

ДОСЛІДЖЕННЯ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ МЕТАЛУРГІЙНОГО ВИРОБНИЦТВА МЕТОДОМ ОЦІНКИ ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ

Матухно О.В.¹, Шматков Г.Г.², Бєлоконь К.В.³, Сибір А.В.¹

¹Національна металургійна академія України
пр. Гагаріна, 4, 49005, м. Дніпро
helen.matukhno@gmail.com, artem.sybir@gmail.com;

²Придніпровська державна академія будівництва та архітектури
вул. Чернишевського, 24А, 49600, м. Дніпро
shmatkov7@gmail.com;

³Запорізький національний університет
вул. Жуковського, 66, 69600, м. Запоріжжя
kv.belokon@gmail.com

Метою роботи є проведення екологічного аналізу виробництва металургійної продукції, визначення основних екологічних впливів протягом життєвого циклу виробів згідно з ДСТУ ISO 14040:2013. Основою дослідження є оцінка життєвого циклу виробництва металургійної продукції, що охоплює етапи від виробництва чавуну до перетворення металевих виробів у відходи споживання. Набуло подальшого розвитку питання застосування методу оцінки життєвого циклу для оцінювання екологічних показників виробничих процесів. З'ясовано, що метод оцінки життєвого циклу дає змогу розглянути виробництво металургійної продукції як багатофакторну систему. Запропоновано структуру повного виробничого ланцюга системи «виробництво металургійної продукції» та схему життєвого циклу одиничного процесу виробництва металевих прокатів. Виконано інвентаризаційний аналіз та оцінювання впливів – етапи оцінки життєвого циклу. Зроблено аналіз вхідних і вихідних потоків етапу «виробництво» в життєвому циклі металевих прокатів. Інформація, отримана в процесі дослідження оцінки життєвого циклу, може бути використана у процесах екологічного керування та прийняття рішень на металургійних підприємствах. За результатами оцінювання життєвого циклу складено матрицю вибору типових екологічних критеріїв для металургійної продукції, яка дає змогу проаналізувати недоліки наявної системи екологічного менеджменту на виробництві, порівняти альтернативні варіанти використання матеріальних та енергетичних ресурсів. Результати оцінювання життєвого циклу можуть бути застосовані для поліпшення екологічних показників виробництва продукції на різних стадіях, впровадження екомаркування, складання екологічних заяв або розроблення екологічних декларацій щодо продукції. Автори розглядають це дослідження як початок системної роботи з оцінювання екологічної безпеки металургійних процесів і початок розроблення методології оцінювання життєвого циклу металургійної продукції. Важливим питанням є розроблення методики кількісного оцінювання рівня екологічної безпеки або небезпеки виробів за результатами оцінки їхнього повного життєвого циклу. *Ключові слова:* екологічна безпека, металургійне виробництво, оцінка життєвого циклу, вхідні та вихідні потоки, екологічні показники.

Study of the environmental safety of metallurgical production by the life cycle assessment method. Matukhno O., Shmatkov G., Belokon K., Sybir A.

The purpose of the work is an ecological analysis of metallurgical production, determination of the main environmental impacts during the product life cycle according to DSTU ISO 14040: 2013. The basis of the study is to evaluate the life cycle of metallurgical products production from pig iron production to consumption waste. The life cycle assessment method has been applied to assess the environmental performance of production processes. It is determined that the method of life cycle assessment allows considering of the production of metallurgical products as a multifactorial system. The structure of the complete production chain of the metallurgical production system and the scheme of the life cycle of the metal rolling production process are proposed. Inventory analysis and environmental impact assessment were performed. The analysis of incoming and outgoing flows of the stage of “production” in the life cycle of metal rolling. The information obtained should be used in environmental management processes at metallurgical enterprises. According to the results of the life cycle assessment, a matrix of selection of typical ecological criteria for metallurgical products has been drawn up. The matrix allows to analyze the shortcomings of the existing system of environmental management in production and to compare alternative options for the use of material and energy resources. The results of the life cycle assessment should be used to improve environmental performance, eco-labeling and environmental declarations. The authors consider this research as the beginning of systematic work on the environmental safety assessment of metallurgical processes and the beginning of the development of methodology for the life cycle assessment of metallurgical products. An important issue is the development of a methodology for quantifying the level of environmental safety or the danger of products based on the evaluation of their complete life cycle. *Key words:* environmental safety, metallurgical production, life cycle assessment, input and output flows, environmental performance.

