

**Н.М. САМОЙЛЕНКО**, канд. техн. наук,  
**В.І. АВЕРЧЕНКО**, канд. техн. наук,  
**Д.Є. САМОЙЛЕНКО**, НТУ “ХП”

## **ВИБІР ЕКОЛОГІЧНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ДЛЯ ОБЛАДНАННЯ ПО ЗБАГАЧЕННЮ МІНЕРАЛЬНОЇ СИРОВИНИ**

Показана актуальність визначення екологічності конструкції при проектуванні обладнання для збагачення мінеральної сировини. Розроблені показники інтегрального критерію визначення її екологічності з застосуванням бального методу оцінки. Наведений приклад використання даного критерію та запропонований напрямок його удосконалення.

The urgency of definition design's ecological compatibility at designing the equipment for enrichment of mineral raw material is shown . Parameters of integrated criterion of definition design's ecological compatibility are developed. Parameters are define with application of a mark method. The example of used criterion and the offered direction of its (criterion) improvement is shown.

По різноманіттю та багатству своєї мінерально-сировинної бази Україна має кращі показники, ніж багато зарубіжних країн. Так, по окремим видам корисних копалин вона випереджає США, Канаду, Бразилію, Китай та провідні країни Європи. На її території розвідано більш, ніж 90 типів корисних копалин, з яких більше 30 мають особливо важливе економічне значення.

Практично усі галузі народного господарства країни забезпечені вітчизняною сировиною основного призначення та, крім того, в рамках обміну з іншими державами з України вивозяться уран, залізна, марганцева і титанова руди, а також графіт, каолін, бентонітові та вогнестійкі глини, кам'яну сіль, високоякісну флюсову сировину, піски для скляної промисловості і інші корисні копалини. Для підвищення конкурентоспроможності на світовому ринку та ефективного використання в технологічних процесах одержання кінцевого продукту з копалин природна сировина на підприємствах України підлягає збагаченню. Але в останній час у даному напрямку з'явилися складні проблеми , що пов'язані з використанням старих технологій, недосконалого обладнання та інших технічних засобів, які потерпають швидкий знос і виходять з експлуатації . У короткий термін майже до 50 % таких фондів переходять в металевий брухт. В зв'язку з цим виникають і інші проблеми, які стосуються ресурсозбереження та охорони довкілля від забруднення. Майже

у всіх випадках інвестувати мінерально-сировинний комплекс досить вигідно і у теперішній час відзначається активізація цього процесу. Останнє спонукає до розробки та впровадження нових технологій, обладнання, оснастки та ін.

Звичайно, при проектуванні конструктор намагається забезпечити найвищі показники надійності, ресурсу роботи, високого коефіцієнту використання обладнання. В значній мірі це визначається тим, що застосовуються цінні, не рідко мало екологічні конструкційні матеріали, що робить таке обладнання високим за ціною, але економічно вигідним при експлуатації. Такого принципу додержуються навіть деякі світові лідери по випуску машин і механізмів. Проте нехтувати проблемами охорони довкілля у теперішній час недопустимо. Так, в матеріалах оцінки впливу на навколишнє середовище [ 3 ] в розділі заходів по забезпеченню нормативного стану довкілля та екологічної безпеки наводиться перелік та коротка характеристика технологічних рішень у цьому напрямку. Вони стосуються ресурсозбереження, вторинного використання відходів, очистки. Як відомо, ці матеріали розробляються перед проведенням державної екологічної експертизи, при здійсненні якої також розглядаються дані напрямки зменшення антропогенного впливу. Подальший розвиток розглянутого стосується положень екологічного аудиту. Зрозуміло, що перелічені заходи закріплені законодавчо [1 – 3]. Крім того, тенденція застосування адміністративно-регулюючих та адміністративно-контрольних методів охорони довкілля у теперішній час вказує на подальше жорстке виконання вимог охорони навколишнього середовища та впровадження нових нормативно-законодавчих документів, які в тому числі будуть стосуватись сфери проектування. Таким чином, проектування обладнання з урахуванням принципів охорони довкілля є актуальною задачею і потребує теоретично обґрунтованих та відповідно практично реалізуємих критеріїв екологічності.

Класичний підхід до вибору конструкційних матеріалів включає:

- забезпечення необхідних механічних, фізичних, хімічних, магнітних та електромагнітних властивостей;
- високу корозійну та абразивно-ерозійну стійкість;
- довгостроковий термін експлуатації;
- низьку собівартість.

Враховуючи екологічний аспект до зазначеного слід додати такі характеристики:

- вплив матеріалів конструкції на довкілля у процесі експлуатації, їх утилізація або поховання;

- кількість матеріалів, що йде на виготовлення виробу, у тому числі рідкісних;

- застосування у якості конструкційних матеріалів вторинних ресурсів;

- здатність матеріалу обладнання (вузлів, деталей) до утилізації після закінчення строку служби;

- стратегія використання конструкційного матеріалу з точки зору його розповсюдження, наявних запасів та ринку пропозицій;

- технологія демонтажу відпрацьованих елементів конструкцій, виготовлених з різних деталей.

