

УДК 004.514+004.031.4:504

**ПРОГРАМНИЙ ЗАСІБ ПІДТРИМУВАННЯ ПРИЙНЯТТЯ ОПТИМАЛЬНИХ ЕКОЛОГО-ЕКОНОМІЧНИХ РІШЕНЬ У ПРОМИСЛОВОСТІ**

Минько О.В., Журавчак Р.Є., Медведєв Р.Б., Джигирей І.М.

**ПРОГРАМНОЕ СРЕДСТВО ПОДДЕРЖКИ ПРИНЯТИЯ ОПТИМАЛЬНЫХ ЭКОЛОГО-ЭКОНОМИЧЕСКИХ РЕШЕНИЙ В ПРОМЫШЛЕННОСТИ**

Минько А.В., Журавчак Р.Е., Медведев Р.Б., Джигирей И.Н.

**A SUPPORT TOOL FOR OPTIMAL ENVIRONMENTAL-ECONOMIC DECISION MAKING IN INDUSTRY**

Mynko O., Zhuravchak R., Medvedev R., Dzhyhyrey I.

Національний технічний університет України «КП»,  
Київ, Україна,  
[oleksiimynko@gmail.com](mailto:oleksiimynko@gmail.com)

*Дослідження спрямовано на розроблення програмного рішення підтримування еколого-економічного оцінювання проектів модернізації промислових об'єктів і процесів. Запропоновано програмний засіб для проведення попереднього та порівняльного аналізу впливу на довкілля та рентабельності капіталовкладень у проекти чистішого виробництва, створений на основі використання методів оцінювання життєвого циклу.*

**Ключові слова:** еколого-економічна оцінка, індикатор, життєвий цикл, підтримування рішень, програмний засіб, промисловий об'єкт

*Исследование направлено на разработку программного решения поддержки эколого-экономической оценки проектов модернизации промышленных объектов и процессов. Предложено программное средство для проведения предварительного и сравнительного анализа воздействия на окружающую среду и рентабельности капиталовложений в проекты чистого производства, созданное на базе методов оценки жизненного цикла.*

**Ключевые слова:** индикатор, жизненный цикл, поддержка решений, программное средство, промышленный объект, эколого-экономическая оценка

*The research is aimed to develop a software for supporting environmental-economic assessment of modernization projects of industrial objects and processes. A software tool created on the basis of the lifecycle assessment methods is proposed for preliminary and comparative analysis of the environmental impact and profitability in cleaner production projects.*

**Keywords:** decision support, environmental-economic assessment, indicator, industrial object, life cycle, software tool

**Вступ**

В умовах значного навантаження на навколишнє природне середовище і здоров'я людини та швидких темпів вичерпування природних ресурсів з однієї сторони, а також прагнення промисловців забезпечувати споживача якісною і водночас конкурентоспроможною продукцією з другої, постає необхідність у впровадженні більш чистих, маловідходних технологій, оптимізуванні виробничих

процесів, процесів пакування, транспортування, перероблення вторинної сировини. Така діяльність спонукає до зниження рівня навантаження на довкілля і супроводжується позитивним економічним ефектом за рахунок економії матеріальних та енергетичних ресурсів, нижчих еко-податків за забруднення і плати за утилізування відходів. Заходи, спрямовані на досягнення ресурсоефективного і більш чистого виробництва потребують інвестицій у сучасніше технологічне обладнання, засоби транспортування і додаткові споруди. Тому рішення щодо заходів екологізування виробництва повинні бути обґрунтовані як з точки зору екологічного, так і економічного ефектів.

Оцінювання життєвого циклу (ОЖЦ) дає змогу отримати кількісну оцінку навантаження на навколишнє середовище, яким супроводжується життєвий цикл системи продукту, починаючи від видобутку сировини та енергоресурсів, протягом виробництва і транспортування, завершуючи стадією його утилізації [1]. Результати ОЖЦ може бути використано з метою ідентифікації найшкідливіших для навколишнього середовища стадій (процесів або їх категорій) виробництва; підтримування прийняття рішень, пов'язаних з розробленням або удосконаленням продукту чи раціоналізацією його виробництва; маркетингу, зокрема екологічного маркування [2].