Постановка проблеми. Серед напрямів реалізації концепції сталого розвитку особливе місце посідає концепція екологічної безпеки. Екологічна безпека, як відомо, є складником національної безпеки [1]. В Україні питання оцінювання екологічної

безпеки перебуває на стадії розроблення. Нині відсутні офіційно затверджені методики визначення рівнів і показників екологічної безпеки. Оцінювання зазвичай відбувається за допомогою експертних оцінок, критеріально-експертного зважування. Тому

виникає необхідність підвищення екологічної безпеки промислового сектору та визначення негативних впливів, пов'язаних із процесами виробництва, виникає потреба в дослідженнях, що сприяють кращому розумінню цих впливів і їхньої спрямованості.

Актуальність дослідження. Питання оцінювання екологічної безпеки металургійного виробництва є актуальним для України як для країни, яка входить до першої 20-ки країн-виробників металургійної продукції у рейтингу Worldsteel [2].

Зв'язок авторського доробку з важливими науковими та практичними завданнями щодо підвищення екобезпеки металургійних підприємств полягає в постановці питання з розроблення теоретично обґрунтованого методичного інструментарію дослідження виробничих процесів.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Оцінка життєвого циклу (ОЖЦ або LCA – Life-Cycle Assessment) є методом дослідження екологічного керування поряд з оцінюванням ризиків, екологічної ефективності, екологічним аудитом або оцінюванням впливу на довкілля. Згідно з ДСТУ ISO 14040:2013 «оцінку життєвого циклу спрямовано на аспекти довкілля та можливі впливи на довкілля (наприклад, використання ресурсів і екологічні наслідки викидів) протягом усього життєвого циклу продукції від придбання сировини через виробництво, використання, оброблення, перероблення в кінці строку використання до остаточного видалення (тобто «від колиски до могили»)» [3].

Аналіз публікацій із питань застосування ОЖЦ в екологічних дослідженнях показав, що найбільшу увагу приділено застосуванню методу для управління відходами [4; 5]. На думку низки науковців [6–11], оцінка життєвого циклу, яка широко використовується в практиці оцінки впливу на довкілля планованої діяльності в країнах Західної Європи і Америки, може стати основою методології оцінювання рівнів екологічної безпеки виробничих процесів.

При цьому питанню оцінювання життєвого циклу продукції металургійних підприємств надано не досить уваги. Останнім часом підприємства своїми силами або із залученням фахівців з екологічного та енергетичного аудитів, виконують ОЖЦ з метою поліпшення екологічних показників і пошуку шляхів ресурсо- й енергозбереження, зменшення відходоутворення. При цьому у нормативній та науково-технічній літературі не досить систематизована інформація щодо матеріальних та енергетичних вхідних і вихідних потоків, які виникають на всіх стадіях життєвого циклу металургійної продукції. Єдиного методу проведення досліджень ОЖЦ немає. Згідно з ДСТУ ISO 14040:2013 [3], за практичного застосування ОЖЦ організаціям слід проявляти гнучкість, зумовлену особливостями виробництва і вимогами користувачів. Тому є необхідність розроблення методологічних основ ОЖЦ продукції металургійного виробництва.

Новизна. Виконано аналіз вхідних і вихідних потоків етапу «виробництво» в життєвому циклі металевого прокату. Набуло подальшого розвитку питання застосування методу ОЖЦ для оцінювання екологічних показників виробничих процесів.

Методологічне або загальнонаукове значення. Результати екологічного оцінювання продуктів металургійного виробництва за допомогою ОЖЦ можуть бути застосовані під час розроблення заходів для забезпечення сталого розвитку металургійних підприємств, для розроблення заходів з екологічного керування на виробництві та для підтримки конкурентоспроможності продукції підприємств на світовому ринку.

