

УДК 655.39 + 681.625.923

ВИЗНАЧЕННЯ ЕКОЛОГІЧНИХ АСПЕКТІВ ЦИФРОВОГО ДРУКУ НА КАРТОННИХ ПАКОВАННЯХ

М. С. Мартинюк

*Українська академія друкарства,
вул. Під Голоском, 19, Львів, 79020, Україна*

Відповідно до європейських регламентів для визначення реального та потенційного впливу діяльності пакувального виробництва на навколишнє середовище необхідно здійснити визначення екологічних аспектів. Під час аналізу екологічних аспектів цифрового друку на картонних пакуваннях бралось до уваги використання хімічних речовин та енергоресурсів, можливі викиди в атмосферу і утворення відходів.

У дослідженні використовувалися методи експертних оцінок, а також побудови діаграми причин і наслідків. Вагомі екологічні аспекти враховуються при визначенні екологічних цілей та завдань підприємства, розробці екологічних програм, плану заходів з охорони навколишнього середовища.

Визначено екологічні аспекти цифрового друку на пакуваннях, здійснено їх ранжування відповідно до впливу. Побудовано діаграму Ісікави екологічних аспектів і впливів цифрового друку на пакуваннях, а також схему матеріальних та енергетичних потоків.

Ключові слова: екологічні аспекти, екологія пакувань, картонні пакування.

Постановка проблеми. Важливість врахування екологічних аспектів під час виготовлення пакувальної продукції зумовлюється необхідністю мінімізації шкідливого впливу на навколишнє середовище, уникнення використання шкідливих хімічних сполук під час друку і ефективного використання енергетичних та матеріальних ресурсів. Тому необхідне впровадження ефективної системи керування екологічними аспектами на поліграфічних виробництвах, яка сприятиме розв'язанню цілого комплексу проблем екологічного впливу, а також підвищенню конкурентоспроможності виробників пакувальної продукції на українському та міжнародному ринках.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Екологічність цифрових технологій друку досліджували багато авторів, найбільше уваги приділено перевагам цифрового друку порівняно з класичними видами [1–3]. Цифровий друк дає змогу зменшити паперові відходи при отриманні накладу до 10 %, порівняно з традиційним, і використовує менше шкідливих хімікатів [3]. Проте технологічних переваг цифрового друку недостатньо, важливо також переконатися в ефективному використанні електроенергії у виробництві пакувальної продукції. Для цього все освітлення має здійснюватися енергозберігаючими світлодіодними лампами, щоб забезпечити відповідність стандартам цифрового друку [4–6].

Ще один важливий екологічний аспект цифрового друку — необхідність переробляти чорнильні картриджі після використання через суміш пластику, металів та інших небезпечних речовин, які містяться у використаних картриджах. Дослідження показують, що переробляють лише 25 % усієї кількості картриджів, а решта утилізують неналежним чином [7].

Екологічності пакувань присвячено чимало публікацій, зокрема з аналізу екологічних аспектів картонних пакувань [8]. Через те, що цифровий друк порівняно недавно став серйозним гравцем в пакувальному секторі, недостатньо вивчено екологічність виробництва пакувань з його використанням.

Мета статті — визначення й оцінка екологічних аспектів та їх впливів у пакувальному виробництві з використанням цифрового способу друку.

Виклад основного матеріалу дослідження. З метою визначення реального та потенційного впливу діяльності пакувального виробництва на навколишнє середовище необхідно здійснити ідентифікацію екологічних аспектів. Згідно з визначенням у стандарті екологічний аспект — це елемент діяльності підприємства, який може взаємодіяти з навколишнім середовищем. Суттєвий екологічний аспект — це екологічний аспект, який має чи може мати значний вплив на навколишнє середовище [9]. При визначенні екологічних аспектів береться до уваги: зберігання та використання хімічних речовин, використання енергоресурсів, викиди в атмосферу, утворення стічних вод, утворення відходів тощо. Потрібно враховувати екологічні аспекти при нормальному режимі роботи друкарського устаткування, при режимі пуску та зупинки, а також можливі значні впливи, пов'язані з надзвичайними та аварійними ситуаціями.

Визначення суттєвих екологічних аспектів здійснюється на підставі шкали балів за встановленими критеріями, серед яких: масштаб, сила дії аспекту, частота аспекту, серйозність, тривалість, тип, занепокоєність зовнішніх та внутрішніх сторін [10].

