний алгоритм, який дає можливість розраховувати технологічні параметри друкарського процесу для виготовлення маркування з нанофотонними елементами із заданими оптичними характеристиками (рис. 1 б), працює таким чином. Вводять початкові дані для розрахунку — спектральна крива, оптичні характеристики або кольорні координати RGB, за якими надається колір люмінесценції у візуальному відображенні. Потім вводять початкові дані розрахунку — часткові технологічні параметри, які бажано зафіксувати. Ці параметри можуть стосуватися друкарської форми, друкарського процесу, зображення, яке буде надруковано, інших технологічних операцій, таких як покриття та фіксування. Далі перевіряють введені дані і в разі їх невідповідності допустимим значенням виводять помилку та рекомендації щодо їх зміни.

Відтак визначають відсутні технологічні параметри, значення яких потрібно розрахувати. Розраховують загальний коефіцієнт за заданими спектральними даними. На основі відомих технологічних параметрів обчислюють відповідні коефіцієнти впливу аналогічно до прямого алгоритму, наведеного на рис. 1а. Після цього за введеними спектральними характеристиками і відомими коефіцієнтами обчислюють коефіцієнти невідомих технологічних параметрів, які забезпечать відтворення зображень із введеними бажаними спектральними характеристиками.

Потім за знайденими коефіцієнтами для невідомих технологічних параметрів розраховують власне їхні значення. Розраховані значення технологічних параметрів перевіряють на відповідність допустимим значенням, і в разі виявлення невідповідності допустимим значенням виводиться помилка та рекомендації зміни початкових даних.

Далі виводяться розраховані значення технологічних параметрів, які забезпечують відтворення друкованих зображень з нанофотонними елементами із наперед заданими оптичними характеристиками.

На основі аналітичних досліджень та запропонованих алгоритмів розрахунку технологічних параметрів друкування нанофотонних елементів було розроблено програмне забезпечення у сучасному програмному середовищі Delphi XE5. Розроблене програмне забезпечення являє собою імітаційну модель, яка є комплексною математичною й алгоритмічною моделлю досліджуваної системи. Інтерфейс комп'ютерної програми «Розрахунок технологічних параметрів друкування нанофотонних елементів» зображено на рис. 2.

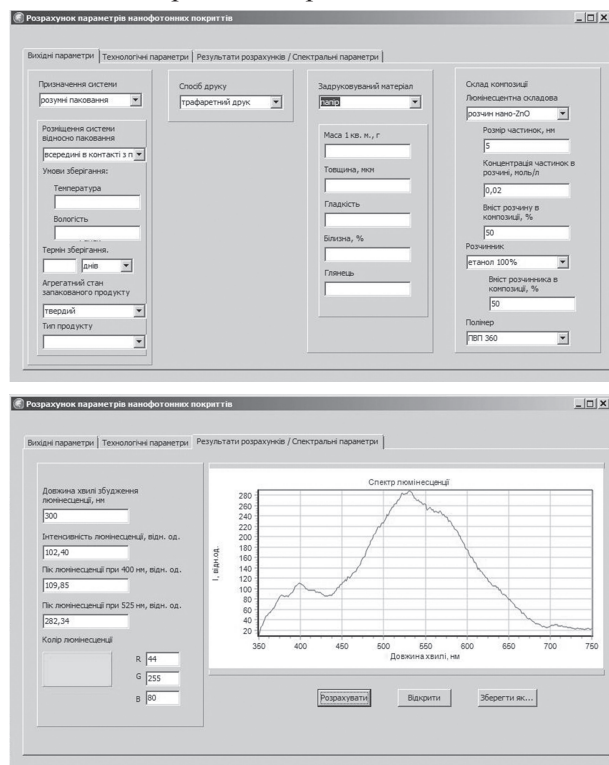


Рис. 2. Інтерфейс програми розрахунку технологічних параметрів друкування нанофотонних елементів

Програма складається з двох файлів: файла програми з розширенням *.exe, двох файлів з розширенням *.csv, в яких містяться вихідні дані для розрахунку спектрів фотолюмінесценції друкованого маркування з нанофотонними елементами. Цей файл можна коригувати, уточнюючи вихідні спектри, отримані за конкретних технологічних умов.

Програма умовно поділяється на три частини, представлені на трьох вкладках: «Вихідні параметри», «Технологічні параметри» та «Оптичні параметри». У першій частині вводять вихідні параметри розрахунку, в другій можна вводити і одержувати суто технологічні параметри розрахунку, а в третій — вводити та отримувати дані, які стосуються оптичних параметрів друкованого маркування з нанофотонними елементами.