Виклад основного матеріалу. Мета статті – дослідження життєвого циклу продукції металургійного підприємства на етапі «виробництво». Методи досліджень: аналіз, синтез, узагальнення, метод експертних оцінок, метод ОЖЦ. Об'єктом дослідження є екологічна безпека металургійного виробництва. Предмет дослідження – метод оцінки життєвого циклу як інструмент екологічного аналізу.

Метод оцінки життєвого циклу полягає у якісній і кількісній оцінках потоків матеріалів і енергії під час здійснення виробничої діяльності та в оцінюванні потенційного впливу цих потоків на навколишнє середовище. Практична мета оцінки життєвого впливу – підвищити екологічну безпеку виробничих процесів та оцінити можливості з мінімізації несприятливих впливів на довкілля.

Життєвий цикл будь-якої продукції складається з низки етапів, на кожному з яких споживаються матеріальні та енергетичні ресурси і утворюються відходи, що несуть небезпеку для довкілля та здоров'я людини.

Оскільки головний принцип ОЖЦ – «від колиски до могили», то аналізу під час досліджень має підпадати увесь ланцюг – від видобутку сировини та виробництва готової продукції до її вжитку та остаточної утилізації. На рисунку 1 наведено виробничий ланцюг для виробів металургійних підприємств.

Як було зазначено вище, в Україні найбільша увага надається останньому етапу життєвого циклу продукції – утилізації. Автори мають на меті розглянути і проаналізувати екологічну безпеку другої стадії життєвого циклу – виробництва. Розглянемо матеріальні потоки технологічного процесу виробництва металургійної продукції (рис. 2).

Як визначено в стандарті ДСТУ ISO 14040:2013, вибір вхідних та вихідних потоків, моделювання системи мають узгоджуватися з метою дослідження, а система повинна бути змодельована так, щоб вхідні та вихідні потоки в її межах були елементарними [3]. Тому деталізуємо останній етап рисунку 2 – виробництво металевого прокату (рис. 3) [12].

Аналіз життєвого циклу дає змогу провести оцінювання вхідних і вихідних матеріально-енергетичних потоків кожної ланки виробничого ланцюга.

Результати аналізу нададуть можливість керувати потоками з метою підвищення екологічної безпеки та зменшення негативного впливу на довкілля.

Авторами роботи під час виконання оцінювання відповідності продукції металургійного комбінату «Х» екологічним вимогам під час оцінювання жит-