Для оцінки екологічних аспектів друку на пакуваннях потрібно вирішити такі задачі:

- аналіз усіх матеріальних і енергетичних «входів», перетворень і «виходів» у межах пакувального виробництва: складання енергетичного і матеріального балансу;
- ідентифікація екологічних аспектів, що стосуються діяльності дільниці цифрового друку пакувань;
- визначення впливів кожного з аспектів на навколишнє середовище;
- оцінка вагомості кожного з аспектів.

Вагомість екологічних аспектів пропонується оцінювати за критеріями: масштаб, сила і тривалість впливу на навколишнє середовище, а також ступінь впливу на працівників та населення. Кожен критерій оцінюється в балах від 0 до 3 (табл. 1). Вагомість кожного екологічного аспекту визначається сумою оцінок в балах: 0–6 балів — несуттєвий екологічний аспект; 7–12 балів — суттєвий екологічний аспект.

За результатами оцінювання визначається необхідність розробки коригуючих та запобіжних заходів для управління екологічними аспектами. Для екологічних

аспектів, які за шкалою рівня значущості за критерієм «сила впливу» набирають 2 або 3 бали, необхідно розробляти коригуючі та запобіжні заходи.

Таблиця 1

Таблиця оцінювання вагомості екологічних аспектів

Критерії Бали	0	1	2	3
Масштаб	–	В межах робочого місця	В межах виробництва	За межами виробництва
Сила впливу на навколишнє середовище	Не викликає змін	Не значні зміни	Значні зміни	Загроза життю
Тривалість	Кілька випадків на рік	Від 1 випадку на місяць	До 1 разу на добу	Постійно
Вплив на працівників та населення	Немає впливу	Вплив на працівників	Вплив/або відкладений на працівників	Значний вплив на працівників і населення

Наприклад, друк паковань на гофрокартоні водорозчинними тонерами матиме незначний вплив на навколишнє середовище (1 бал), який проте здійснюється постійно (3 бали) при незначному впливі на працівників (1 бал) — в сумі 5 балів, що відповідає несуттєвому екологічному аспекту, але при невідповідній утилізації використаних картриджів, що створює відкладений вплив на населення через нагромадження небезпечних відходів на звалищах, матимемо 7 балів — суттєвий екологічний аспект, який потребує коригування.

Відповідно до стандарту ISO 14001 для виявлення вагомих екологічних аспектів можуть використовуватися відомі статистичні методи: аналіз Парето, побудови діаграми Ісікави причин і наслідків, метод експертних оцінок тощо.

Для визначення вагомості екологічних аспектів використано метод аналізу першопричини (RCA) — це структурований підхід, який має на меті виявити справжні причини виникнення екологічних проблеми в результаті впливів пакувальних виробництв на базі цифрового друку. Для ефективного впровадження методу аналізу першопричини використовується діаграма Ісікави як інструмент для систематичного дослідження та розуміння факторів, що сприяють виникненню проблем [11].

Побудовано діаграму Ісікави (рис. 1), на якій наведено різні категорії екологічних аспектів, такі як матеріали (взято до уваги лише основні матеріали — картон і тонер), технологічний процес друкування на ЦДМ із врахуванням точності і якості друку, які впливатимуть на кількість паперових відходів, та енергоефективність процесу закріплення (висушування) тонерів. Також враховано вплив на енергоефективність устаткування і виробничої культури виконавців.

