

To enhance reliability and resilience, complex technical systems—including chain scraper conveyors—must be designed based on preliminary assessments of structural manufacturability in accordance with the customer's initial conditions. Such tasks are high-dimensional and require the availability of statistical data for each technical object type, which is not always possible, especially for new types and when limited information is available on the life cycle dynamics under specific loads and environmental influences [3].

Studies on such issues propose using logical-probabilistic models to evaluate the interrelationships between system elements. These models allow for the calculation of the reliability parameters of complex technical systems and enable the assessment of individual element contributions to overall system reliability.

References

1. Deka, R., Borthakur, P. P., Baruah, E., Sarmah, P., & Saikia, M. A comprehensive review on mechanical conveyor systems: evolution, types, and applications. *International Journal of Natural and Engineering Sciences*. 2024. Vol. 18, №. 3. P. 164–183.
2. Radha Krishnan, B., Ramesh, M., Giridharan, R., Sanjeevi, R., & Srinivasan, D. Design and analysis of modified idler in drag chain conveyor. *International Journal of Mechanical Engineering and Technology*. 2018. Vol. 9, №. 1. P. 378–387.
3. Zidek, M., Zegzulka, J., Jezerska, L., Hlostá, J., & Necas, J. Optimisation of geometry of the chain conveyor carriers by DEM method. Polish Mineral Engineering Society. 2022. Technical University of Ostrava, Faculty of Mechanical Engineering, Institute of Transportation.

ЦИРКУЛЯРНА ЕКОНОМІКА ЯК ПАРАДИГМА СТАЛОГО РОЗВИТКУ ІНДУСТРІЇ МОДИ

Войченко Єлизавета

здобувач вищої освіти бакалаврського рівня

Лозовенко Світлана

викладач

Кафедра моди та стилю

Київський національний університет технологій і дизайну, Україна

Анотація. У статті проаналізовано кризу існуючої лінійної моделі в сучасній індустрії моди, яка через феномен «швидкої моди» призводить до надмірного споживання, виснаження ресурсів та катастрофічного забруднення довкілля. Метою дослідження є обґрунтування циркулярної економіки як ключової стратегії для переходу індустрії до сталого розвитку. На основі аналізу наукових джерел систематизовано екологічні, економічні та соціальні переваги

циркулярної моделі для підприємств та споживачів. Досліджено практичні стратегії впровадження циркулярних принципів на всіх етапах життєвого циклу продукції. Розглянуто переваги свідомого екодизайну, критерії оптимізації виробництва з точки зору сталої моди, можливості подовження терміну експлуатації продукції та інноваційні методи переробки. Обґрунтовано, що імплементація циркулярної моделі є не просто альтернативою, а фундаментальною вимогою для забезпечення довгострокової конкурентоспроможності та екологічної відповідальності індустрії моди.

Ключові слова: циркулярна економіка, індустрія моди, сталий розвиток, швидка мода, екодизайн, мінімізація відходів.

Введення. Сучасна індустрія моди, що функціонує за лінійною моделлю "виробити-використати-викинути", стикається з серйозними екологічними викликами. Щороку створюються мільярди одиниць одягу, значна частина яких, майже 85%, після нетривалого використання опиняється на звалищах [1]. Це призводить до марнування цінних ресурсів і забруднення навколишнього середовища. Популярність так званої "швидкої моди" ще більше загострює цю проблему, стимулюючи надмірне споживання та скорочуючи тривалість використання продукції [1-8]. Система, що ґрунтується на одноразовому використанні ресурсів, більше не є життєздатною. У відповідь на ці виклики виникла концепція циркулярної економіки як трансформаційна парадигма. Вона пропонує перехід до моделі, де матеріали та продукти залишаються в обігу якомога довше, зберігаючи свою максимальну цінність, а утворення відходів мінімізується ще на етапі дизайну [9-13]. Цей підхід є ключовим для забезпечення екологічної та економічної сталості підприємств індустрії моди.

Мета та задачі дослідження. Метою дослідження є здійснення комплексного аналізу і систематизація основних принципів циркулярної економіки як альтернативи лінійній моделі індустрії моди, а також вивчення шляхів практичного впровадження цих принципів у процеси дизайну та виробництва одягу, обґрунтування ключових стратегій їх впровадження для досягнення екологічної та економічної сталості галузі.