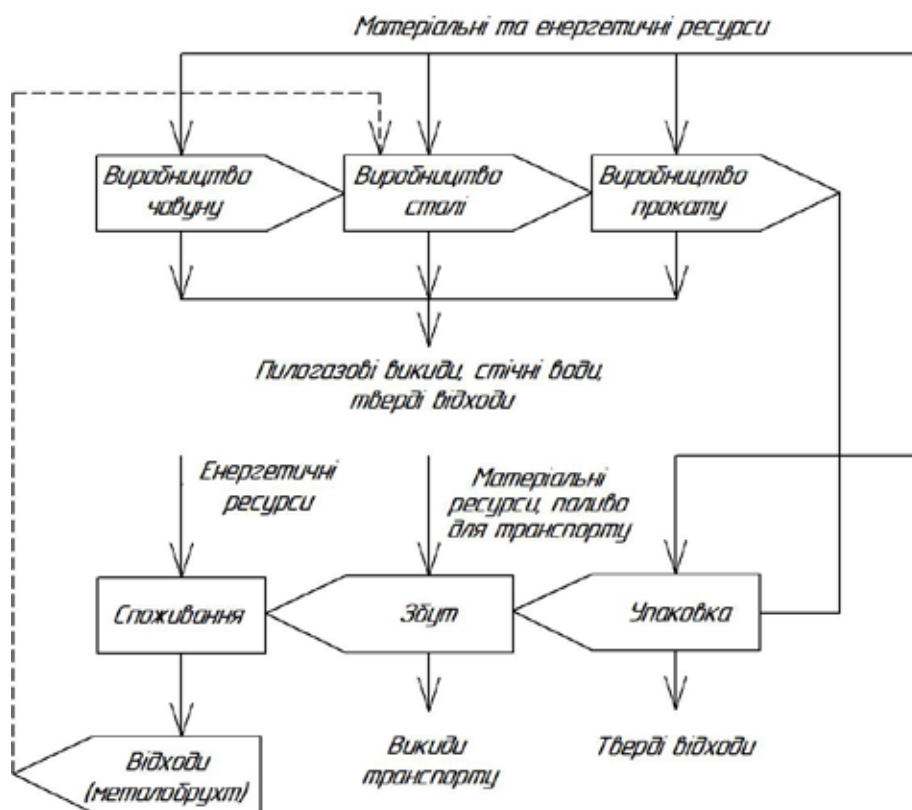


Рис. 1. Виробничий ланцюг металургійної продукції

Таблиця 1
Матриця вибору типових екокритеріїв для металургійної продукції (довгомірний прокат) (за ДСТУ ISO 14024:2018 [13])

Стадії життєвого циклу	Екопоказники входів/виходів						
	Енергія		Ресурси		Скиди / викиди / відходи		
	відновл.	невідновл.	відновл.	невідновл.	вода ²	повітря ³	грунти ⁴
Видобуток та збагачення руди	-	+	-	+	+	+	+
Виробництво агломерату	-	+	-	+	+	*	+
Виробництво коксу	-	+	-	+	+	*	+
Виробництво вапна	+ ¹	+	-	+	+	*	+
Виробництво чавуну	-	+	-	+	+	*	+
Виробництво сталі	-	+	-	+	+	*	+
Виробництво довгомірного прокату	-	+	-	+	+	*	+

Примітки: ¹ – на підприємстві застосовуються альтернативні джерела енергії, а саме – спалювання пелет із насіння соняшника під час виробництва вапна; ² – на підприємстві застосовується замкнутий водозворотний цикл. Кількість скидних вод перебуває у межах затверджених нормативних показників; ³ – викиди в повітря є у межах, затверджених існуючими державними нормативами. Вловлені під час очистки викидів пил і газу застосовуються у виробничому процесі; ⁴ – усі види відходів, що утворюються на виробництві, використовуються як вторинна сировина або передаються на подальшу утилізацію спеціальним установам. * – підвищене теплове навантаження.