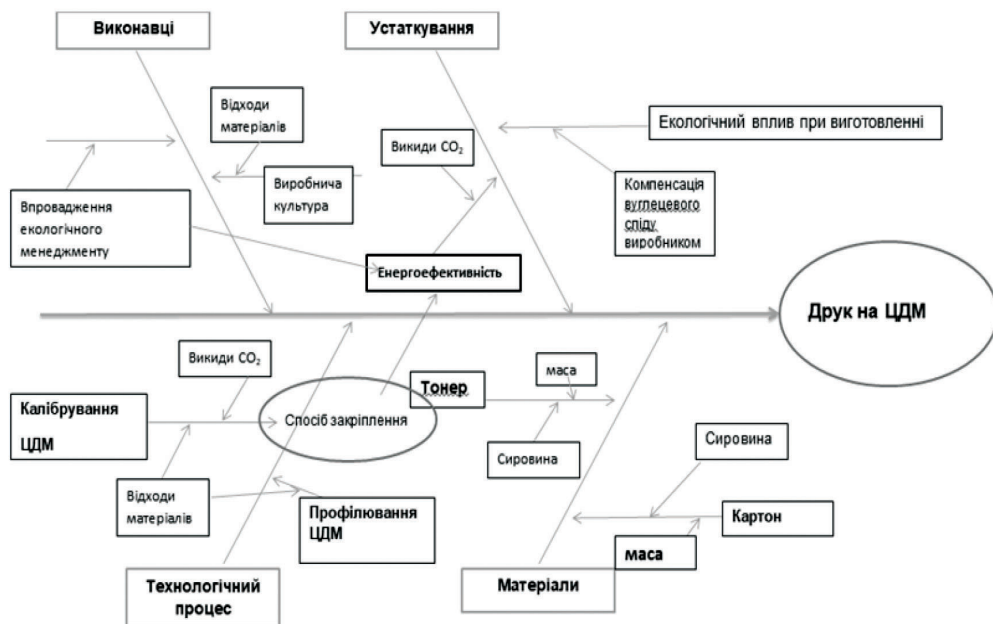


Рис. 1. Діаграма Ісікави екологічних аспектів цифрового друку на картонних пакуваннях

Отже, діаграма Ісікави дає змогу цілісно оцінити різні фактори для виявлення першопричини екологічних впливів, забезпечуючи комплексне уявлення про проблему. Для цифрового друку на пакуваннях ми визначили два основних екологічних аспекти — екологічність та безпечність тонерів, а також енергоефективність друкарського устаткування. Сумарно вплив на вибрані показники дасть найбільше зменшення викидів CO_2 у процесі друку на пакуваннях.

Для визначення екологічних аспектів цифрового друку на пакуваннях вибрано спосіб складання матеріального та енергетичного балансу. Такий баланс відображає розподіл ресурсів між виробничими ділянками: кількість, вид ресурсу, маршрут, кінцеве призначення і дає змогу не тільки виокремити ресурсоємні ділянки/процеси, а й оцінити кількість відходів, облік яких зазвичай не проводиться. Складені баланси надають вихідні дані для розрахунків і обґрунтування ресурсоефективних заходів.

Для складання балансу вибрано параметри, які будуть відстежуватися (за вартістю, доступністю, токсичністю тощо); обмежено масштаб балансу (технологічний процес виготовлення картонних пакувань цифровим способом); визначено етапи технологічного процесу і побудовано схему матеріальних та енергетичних потоків із відображенням їх втрат (рис. 2).

Складання матеріального та енергетичного балансу друкування пакувань на ЦДМ дало змогу оцінити справжній вплив екологічних аспектів і можливі шляхи вдосконалення технології цифрового друку на картоні.

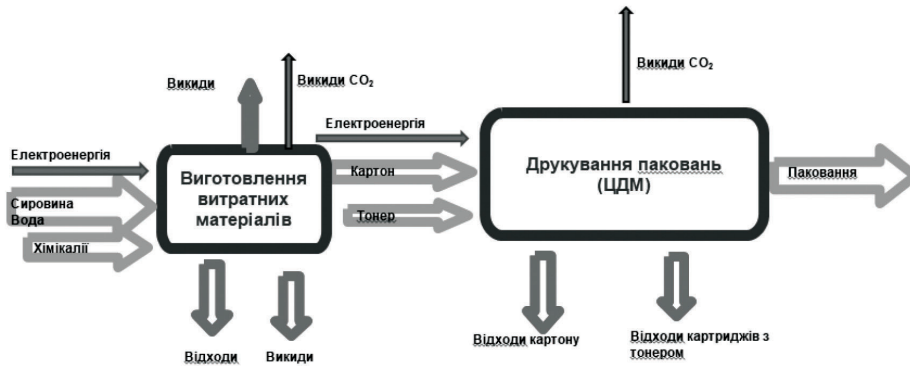


Рис. 2. Матеріальний та енергетичний баланс друкування пакувань на ЦДМ

На основі аналізу побудовано схему матеріальних та енергетичних потоків: для друкування використовуються основні матеріали — картон і тонер, а також електроенергія для живлення друкарського устаткування. У процесі друкування утворюються технологічні відходи (браковані та пробні відбитки). Відсоток технологічних відходів залежатиме від правильності проведення додрукарської підготовки, процесу калібрування та профілювання ЦДМ і ефективності друкарського устаткування, позиціонування зображення тощо, становить до 5 %. Крім цього, у процесі друкування утворюються викиди CO₂ — в результаті спалювання електроенергії і нагрівання устаткування, також можливе утворення викидів шкідливих речовин з використовуваних тонерів.