Для досягнення поставленої мети були визначені такі задачі:

1. Проаналізувати недоліки лінійної економічної моделі («виробити-використати-викинути») у контексті сучасної текстильної промисловості.
2. Визначити сутність та основні принципи циркулярної економіки.
3. Систематизувати екологічні, економічні та соціальні переваги від впровадження циркулярної моделі в індустрії моди.
4. Дослідити ключові стратегії реалізації циркулярних принципів на різних етапах життєвого циклу продукції: від екодизайну та виробництва до подовження терміну використання та переробки.
5. Сформулювати висновки щодо ролі циркулярної економіки у забезпеченні сталого майбутнього для галузі.

Результати дослідження і їх обговорення.

Циркулярна економіка – це модель виробництва і споживання, що має на меті мінімізувати витрати первинних ресурсів і скоротити утворення відходів шляхом багаторазового використання, ремонту, відновлення та переробки матеріалів і виробів [1,4-5]. На противагу традиційній лінійній моделі, що ґрунтується на підході «виробити-використати-викинути», циркулярна модель пропонує концепцію замкнених циклів, де ресурси зберігають свою цінність і залишаються в обігу максимально довго [8]. Це системи, які свідомо виключають утворення відходів і забруднень та сприяють відновленню природних екосистем [1].

У легкій промисловості ця концепція знаходить своє практичне втілення у відмові від принципів «швидкої моди» та переорієнтації на створення високоякісних, довговічних матеріалів і виробів. Можливість ремонту, перепродажу та переробки таких товарів дозволяє не лише подовжити їхній життєвий цикл, а й зберегти цінність матеріалів, скоротити залежність від первинних ресурсів та перетворити відходи на корисну сировину, що суттєво знижує вплив на довкілля [9-12].

Впровадження циркулярної моделі економіки на підприємствах індустрії моди має численні переваги в екологічній, економічній та соціальній сферах. З екологічного погляду, такий підхід призводить до значного зменшення відходів, що потрапляють на полігони, оскільки матеріали повертаються у виробничі цикли. Це усуває потребу у виробництві нових вихідних матеріалів, що зумовлює зниження залежності від первинних ресурсів та скорочення викидів парникових газів. Крім того, циркулярні системи базуються на принципах сталого розвитку, приділяючи особливу увагу інтеграції біорозкладних матеріалів, тобто таких, що здатні природно розкладатися під впливом мікроорганізмів без утворення шкідливих залишків. Водночас ці системи спрямовані на повне усунення токсичних хімічних сполук із виробничих процесів, а також на мінімізацію викидів таких речовин у навколишнє середовище. Завдяки цьому досягається суттєве зниження рівня забруднення ґрунтів і водних ресурсів [1,6].

В економічному вимірі спостерігається значне зниження витрат на сировину через залучення перероблених матеріалів [4,9-12]. Також спостерігається розвиток нових бізнес-моделей, зокрема таких, як оренда одягу або його ремонт, що сприяє створенню нових робочих місць у сферах переробки і відновлення. Такий підхід підвищує конкурентоспроможність підприємств і стимулює впровадження інновацій у секторі екологічних технологій [4,9].

У соціальній сфері переваги проявляються через покращення умов праці та якості життя громадян внаслідок зниження екологічного тиску. Вони також знаходять відображення у зростанні поінформованості споживачів щодо екологічних принципів, що веде до формування відповідальної споживчої культури та екологічної свідомості [6].

Реалізація циркулярних принципів починається на етапі проєктування, адже саме тут закладається до 80% майбутнього екологічного впливу продукту [13]. Однією з ключових концепцій на цьому етапі є «дизайн для довговічності», що фокусується на створенні одягу, здатного витримувати багаторазове використання та прання, зберігаючи при цьому свої естетичні та функціональні властивості. Така концепція передбачає ретельний вибір сировини, використання матеріалів високої якості та зносостійкості (наприклад, органічної бавовни, льону, конопель), що забезпечить тривалу експлуатацію готових виробів та повторну переробку. Також важливим аспектом цієї концепції є дотримання класичного дизайну виробів, який залишається актуальним поза швидкоплинними трендами [2,13].