Таким чином, проектувальнику необхідно вибрати екологічний матеріал, під яким розуміється такий, застосування котрого приводить до мінімального впливу на довкілля, а також виснаження ресурсів і виконання певних лімітів на його використання. При розробці конструкції використовуються різні сталі, сплави металів, органічні матеріали, вторинні матеріальні ресурси і рідко чисті метали. Важливим для конструктора є визначення оптимальних співвідношень між ними таким чином, щоб вони задовольняли технічним вимогам до виробу та зазначеним екологічним аспектам. Крім того, враховується і забруднення довкілля, що має місце при його виготовленні, у тому числі відходами. Сумуючи розглянуте можливо сказати, що при проектуванні з урахуванням екологічної складової, визначається весь життєвий цикл виробництва продукції - від її народження ( проектування) до поховання чи утилізації. При цьому виділяються етапи:

- забезпечення ресурсами виробничого процесу виготовлення виробу;

- здійснення основних і допоміжних операцій; його ремонт і утилізація.

Звичайно, інженер-конструктор орієнтується на маловідходну технологію, при якій шкідлива дія на довкілля не перевищує допустимі рівні, але через можливі технічні, економічні, організаційні причини частина матеріалів перетворюється у відходи і спрямовується на зберігання. Повністю реалізувати безвідхідний процес неможливо, бо як зазначається автором [4] він не існує навіть у самій природі. «Біосфера, жива речовина працює з відходами, подібно до техноречовин. Земна кора – склад відходів біосфери».

Екологічність виробу – багатофакторна характеристика, яка потребує застосування інтегрального показника (критерію). Враховуючи те, що фактори

неможливо розглядати у якій-небудь стандартній одиниці виміру, то для визначення критерію застосуємо бальний метод оцінки, що відповідає значенням від 0 до 10.

Інтегральний критерій екологічності конструкції, яка проектується включає суму балів по показникам:

- запаси природних ресурсів по їх розповсюдженню і терміну виснаження ;
- вплив матеріалів на довкілля ( відомості про токсичність або категорію небезпеки);
- ресурсна характеристика (доля цінного матеріалу у виробі, використання вторинних матеріальних ресурсів; утилізація матеріалу виробу).

Перелік показників екологічності виробу та притаманні їм бали приведені у таблиці 1.

Розглянемо деякі особливості визначення показника довговічності виробу, наприклад, рівному 4 роки. На практиці ця характеристика забезпечується різними технологічними прийомами.

Присвоєння балів показникам потребує від конструктора знання відповідної технічної інформації щодо матеріалу, який розглядається. Така інформація не систематизована у літературних джерелах, але кожен фахівець може без великих зусиль створити банк даних у тій сфері, на якій він спеціалізується і яку потребують його розробки.

Обладнання по збагаченню мінеральної сировини, в основному, визначається зносом деталей та механізмів. При цьому знос матеріалу розглядається як мікроруйнування поверхневого шару в результаті багаторазового впливу на нього фізичних, хімічних, фізико-хімічних та інших чинників при русі відносно поверхні цього матеріалу зовнішнього середовища (твердого тіла, сипучого матеріалу, рідини, газу, сумішей матеріалів ) або дії на неї статичної сили.

Знос класифікується на механічний (абразивний), утомний, знос як результат заїдання та корозійний знос. Першому підлягають робочі поверхні (органи). До них відносяться лопатки, шестерні, гвинти насосів, що перекачують суспензії, які містять абразивну природну сировину, наприклад пісок та ін. Другий тип – це знос , що викликається крихкістю поверхневого шару. Він має місце, наприклад, у віджимних роликах фільтпресів. Знос при заїданні характеризує поверхні, які труться (зубчасті передачі, гвинти насосів і

т.п.). Корозійний знос викликається ерозією та експлуатацією конструкцій, які працюють, в основному, в атмосферному і водному середовищах.

Таблиця 1

Показники екологічності виробу

Найменування показника	Бали
1. Запаси природних ресурсів по їх розповсюдженню і терміну їх виснаження :	
- 15 – 25 років;	1
- 25 – 5 років;	2 – 3
- до 100 років;	4 – 6
- 100 – 1000 років;	7 – 8
- Більше 1000 років	9 – 10
2. Вплив матеріалів на довкілля:	
- дуже небезпечний;	1
- небезпечний;	2 – 3
- мало небезпечний;	4 – 8
- безпечний	9 – 10
3. Довговічність та експлуатаційна надійність:	
- 1 – 2 роки;	1
- 3 – 5 років;	2 – 5*
- 6 – 9 років;	6 – 9*
- 10 і більше років	10*
4. Ресурсна характеристика.	
4.1. Доля цінного матеріалу у масі виробу:	
- 90 – 100 %;	1 – 3
- 80 – 70 %;	4 – 6
- 60 – 50 %;	7 – 9
- менше 50 %	10
4.2. Утилізація матеріалу виробу:	
- повністю утилізується;	10
- утилізується на 50 %;	5
- утилізується на 30 – 20 %;	2 – 3
- не утилізується	0
4.3. Використання вторинних матеріальних ресурсів (ВМР) у якості конструкційного матеріалу:	
- виготовлений повністю з ВМР;	10
- виготовлений на 50% з ВМР;	5
- виготовлений на 20 – 30 % з ВМР;	2 – 3
- виготовлений повністю з первинних ресурсів	0