На основі аналізу оцінки життєвого циклу (LCA) побудовано схему матеріальних та енергетичних потоків: на вході маємо основні матеріали (картон і тонер), а також електроенергію. На виході: технологічні відходи і викиди CO₂ (вуглецевий слід); в енергетичному потоці також можливе утворення викидів шкідливих речовин з використовуваних тонерів.

Таким чином, складання балансу дало змогу оцінити справжній вплив екологічних аспектів і можливі шляхи вдосконалення технології цифрового друку на картонних пакуваннях. Отримані результати досліджень мають практичну цінність для підприємств, які виготовляють картонні пакування з використанням цифрового способу друку і вирішують питання зменшення негативного впливу свого виробництва на навколишнє середовище.

Висновки. Визначено екологічні аспекти цифрового друку на пакуваннях, здійснено їх ранжування відповідно до впливу. Запропоновано оцінювати вагомість екологічних аспектів цифрового друку на картонних пакуваннях за сумою балів за критеріями: масштаб, сила і тривалість впливу на навколишнє середовище. Побудовано діаграму Ісікави екологічних аспектів і впливів цифрового друку на пакуваннях, а також схему матеріальних та енергетичних потоків, відповідно до стандарту ISO 14040. Результати досліджень мають практичну цінність для зменшення негативного впливу на навколишнє середовище пакувальних виробництв з використанням цифрових способів друку.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Deprez L., Beeck W., Wim L., Van Remortel M., Gijbrecchts D. Xeikon Trillium : the Next Generation of High Quality, High Speed and Low Cost Sustainable Digital Printing. URL: https://www.researchgate.net/publication/267984649_Xeikon_Trillium_the_Next_Generation_of_High_Quality_High_Speed_and_Low_Cost_Sustainable_Digital_Printing.
2. Akhtar H., Tahsin G., Tanveer H. Environmentally friendly digital printing on cotton using, synthesized pigmented inkjet inks and comparison of their properties. URL: https://www.researchgate.net/publication/367579252_Environmentally_friendly_digital_printing_on_cotton_using_synthesized_pigmented_inkjet_inks_and_comparison_of_their_properties.
3. Viluksela P., Kariniemi M., Nors M. Environmental performance of digital printing. Literature study. URL: https://www.researchgate.net/publication/44858534_Environmental_performance_of_digital_printing_Literature_study.
4. Measuring energy usage of digital printers. URL: <https://www.fespa.com/en/news-media/features/measuring-energy-usage-of-digital-printers>.
5. ISO 20690:2018 – Graphic technology. Determination of the operating power consumption of digital printing devices. URL: <https://www.iso.org/standard/68836.html>.
6. ISO 21632:2018 – Graphic technology. Determination of the energy consumption of digital printing devices including transitional and related modes. URL: <https://www.iso.org/standard/71294.html>.
7. Unpacking Inkjet Sustainability. URL: <https://inkjetinsight.com/inkjet-knowledge-base/unpacking-sustainability-inkjet/>.
8. Мартинюк М. С., Смолюх Р. А. Аналіз екологічних аспектів картонних паковань за функціональними показниками. Квалілогія книги. 2023. № 2 (44). С. 87–92.
9. ISO 14001 Aspects and Impacts Explained. ISO 14001. URL: <https://www.fqmltd.com/post/iso-14001-aspects-and-impacts-explained>.
10. ISO 14001: Identifying and evaluating environmental aspects. URL: https://www.sccm.nl/sites/default/files/BM18-SCCM_informatieblad_milieuaspecten_ENG_16apr19v2.pdf.
11. Environmental Aspects and Impacts: 5 Methods. URL: <https://www.solutionstrak.com/blog/environmental-aspects-impacts/>.

