

УДК 504: 691

ОЦІНКА ЕКОЛОГІЧНОГО ЖИТТЄВОГО ЦИКЛУ БУДІВЕЛЬНОЇ ПРОДУКЦІЇ

О. Г. Лялюк, О. Г. Ратушняк

В статті розглянуто проблеми екологічного контролю в житловому будівництві, оцінки безпеки будівельних матеріалів, які містять речовини, що небезпечні для здоров'я. Проаналізовано систему оцінки екологічного життєвого циклу продукції, що передбачена стандартами серії ISO 14040. Розглянуто незалежні методи оцінки екологічних ефектів взаємовпливу будівельних матеріалів із навколишнім середовищем, перевагу серед яких надано теорії нечітких множин. Розроблена класифікація оціночних показників взаємовпливу будівельних матеріалів із навколишнім середовищем на системному рівні.

Ключові слова: життєвий цикл, екологічна оцінка, будівельна продукція, експертний аналіз, лінгвістичні змінні.

ОЦЕНКА ЭКОЛОГИЧЕСКОГО ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА СТРОИТЕЛЬНОЙ ПРОДУКЦИИ

Е. Г. Лялюк, О. Г. Ратушняк

В статье рассмотрены проблемы экологического контроля в жилищном строительстве, оценки безопасности строительных материалов, содержащих опасные для здоровья вещества. Проанализирована система оценки экологического жизненного цикла продукции, которая предусмотрена в стандартах серии ISO 14040. Рассмотрены независимые методы оценки экологических эффектов взаимодействия строительных материалов с окружающей средой, предпочтение отдано теории нечетких множеств. Разработана классификация оценочных показателей взаимодействия строительных материалов с окружающей средой на системном уровне.

Ключевые слова: жизненный цикл, экологическая оценка, строительная продукция, экспертный анализ, лингвистические переменные.

ASSESSMENT OF THE ECOLOGICAL LIFE CYCLE OF CONSTRUCTION PRODUCTS

L. Lyalyuk, O. Ratushnyak

Environmental control problems in housing, construction building's safety assessment materials containing hazardous substances are considered in the article. The evaluation system of environmental life cycle of products, which is provided in the standards ISO 14040 series, is analyzed. Independent methods for assessing the environmental effects of the interaction of building materials to the environment are considered, preference is given to the theory of fuzzy sets. Classification estimates interaction of building materials to the environment developed at the system level.

Key word: life cycle, environmental assessment, building products, expert analysis, linguistic variables.

Вступ

У нас в країні ще не впроваджена система екологічної оцінки будівельних матеріалів на етапах їх життєвого циклу, таким чином, актуальним залишається ретельне екологічне вивчення та оцінка безпеки всіх будівельних матеріалів, які містять речовини, що небезпечні для здоров'я. В будівельній галузі залишаються практично не вирішеними проблеми, що зв'язані з використанням матеріалів, які містять небезпечні для здоров'я людини речовини при новому будівництві, реконструкції і реставрації. Іноді виявляється, що серед багатьох матеріалів виявляються небезпечні. Прикладом може бути азбест, деякі вироби з нього – синтетичні смоли, що застосовуються при виробництві дерево-стружкових та дерево-волокнистих плит. До особливо небезпечних речовин відносять стирол, що застосовуються при виготовленні різних пластмасових виробів та пінопластів, а також хлористий вініл, що використовується для отримання полімеру полівінілхлориду (ПВХ), різних матеріалів на його основі – лінолеуму ПВХ, плівок, шпалер,

плитки та ін. Для кожної речовини є своя гранично допустима концентрація (ГДК), ГДК для стиrolу становить $0,003 \text{ мг/м}^3$ (максимально разова та середньодобова). Для порівняння: ГДК для сірчаного газу – $0,5 \text{ мг/м}^3$ (максимально разова) і $0,05 \text{ мг/м}^3$ (середньодобова). Для формальдегіду ГДК приймається, відповідно, $0,035$ та $0,012 \text{ мг/м}^3$.