### **Характеристики програмного засобу**

Прийняття рішення щодо вибору та впровадження інженерної опції з раціоналізації та покращення екологічних показників виробничої системи потребує врахування багатьох факторів. Вирішення таких задач вимагає значних витрат часу та спеціальної кваліфікації. З метою зменшення підтримування експертів у сфері чистішого виробництва, інженерів та технологів на виробництві запропоновано програмне забезпечення, розроблене на мові програмування Java, яке дає змогу здійснювати попереднє ОЖЦ за трьома комплексними показниками, отримуваними на основі методів ILCD Midpoint+ [3], RECiPE [4] та визначення потенціалу глобального потепління [5]. Вихідними даними для аналізу слугують записи бази данихecoinvent версії 2.2 [6], яка наразі розповсюджується безкоштовно. Оброблені для застосування у додатку записи розміщено у вигляді реляційної бази даних на віддаленому сервері з СУБД MySQL. Таке рішення дає змогу розширювати базу даних без оновлення клієнтського додатку.

Основну увагу під час розроблення додатку було приділено реалізації порівняння можливих інженерних рішень з вдосконалення виробничого процесу між собою та з діючим процесом. Окрім екологічних індикаторів, додаток дає змогу проводити розрахунки економічних показників для аналізованих інженерних рішень, зокрема, поточної вартості, періоду окупності, коефективності та деяких інших. Взаємодія користувача з програмним засобом охоплює такі дії та результати: користувач обирає матеріальні та енергетичні потоки для поточного та запропонованих інженерних рішень, вказує показник, за яким слід проводити ОЖЦ та, за необхідності, економічний параметр для подальших розрахунків, вводить обсяги та вартість кожного з матеріальних потоків та запускає розрахунок; дані інвентаризації життєвого циклу, що відповідають обраним матеріальним потокам, завантажуються з сервера та визначається оцінка екологічного впливу на навколишнє природне середовище та здоров'я людини кожного з обраних варіантів; проводиться розрахунок обраного користувачем економічного показника; результати обчислень буде візуалізовано у вигляді діаграм та користувачеві надається звіт.

**Практичне використання розробки**

Наразі в Україні все більше розповсюджуються технології, що використовують біопаливо. У цій роботі розглянуто екологічні ризики та впливи на довкілля від використання твердого біопалива в обертальних печах, які широко використовуються у керамічній та цегловій промисловості. Оцінювана технологія полягає у встановленні додаткового пальника, що працює на подрібненому (пил) біопаливі одночасно з газовим. В якості біопалива можуть виступати: деревина, відходи жиролійної промисловості (лушпиння соняшнику) та інші горючі тверді речовини біологічного походження. Горючий пил під тиском нагнітається у камеру згоряння, що дає змогу використовувати тверде паливо так само, як і природній газ. За результатами опитування експертів було прийнято рішення оцінити можливість заміни 30, 50 та 70 відсотків природного газу біопаливом. Дослідження матеріального та енергетичного балансів печі показало, що лише частину матеріальних та енергетичних потоків доцільно включати до розрахунку (табл. 1).

*Таблиця 1*

Матеріальні та енергетичні потоки оцінюваного об'єкту

Складова життєвого циклу	Одиниці вимірювання	Частка заміщення природного газу		
		30%	50%	70%
Використання електроенергії	кВт·год	46,2	65,8	65,8
Теплота (від спаленням газу)	МДж	48485	34632	20776
Теплота (від спаленням біопалива)	МДж	20779	34632	48488
Перевезення	т·км	158	264	369

Оцінювання життєвого циклу проводилось за допомогою показника ReCiPe, який узагальнює екологічний вплив на довкілля виробничого об'єкту у вигляді єдиного агрегованого показника. Результат отримано у еко-балах, що дає змогу порівнювати інженерні рішення між собою (рис. 1). Результати розрахунків показують, що використання біопалива крім економічного ефекту також дає змогу зменшити шкоду завдану навколишньому середовищу.