Ще однією важливою проактивною філософією проєктування товарів з позиції циркулярної економіки є «дизайн для деконструкції». Ця концепція передбачає створення виробів, що в подальшому можна буде легко розібрати з метою повторного використання або переробки наприкінці їхнього життєвого циклу [10]. Акцент ставиться на "неруйнівному відновленні" як основному результаті дизайну для деконструкції, на відміну від простої "переробки", що вказує на ієрархію збереження цінності, де пряме повторне використання компонентів є кращим за переробку матеріалів, яка часто передбачає зниження якості або енергоємну переробку.

На підприємствах індустрії моди концепція «дизайн для деконструкції» впроваджується шляхом:

- використання мономатеріалів – матеріалів, які виготовляються з одного виду волокна (100% бавовна або 100% поліефірні волокна);
- уникнення застосування фурнітури, що складно відокремити від виробу;
- чіткого маркування волокнистого складу матеріалів, що значно спрощує процес сортування та переробки.

Сучасний екодизайн повинен поєднувати креативність із передбачуваністю, створюючи модні вироби, розраховані на кілька циклів використання. Основний акцент варто робити на мінімалізмі, що дозволяє значно зменшити обсяг необхідних матеріалів [13].

Виробничий процес відіграє вирішальну роль у формуванні циркулярної системи. Одним із ключових аспектів для його оптимізації є максимальне скорочення обсягів відходів на всіх етапах виробництва відповідно до концепції "нульових відходів" (Zero Waste Production). Для досягнення цієї мети на етапі розкрою матеріалів використовують спеціалізоване програмне забезпечення, за допомогою якого досягають значного зменшення кінцевих залишків та обрізків.

Застосування на виробництві систем замкненого циклу дозволяє ефективно реінтегрувати використані вироби і промислові відходи в обіг, що значно зменшує утворення нового сміття [1,4-5].

Сучасні цифрові технології, що становлять основу Індустрії 4.0, відіграють ключову роль у трансформації виробництва [14]. Зокрема, 3D-моделювання та

цифрові двійники не лише мінімізують потребу у фізичних прототипах та прискорюють етапи проектування, але й, у поєднанні з Інтернетом Речей (IoT), штучним інтелектом (AI) та аналітикою великих даних, забезпечують всебічну оптимізацію виробничих процесів. Це впровадження веде до значного підвищення операційної ефективності, покращення контролю якості в реальному часі, скорочення витрат та впровадження прогнозованого обслуговування. Більше того, ці технології є фундаментальними для переходу до циркулярної економіки, сприяючи оптимізації використання сировини від проектування до кінця терміну служби, виявленню та зменшенню відходів, а також забезпечуючи повну відстежуваність продуктів для їх повторного використання, відновлення та переробки, що значно посилює загальну стійкість та адаптивність виробництва до ринкових змін.

Подовження життєвого циклу продукції є одним із найефективніших способів зниження екологічного впливу виробів індустрії моди на довкілля. Ця стратегія втілюється через різні підходи, зокрема через розвиток послуг із ремонту та обслуговування. Такий підхід заохочує споживачів до відновлення речей замість утилізації. Яскравим прикладом є Repair Cafe – волонтерські ініціативи, які допомагають зменшувати відходи, підвищувати екологічну обізнаність і подовжувати строк служби речей завдяки безкоштовному ремонту в спеціальних "кафе". Ці проєкти сприяють усвідомленню цінності одягу та зниженню його екологічного сліду [15-16].

Дієвими також є моделі оренди та спільного використання одягу, які дозволяють максимально ефективно застосовувати кожну одиницю продукції та знижують необхідність створення нових виробничих потужностей.

Важливими напрямками сталого розвитку є перепродаж вживаних речей (секонд-хенд) та повторне використання вінтажного одягу. Ці підходи дають змогу поповнювати гардероб споживачів без залучення додаткових ресурсів у виробничі процеси, запобігають потраплянню одягу на сміттєзвалища та сприяють уповільненню циклу швидкої моди.