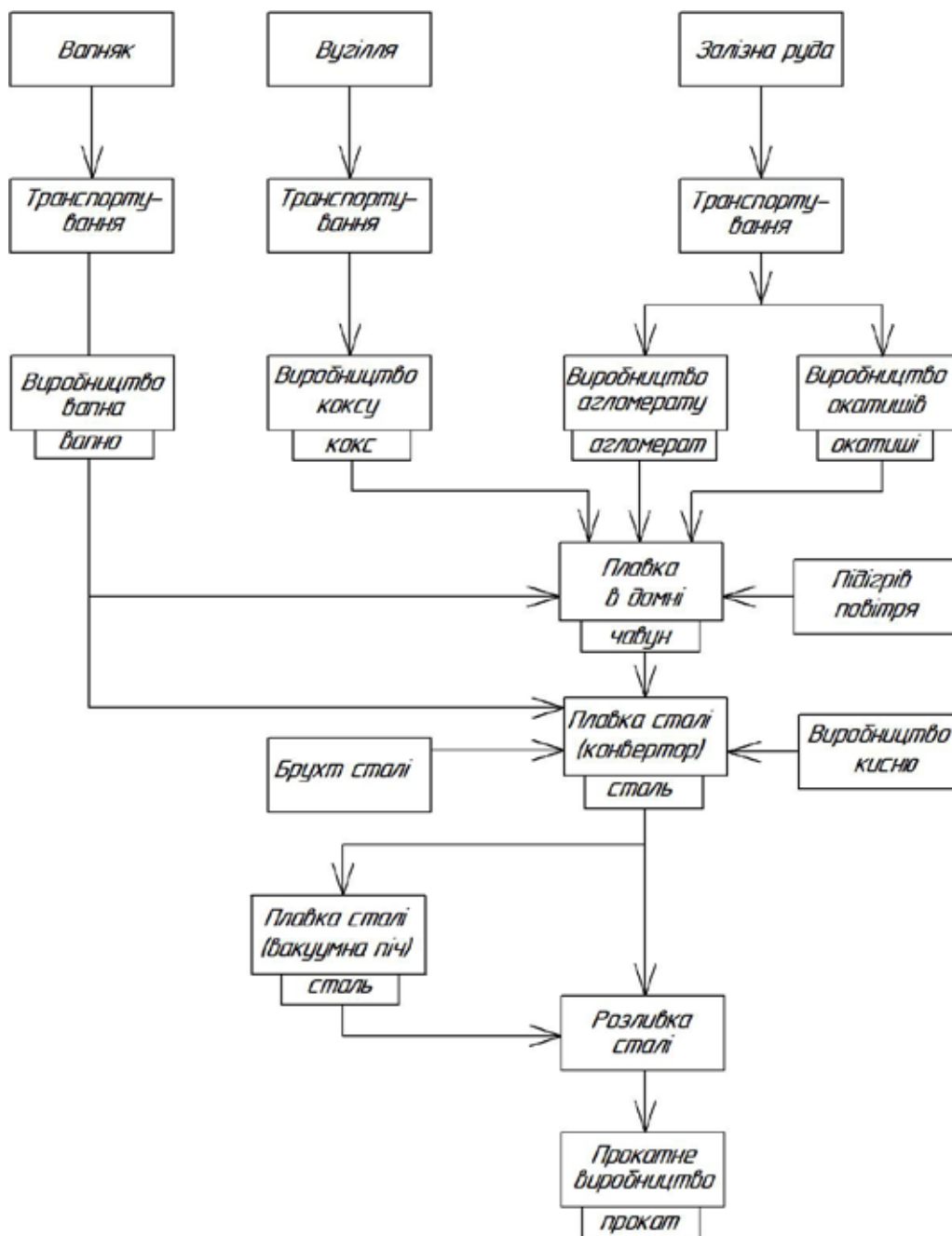


Рис. 2. Матеріальні потоки та процеси виробництва металургійної продукції

тевого циклу розроблено матрицю вибору типових екологічних критеріїв. У нижченаведеній таблиці 1 запропоновано приклад заповнення матриці для оцінювання життєвого циклу виробництва довгомір-ного прокату комбінату «Х» (таблиця 1).

З наведених даних (таблиця 1) видно, що металургійний комбінат «Х» майже не використовує відновлювальні джерела енергії, а виробництво є дуже ресурсоемним. Особливості основних технологічних процесів у металургії на теперішній час унеможливають використання відновлювальних ресурсів, за винятком рекупераційних теплових процесів. Екологічні показники впливу комбінату «Х» на атмосферне повітря, поверхневі

води та ґрунти відповідають чинним нормативним вимогам, але можуть бути покращені, наприклад, шляхом зниження теплового навантаження на навколишнє середовище за допомогою сучасних технологій утилізації теплової енергії, що виділяється під час виробництва.

Окремо треба зауважити відсутність нормативних обмежень щодо температурного впливу металургійних (та інших) виробництв на навколишнє середовище.

Результати теплового забруднення біосфери стають усе наочнішими і виражаються в зміні клімату. Металургійні процеси вносять вагомий вклад у порушення теплового балансу екосистем завдяки