\* з урахуванням прогресивних технологій.

Для підвищення довговічності виробів застосовують наступні засоби:

1) методи підвищення поверхневої твердості, які включають цементацію, поверхневе загартування, у тому числі лазерне, азотування, хіміко-термічну обробку, іонну імплантацію;

2) збільшення поверхні тертя та профілю направляючої сили для зменшення тиску у поверхнях, що труться;

3) прийняття заходів для зменшення корозії. До них відносяться гальванічні покриття, осадження хімічних плівок, нанесення полімерних плівок. Але так як перелічені заходи вирішують проблему руйнування шару на короткий термін, то конструкції, як правило, намагаються виготовляти із корозійно-стійких сталей;

4) зменшення тертя фосфатуванням, сульфідкуванням, графітуванням та ін.;

5) застосування (якщо це можливо) змазки поверхонь, що труться.

Так як перелічені заходи самі по собі вже є забруднюючими довкілля, то конструктор повинен вибрати із них найбільш екологічний метод або найкращу із доступних технологій.

Припустимо, що виходячи із технічних умов довговічність виробу терміном 4 роки забезпечує підвищення поверхневої твердості методом азотування. Існує пічне та іонне азотування. Класичне пічне з екологічної точки зору не є досконалим, так як характеризується енергоємністю і супроводжується викидами забруднювачів. Іонне ж – значно економніше та нетоксичне. Отже рекомендуємо для застосування іонний метод азотування. За шкалою балів він відповідає значенню 5.

У якості прикладу визначення інтегрального критерію екологічності матеріалу при проектуванні конструкції розглянемо вибір матеріалу для виготовлення крильчатки насосів, що працюють в умовах перекачування суспензії, що містить частки природного абразиву. Як відомо, для таких елементів виробу досить важко забезпечення довговічної експлуатації.

Звичайно їх виготовляли із нержавіючих сталей, але у теперішній час в техніці активно використовують пластмасові матеріали і у даному випадку як альтернативу виберемо їх. Проведемо розрахунок критерію виходячи з того, що крильчатку виготовляють із хромонікельової сталі або з поліефірного склопластика. Показники екологічності визначаються згідно таблиці 1 і обов'язково враховують вплив технологій виготовлення матеріалу на довкілля та забезпечення довговічності виробу. Результати розрахунків стосовно характеристик України приведені в таблиці 2.

## Результати розрахунків екологічності виробів

Найменування показника	Нержавіюча сталь	Скло-пластик	Примітка
1. Запаси природних ресурсів: - залізо; - хром; - нікель Всього для сталі	8 3 4 15	10	Визначається класом їх розповсюдженості та темпами використання
2. Вплив матеріалів на довкілля	7	7	Визначається з урахуванням технологічних аспектів виробництва та утилізації
3. Довговічність та експлуатаційна надійність	1	5	
4. Ресурсна характеристика 4.1. Доля цінного матеріалу у виробі 4.2 Утилізація матеріалу 4.3 Використання ВМР	7 8 3	10 6 5	При утилізації враховуються енергозатрати та забруднення довкілля. Показник використання ВМР для сталі визначається з урахуванням введення металобрухту при її виплавці .
Всього по показникам	41	45	

Одержаний результат свідчить про те, що ні один матеріал по своїй екологічності явно не перевершує інший. Кожен із них має свої проблеми по відношенню до довкілля. Очевидно, що на вибір матеріалу крильчатки насосів у даному прикладі його екологічність немає значного впливу.

Для більш детальної характеристики екологічності та вибору матеріалів доцільно застосувати моделювання на основі графів, вершинами яких є пов'язані між собою технічні і екологічні показники.

**Список літератури:** 1. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища», затв. 26.06.91 р. 2. Закон України «Про екологічну експертизу», затв. 09.02.95 р. 3. Склад і зміст матеріалів оцінки впливу на навколишнє природне середовище при проектуванні і будівництві підприємств, будівель і споруд. Основні положення. ДБН А 2.2-1-95. Київ, 1996. 4. *Юрченко Л.І.* Технології в системі економічних та соціально-економічних змін. – К.: ВД «Професіонал», 2004. – 176 с.

*«Поступила в редколлегию 10.04.08»*