Слід визнати, що без належного правового контролю та відповідальності з боку виробників компанії, які продають вживаний одяг або надають його в оренду, можуть спричиняти нові екологічні та соціально-економічні труднощі. Зокрема, на ринку секонд-хенду лише обмежена частка товарів є достатньо якісною, адже ця дешева продукція рідко проходить процес сортування. Унаслідок надмірного імпорту вживаного одягу країни, що розвиваються, переповнені небажаним товаром, настільки, що деякі з них, зокрема Руанда, Танзанія та Уганда, вже запровадили або розглядають можливість впровадження заборони на імпорт уживаних речей. Соціально-економічна сторона цієї проблеми полягає в тому, що питання надлишкового одягу делегуються країнам з обмеженими ресурсами та інфраструктурою для її вирішення, що нерідко шкодить місцевій легкій промисловості, підриваючи економічну стійкість регіонів [1].

Особливе місце в сталій моделі економіки посідають ресайклінг – використання перероблених матеріалів, та апсайклінг – повторне використання відходів, побічних продуктів, непотрібних або небажаних виробів. Ресайклінг перетворює відпрацьовані матеріали на нові продукти, зберігаючи природні ресурси та зменшуючи обсяги відходів на сміттєзвалищах і викиди парникових газів. Апсайклінг, натомість, підвищує цінність непотрібних предметів, їх естетичну привабливість та практичність, без руйнування матеріалу, мінімізуючи енергоємність обробки та сприяючи економічній стійкості через створення нової цінності [2-3,11-12]. Разом ці практики є незамінними для забезпечення економічного зростання підприємств без надлишкового споживання ресурсів та досягнення системних екологічних, економічних і соціальних переваг.

Висновки. Проведений аналіз доводить, що лінійна модель економіки, яка домінує в індустрії моди, є екологічно та економічно нестійкою. Тоді як перехід до циркулярної економіки є необхідною умовою для сталого розвитку галузі. Впровадження циркулярних принципів забезпечує комплексні переваги. В екологічному аспекті це веде до скорочення відходів, зменшення залежності від первинних ресурсів та зниження рівня забруднення. В економічному – до зниження витрат, стимулювання інновацій та створення нових бізнес-моделей (ремонт, оренда, перепродаж). У соціальному – до формування відповідальної споживчої культури та підвищення якості життя.

Ключовими стратегіями для такої трансформації є:

- Екодизайн, зокрема «дизайн для довговічності» та «дизайн для деконструкції», що закладає основу для подальших циркулярних процесів.
- Оптимізація виробництва через концепції «нульових відходів» та впровадження технологій Індустрії 4.0 для підвищення ефективності та відстежуваності продукції.
- Подовження життєвого циклу продукції через розвиток сервісів ремонту, оренди та ринків вторинного використання.
- Ефективне управління відходами через ресайклінг та апсайклінг, що перетворюють відходи на цінні ресурси.

Попри очевидні переваги, перехід вимагає вирішення таких проблем, як регулювання ринку вживаного одягу, задля уникнення негативних наслідків для країн, що розвиваються. Таким чином, успішна імплементація циркулярної моделі потребує системного підходу, що об'єднує зусилля дизайнерів, виробників, споживачів та регуляторних органів для фундаментальної перебудови всієї системи виробництва індустрії моди та споживання промислових товарів.