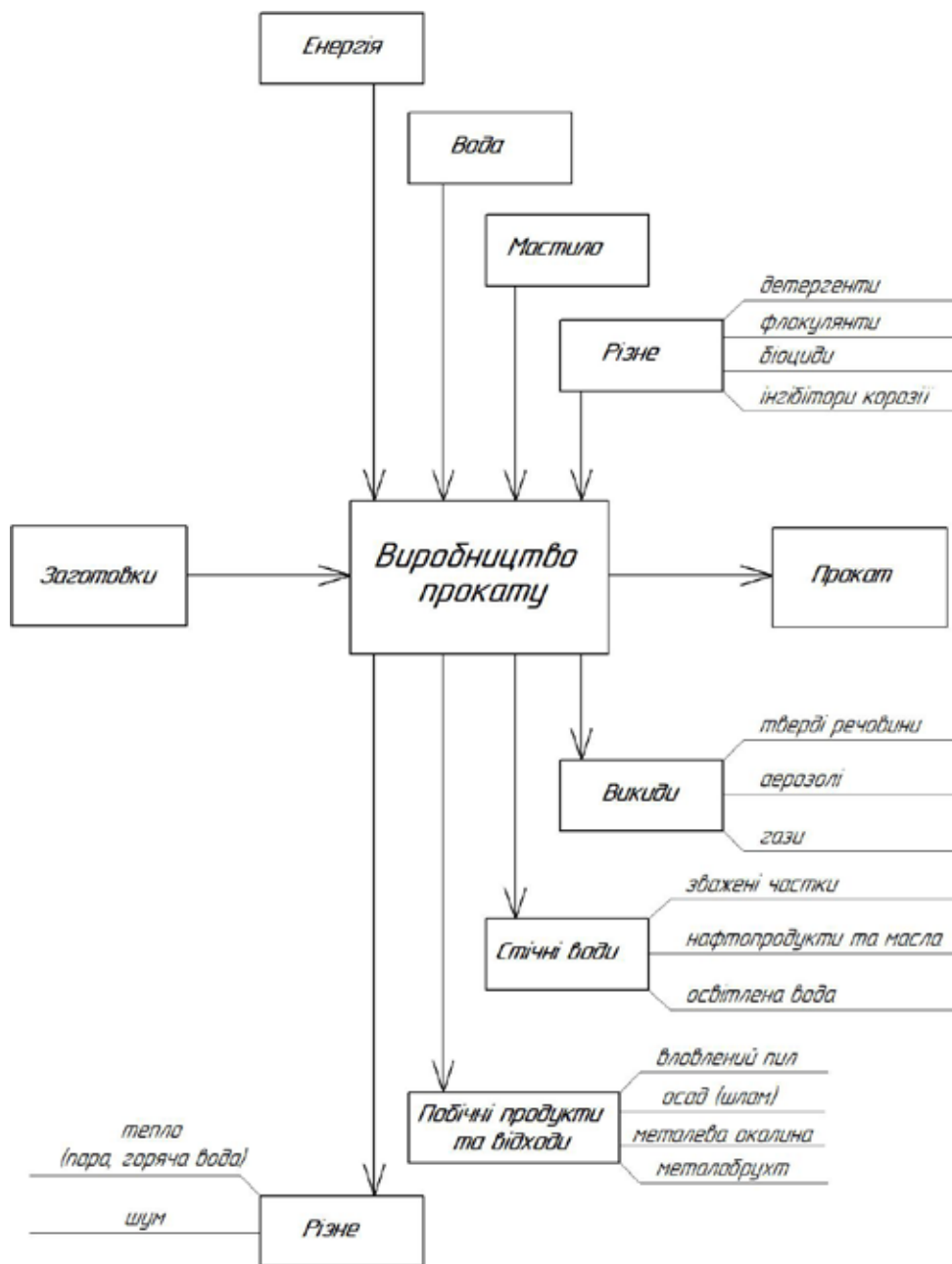


Рис. 3. Схема одиничного процесу виробництва металевого прокату

тепловим втратам, а питання якнайповнішого використання тепла, яке виділяється у металургійних процесах, стає все більш актуальним з еколого-економічного погляду. Отже, настав час формування нормативних вимог щодо обмеження теплових викидів різних виробництв, зокрема металургійних.

Отже, запропонована матриця дає змогу:

- проаналізувати недоліки наявної системи екологічного менеджменту на виробництві;
- порівняти альтернативні варіанти використання матеріальних та енергетичних ресурсів.