REFERENCES

1. Deprez, L., Beeck, W., Wim, L., Van Remortel, M., & Gijbrecchts, D. Xeikon Trillium : the Next Generation of High Quality, High Speed and Low Cost Sustainable Digital Printing. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/267984649_Xeikon_Trillium_the_Next_Generation_of_High_Quality_High_Speed_and_Low_Cost_Sustainable_Digital_Printing (in English).
2. Akhtar, H., Tahsin, G., & Tanveer, H. Environmentally friendly digital printing on cotton using, synthesized pigmented inkjet inks and comparison of their properties. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/367579252_Environmentally_friendly_digital_printing_on_cotton_using_synthesized_pigmented_inkjet_inks_and_comparison_of_their_properties (in English).
3. Viluksela, P., Kariniemi, M., & Nors, M. Environmental performance of digital printing. Literature study. Retrieved from https://www.researchgate.net/publication/44858534_Environmental_performance_of_digital_printing_Literature_study (in English).

4. Measuring energy usage of digital printers. Retrieved from <https://www.fespa.com/en/news-media/features/measuring-energy-usage-of-digital-printers> (in English).
5. ISO 20690:2018 – Graphic technology. Determination of the operating power consumption of digital printing devices. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/68836.html> (in English).
6. ISO 21632:2018 – Graphic technology. Determination of the energy consumption of digital printing devices including transitional and related modes. Retrieved from <https://www.iso.org/standard/71294.html> (in English).
7. Unpacking Inkjet Sustainability. Retrieved from <https://inkjetinsight.com/inkjet-knowledge-base/unpacking-sustainability-inkjet/> (in English).
8. Martynyuk, M. S., & Smolyukh, R. A. (2023). Analiz ekologichnykh aspektiv kartonnykh pakovan` za funkcional`nyy pokaznykamy: Kvalilohiia knyhy, 2 (44), 87–92 (in Ukrainian).
9. ISO 14001 Aspects and Impacts Explained. ISO 14001. Retrieved from <https://www.fqmltd.com/post/iso-14001-aspects-and-impacts-explained> (in English).
10. ISO 14001: Identifying and evaluating environmental aspects. Retrieved from https://www.sccm.nl/sites/default/files/BM18-SCCM_informatieblad_milieuaspecten_ENG_16apr19v2.pdf (in English).
11. Environmental Aspects and Impacts: 5 Methods. Retrieved from <https://www.solutionstrak.com/blog/environmental-aspects-impacts/> (in English).

doi: 10.32403/0554-4866-2024-1-87-125-132

DETERMINATION OF ENVIRONMENTAL ASPECTS OF DIGITAL PRINTING ON CARDBOARD PACKAGING

M. S. Martynyuk

*Ukrainian Academy of Printing,
19, Pid Holoskom St., Lviv, 79020, Ukraine
m_mart@meta.ua*

In accordance with European regulations, in order to determine the real and potential impact of packaging production on the environment, it is necessary to determine environmental aspects. Analysis of environmental aspects of digital printing on cardboard packaging takes into account the use of chemicals and energy resources, possible emissions into the atmosphere and waste generation.

To determine important environmental aspects, methods of expert evaluations and construction of a cause and effect diagram are used. Important environmental aspects are taken into account when determining the environmental goals and objectives of the enterprise, developing environmental programs, and a plan of measures for environmental protection.

The compiled balance sheet allows one to assess the true impact of environmental aspects and possible ways to improve the technology of digital printing on cardboard

packaging. The ecological aspects of digital printing on packages are determined, and their ranking is carried out according to the impact. It is proposed to evaluate the importance of environmental aspects of digital printing on cardboard packaging by the sum of points according to the criteria: scale, strength and duration of impact on the environment. An Ishikawa diagram of environmental aspects and impacts of digital printing on packaging is constructed, as well as a diagram of material and energy flows, in accordance with the ISO 14040 standard. For digital printing on packages, two main environmental aspects are identified — environmental friendliness and safety of toners, as well as energy efficiency of printing equipment.

The obtained research results have practical value for companies that manufacture cardboard packaging using a digital printing method and solve the issue of reducing the negative impact of their production on the environment.

Keywords: *ecological aspects, ecology of packaging, cardboard packaging.*

Стаття надійшла до редакції 29.05.2024.

Received 29.05.2024.