Список використаних джерел

1. Ellen MacArthur Foundation. A new textiles economy: Redesigning fashion's future [Електронний ресурс]. Режим доступу: <https://ellenmacarthurfoundation.org/a-new-textiles-economy>
2. The use of crochet knitting in circular design clothing production / Y. Kazhukalo, S. Lozovenko, L. Bilotska // Proceedings of the 2nd International Scientific and Practical Conference "Progressive Research in the Modern World", November 2–4, 2022. Boston, USA BoScience Publisher 2022. Pp. 121–125.
3. Кажукало Я.В., Лозовенко С.Ю. Повернення до тематики швидкої та сталої моди під час вибору об'єкту досліджень // Збірник тез доповідей Міжнародної науково-практичної конференції «Ресурсозберігаючі технології легкої, текстильної і харчової промисловості», 22 листопада 2023 р. Хмельницький ХНУ 2023. С. 116–117.
4. Conceptualizing the circular economy: An analysis of 114 definitions / J. Kirchherr, D. Reike, M. Hekkert // Resources, Conservation & Recycling. 2017. Vol. 127. С. 221–232.
5. Rashmi Anoop Patil, Sven Kevin van Langen, Seeram Ramakrishna. Circularity at Nano Level: A Product/Service Perspective // Circularity Assessment: Macro to Nano. 2023. С. 87–98. https://doi.org/10.1007/978-981-19-9700-6_6
6. What is Slow Fashion [Електронний ресурс] // Good On You. Режим доступу: <https://goodonyou.eco/what-is-slow-fashion/>
7. RUBRYKA. Що таке циркулярна економіка, та як функціонує її технічний цикл: роз'яснення від експерта [Електронний ресурс] // RUBRYKA. Режим доступу: <https://rubryka.com/blog/circular-economy/>
8. Впровадження концепції циркулярної економіки: проблеми та перспективи / Ж. Дерій, Н. Бутенко, Т. Зосименко // Проблеми і перспективи економіки та управління. 2021. № 1(25). С. 54–62. [https://doi.org/10.25140/2411-5215-2021-1\(25\)-54-62](https://doi.org/10.25140/2411-5215-2021-1(25)-54-62)
9. Романюк Є.О., Курушкіна А.В. Сучасний стан та перспективи розвитку повторної переробки та використання текстильної продукції в Україні // Індустрія моди. 2024. № 2. С. 38–46.
10. Formentini G., Ramanujan D. Examining the role and future potential of design for disassembly methods to support circular product design // Proceedings of the Design Society. 2023. Vol. 3. Pp. 1735–1744. <https://doi.org/10.1017/pds.2023.174>
11. Lozovenko S., Bilotska L. PATCHWORK AS A TYPE OF UPCYCLING IN THE CREATIVE WORKS OF STUDENTS // Proceedings of the International Scientific Conference «Interaction Between Science and Technology in Modern Conditions», November 3–4, 2022. Riga, Republic of Latvia 2022. Pp. 87–91. <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-264-7-21>
12. Kazhukalo Y., Lozovenko S. Fusing the Art of Crochet and Knitting for Creating Sustainable Clothing and Eco-Friendly // Proceedings of the V-th International

Symposium «CREATIVITY TECHNOLOGY MARKETING», March 31, 2023.
Chişinău Technical University of Moldova 2023. P. 196–200

13. Гардабхадзе Ірина. Еволюція фешн-дизайну в умовах трансформації екосистеми індустрії моди // Вісник КНУКіМ. Серія: Мистецтвознавство. 2023. 11 с. (дата публікації: 24.06.2023)

14. Millatunnisa S. The 4.0 Industry Technology in Fashion Industries // Proceedings of the 4th International Conference on Innovation in Engineering and Vocational Education (ICIEVE 2021). Atlantis Press Mar. 2022. Pp. 336–340. <https://doi.org/10.2991/assehr.k.220305.068>

15. Tervonen A. Circular business models for social enterprises and recycling centers in northern Finland [Електронний ресурс] // Theseus.fi. 2025. Режим доступу: <https://www.theseus.fi/handle/10024/894346>

16. Koszewska M. Understanding Consumer Behavior in the Sustainable Clothing Market: Model Development and Verification // У кн.: Muthu S. S. (ред.) Green Fashion: Volume 1. Singapore : Springer, 2016. С. 39–59. Режим доступу: https://doi.org/10.1007/978-981-10-0111-6_3

КОНТРОЛЬ ТЕРМІЧНИХ ТА ВІБРАЦІЙНИХ НАВАНТАЖЕНЬ У СУДНОВИХ ПАРОВИХ ТУРБОУСТАНОВКАХ: ДОСВІД, МЕТОДИ, ПЕРСПЕКТИВИ

Сторчак Олександр
аспірант

Кафедра суднових енергетичних установок і технічної експлуатації

Мельник Олексій
д.т.н., професор

Кафедра судноводіння і морської безпеки
Одеський національний морський університет, Україна

Вступ. Забезпечення безперебійної та надійної експлуатації суднових енергетичних установок є пріоритетним завданням в умовах підвищених вимог до технічної безпеки та енергоефективності морських суден. Парові турбоустановки, як складні високотемпературні агрегати, вимагають системного підходу до моніторингу їх теплового і вібраційного стану, особливо у перехідних режимах.

Практика експлуатації суднових турбін свідчить, що більшість відмов і аварій пов'язані із недооцінкою впливу термічних напружень на елементи конструкції: ротор, корпус, шпильки, фланці та лопатки. Особливо критичними є процеси запуску, короткочасної зупинки та прогріву, під час яких виникає