Результати оцінювання життєвого циклу можуть бути застосовані для поліпшення екологічних показників виробництва продукції на різних стадіях виробництва.

Висновки. На базі ДСТУ ISO 14040:2013 розроблено схему життєвого циклу металургійної продукції та схему одиничного процесу виробництва металевого прокату.

З’ясовано, що метод ОЖЦ дає можливість розглянути виробництво металургійної продукції як багатofакторну систему та визначити напрями роботи для поліпшення екологічних показників виробництва.

На базі ДСТУ ISO 14024:2018 розроблено матрицю вибору типових екологічних критеріїв для металургійної продукції. Запропоновано приклад заповнення матриці та аналіз результатів оцінювання.

У подальшій роботі слід розробити методіку кількісного оцінювання рівня екологічної безпеки або небезпеки виробів за результатами ОЖЦ.

Література

1. Про Стратегію національної безпеки України : Указ Президента України від 26 травня 2015 р. № 287/2015. URL: <http://zakon.rada.gov.ua/laws/show/287/2015> (дата звернення: 21.04.2020).
2. World Steel Association : вебсайт. URL: <https://www.worldsteel.org> (дата звернення: 21.04.2020).
3. ДСТУ ISO 14040:2013 Екологічне управління. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура (ISO14040:2006). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page?id_doc=70997 (дата звернення: 21.04.2020).
4. Фролов С.М., Білопільська О.О. Перспективи використання методу оцінки життєвого циклу в системі управлінні відходами в Україні. *Ефективна економіка*. 2013. № 2. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=179> (дата звернення 21.04.2020).
5. Маковецька Ю.М. Оцінювання життєвого циклу продукції як інструмент впливу на мінімізацію відходів. *Ефективна економіка*. 2012. № 11. URL: <http://www.economy.nayka.com.ua/?op=1&z=1529> (дата звернення: 21.04.2020).
6. Яцишин Т.М. Оцінка життєвого циклу як інструмент екоефективності нафтогазовидобувних об'єктів. *Розвідка та розробка нафтогазових і газових родовищ*. 2019. № 3 (72). С. 83–92.
7. Стремберг Л.М. Информационная технология анализа жизненного цикла и оценки экологической безопасности строительных объектов : автореф. дисс. ... канд. техн. наук : 11.00.11 «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов». Москва : МГСУ, 2000. 173 с.
8. Берзіна С.В., Яреськовська І.І. та ін. Системи екологічного управління: сучасні тенденції та міжнародні стандарти : посібник. Київ : Інститут екологічного управління та збалансованого природокористування, 2017. 134 с.
9. Ярема В.І., Лендел О.Д., Мишко К.І. Використання інструментів екологічного маркетингу в реалізації концепції сталого розвитку регіону. *Маркетинг і менеджмент інновацій*. 2011. № 4. Т. 1. С. 222–232.
10. Pietro A. Renzulli, Bruno Notarnicola, Giuseppe Tassielli, Gabriella Arcese and Rosa Di Capua. *Life Cycle Assessment of Steel Produced in an Italian Integrated Steel Mill. Sustainability*. 2016. № 8 (719). URL: <https://www.mdpi.com/journal/sustainability>. DOI:10.3390/su8080719 (дата звернення: 21.04.2020).
11. Vishal Y. Bhise, Ajay Kashikar. Life Cycle Assesment in a Cold Rolling Mill Manufacturing Industry in India – A Review. *International Journal of Modern Engineering Research (IJMER)*. 2014. Vol. 4. P. 24–29. URL: <https://www.slideshare.net/IJMER/ijmer-41022429> (дата звернення: 21.04.2020).
12. Best Available Techniques (BAT) Reference Document for the Ferrous Metals Processing Industry. DRAFT 1 (March 2019). URL: https://eippcb.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2019-11/FMP_D1_web.pdf (дата звернення: 21.04.2020).
13. ДСТУ ISO 14024:2018 Екологічні маркування та декларації. Екологічне маркування типу І. Принципи та процедури (ISO 14024:2018, IDT). URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=80757 (дата звернення: 21.04.2020).