**Висновки**

Упровадження ефективних інструментів для проведення оцінювання життєвого циклу, визначення рентабельності та узагальнюючого показника – екоефективності вирішує актуальну проблему, що постає під час реалізування концепції сталого виробництва на практиці. У цій роботі представлено застосування програмного інструменту PEER для проведення попереднього еко-економічного позиціонування, методи, що лежать в його основі та аспекти користувацької взаємодії з ним. За допомогою цього програмного засобу може здійснюватися кількісний розрахунок впливу на навколишнє середовище як від процесів на виробничому об'єкті, так і поза ним (протягом життєвого циклу продукту), а також економічної доцільності. Результатом є визначення комплексного показника, що поєднує екологічний та економічний фактори – екоефективності. Прийняття рішень, обґрунтованих з точки

зору екологічних та економічних показників, є необхідністю у контексті впровадження концепції сталого виробництва.

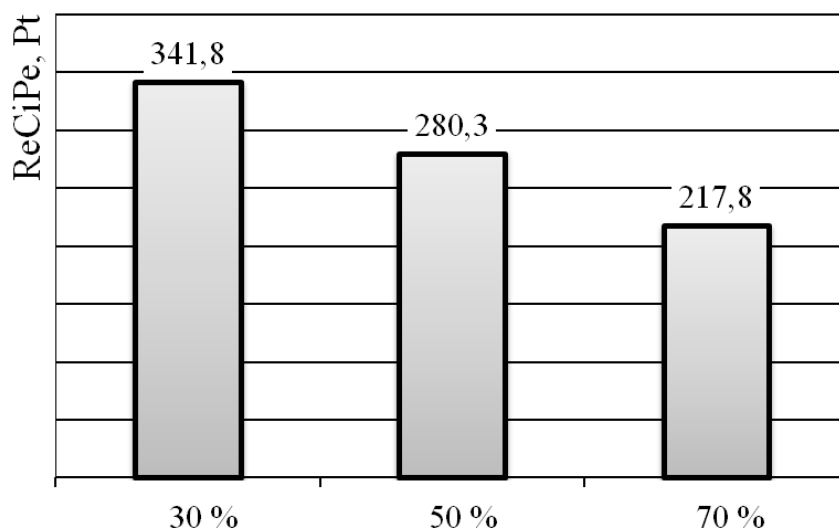


Рис. 1. Результат оцінювання варіантів заміщення природного газу пальника

### Література

1. *Оцінювання життєвого циклу*. Вимоги та настанови (ISO 14044:2006, IDT) [Текст]. - Чинний від 2014-07-01. - Київ : Мінекономрозвитку України, 2014. - V, 37 с. - (Екологічне управління) (Національний стандарт України).
2. *Екологічні маркування та декларації*. Загальні принципи (ISO 14020:2000, IDT) [Текст] / пер. і наук.-техн. ред. В. Горопацький [та ін.]. - Офіц. вид. - Чинний від 01.07.2004. - К.: Держспоживстандарт України, 2004. - IV, 6 с. - (Національний стандарт України).
3. *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context* [Text] / European Commission – Joint Research Centre. – Luxemburg: Publications Office of the European Union, 2011.
4. *Goedkoop, M.J. ReCiPe 2008*. A life cycle impact assessment method which comprises harmonised category indicators at the midpoint and the endpoint level. First edition. Report I: Characterisation [Electron. resource] / M.J. Goedkoop, R. Heijungs, M. Huijbregts, et al. – Access link: <http://www.lcia-recipe.net>
5. *Kagi, T. Midpoint, endpoint or single score for decision-making?* [Text] / T. Kagi, F. Dinkel, R. Frischknecht, et al. // *The International Journal of Life Cycle Assessment*, Conference session report: SETAC Europe 25<sup>th</sup> Annual Meeting. – 2016. – Vol. 21. – Iss. 1. - pp 129-132.
6. *Hischier, R. Implementation of Life Cycle Impact Assessment Methods*. ecoinvent report No. 3, v2.2 [Text] / R. Hischier, B. Weidema, H.-J. Althaus, et al.; Swiss centre for Life Cycle Inventories. – Dübendorf, 2010.