Висновки. У результаті проведених досліджень було розроблено алгоритми й імітаційну модель у вигляді програмного забезпечення для розрахунку впливу технологічних параметрів маркування пакування з нанофотонними елементами, їхніх оптичних характеристик, а також для розрахунку необхідних значень технологічних параметрів для одержання друкованого маркування із наперед заданими оптичними характеристиками. Програмне забезпечення значно полегшує і пришвидшує процеси розрахунків для поліграфічного виготовлення маркування з нанофотонними елементами, які забезпечують функціональність новітнього харчового пакування.

Дослідження проведено за підтримки Міністерства освіти і науки України в рамках НДР № 2873 п. Публікація містить результати досліджень, проведених завдяки грантовій підтримці Держаного фонду фундаментальних досліджень за конкурсним проектом Ф64/36-2015 від 27.10.15 р.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Шерстюк В. П. Забезпечення інформаційних функцій пакувань за допомогою поліграфічних технологій з використанням наноматеріалів / В. П. Шерстюк, О. О. Сарапулова, В. В. Швалагін // Пакувальна індустрія : Матеріали XIX Науково-практичної конференції (24–25 вересня 2015 р., Україна). — Додаток до часопису «Упаковка». — 2015. — № 5. — С. 46–54.
2. Sarapulova O. Formation and photoluminescent properties of nanophotonic elements with nanosized ZnO for smart packaging, deposited by screen printing / O. Sarapulova, V. Sherstiyuk // Journal of Print and Media Technology Research. — 2015. — Vol. 3. — P. 187–194.
3. Сарапулова О. Особливості відтворення нанофотонних міток тампонним способом друку / О. Сарапулова, В. Шерстюк // Матеріали доповідей XVIII Міжнародної науково-практичної конференції з проблем видавничо-поліграфічної галузі. — 2014. — С. 56–58.
4. Сарапулова О. Комплексна модель впливу технологічних параметрів друкування покриттів з нанофотонними елементами на їхні фотолюмінесцентні характеристики / О. Сарапулова, В. Шерстюк // Технологія і техніка друкарства. — 2015. — № 3 (49). — С. 38–46.

REFERENCES

1. Sherstyuk, V. P., Sarapulova, O. O., & Shvalahin, V. V. (2015). Zabezpechennya informatsiynykh funktsiy pakovan' za dopomohoyu polihrafichnykh tekhnolohiy z vykorystannyam nanomaterialiv. Pakoval'na industriya: materialy XIX Naukovo-praktychnoyi konferentsiyi (24–25 veresnya 2015 r.), Kiev: Upakovka (in Ukrainian).
2. Sarapulova, O., & Sherstiyuk, V. (2015). Formation and photoluminescent properties of nanophotonic elements with nanosized ZnO for smart packaging, deposited by screen printing. Journal of Print and Media Technology Research, 3, 187–194 (in English).
3. Sarapulova, O., & Sherstyuk, V. (2014). Osoblyvosti vidtvorennya nanofotonnykh mitok tamponnym sposobom druku. Materialy dopovidey XVIII Mizhnarodnoyi naukovo-praktychnoyi konferentsiyi z problem vydavnycho-polihrafichnoyi haluzi (in Ukrainian).

4. Sarapulova, O. O., & Sherstyuk, V. P. (2015). Kompleksna model' vplyvu tekhnolohichnykh parametriv drukuvannya pokrytiv z nanofotonnyimi elementamy nayikhni fotolyuminestentni kharakterystyky. Tekhnolohiya i tekhnika drukarstva, 3(49), 38–46. (in Ukrainian).

CALCULATION OF TECHNOLOGICAL PARAMETERS OF PACKAGES MARKING WITH NANOPHOTONIC ELEMENTS

O. O. Hrytsenko

*National Technical University of Ukraine «Kyiv Polytechnic Institute»,
Publishing and Printing Institute
1/37, Yangel St., Kyiv, 03056, Ukraine
olhasarapulova@gmail.com*

The article presents the method for determining the technological parameters of marking packages with nanophotonic elements, described by created algorithms of calculation. The algorithms allow calculating the optical characteristics of printed markings with nanophotonic elements by the known technological parameters and calculating the technological parameters of the printing process for producing markings with the desired optical characteristics. Simulation model is developed for calculation technological parameters of nanophotonic elements, providing quality of marking process of printed functional of packages with nanophotonic elements.

Keywords: marking packages, nanophotonic elements, photoluminescence, technological parameters, simulation model.

Стаття надійшла до редакції 04.04.2016.

Received 04.04.2016.