Повітря приміщень, де людина проводить більшу частину часу, в 10 разів брудніше зовнішнього повітря, навіть поблизу хімічного заводу. Для економії будівництва житла замість мінеральної вати застосовують в якості утеплювача пінопласт. Але пінопласт дає набагато більше токсичних випаровувань ніж мінеральна вата.

Відсутність ретельного екологічного контролю в житловому будівництві стає актуальним питанням для вирішення цієї проблеми. До сих пір не створена система екологічного контролю (моніторингу) житлового середовища. Спостереження за її станом повинно бути організовано на рівні міст й окремих територій.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Значну увагу питанням екологічної оцінки будівельних матеріалів, екологічного контролю житлового середовища приділяли такі вчені як: А. Н. Асаул, М. К. Старовойтов, Р. А. Фалтинский, А. Баннов, П. Жук та інші [1-4].

Формування мети статті. Основною метою статті є аналіз та оцінка екологічного життєвого циклу (ОЕЖЦ) будівельної продукції, розробка механізмів застосування.

Результати дослідження

Контроль якості матеріалів, виробів та конструкцій повинен здійснюватись протягом всього терміну будівництва за допомогою випробувань, процедур підтвердження відповідності та підтвердження придатності на підставі чинних нормативних документів при проведенні екологічної експертизи будівельних матеріалів, проектів [1]. Оцінка впливу нового будівництва на оточуючі будівлі і споруди та населення, що проживає у межах території забудови, здійснюється з урахуванням реального стану будівельних конструкцій, інженерного та технологічного обладнання об'єктів, характеристик ґрунтової основи та кліматичних умов з метою збереження експлуатаційних властивостей існуючих об'єктів та комфортних умов проживання людей [2]. Аналіз і оцінка життєвого циклу продукції передбачена стандартами серії ISO 14040, які є добровільними і не становлять предмет сертифікації, але грають важливу роль в екологічному управлінні [4].

Схема оцінки екологічних ефектів за життєвим циклом матеріалу включає аналіз таких етапів:

- видобуток сировини;
- виготовлення матеріалів та виробів;
- етап будівництва (застосування матеріалів);
- експлуатація (необхідність ремонту, реставрації, підтримка якості – для продовження етапу експлуатації, сумісність з іншими матеріалами);
- знищення або повторне використання (при заміні матеріалу, знесенні будівлі, споруди).

Оцінка життєвого циклу будівельних матеріалів має широку сферу застосування. Головна особливість ОЕЖЦ в тому, що даний інструмент дозволяє сконцентрувати увагу на екологічних впливах, враховувати ековплив не тільки самого матеріалу, але й процесів, що супроводжують його по життєвому циклу – від добути сировини для його виготовлення до утилізації, захоронення чи повторного використання для виготовлення нових матеріалів. Це дозволить замкнути життєвий цикл матеріалів і вирішувати екозадачі – скорочення відходів та забезпечення ресурсозбереження.

Основними параметрами, якими оцінюється вплив на довкілля, є фактори прямого впливу (емісія шкідливих засобів, утворення відходів та ін.), фактори непрямого впливу (дефіцит сировини, вплив на здоров'я людини, погіршення якості довкілля, навантаження при перевезенні матеріалів та ін.). До негативних екологічних факторів на життєвому циклі матеріалів відносять: вичерпання ресурсів, забруднення атмосфери, водного середовища, знешкодження ґрунтового шару; зміна ландшафту; виникнення техногенних ландшафтів, небезпечні шумові забруднення; утворення відходів; порушення природної рівноваги в екосистемі.

Для забезпечення об'єктивності результатів аналізу повинні спостерігатися взаємопов'язані параметри «властивості матеріалів — якість середовища».

Оцінка екологічних ефектів взаємовпливу будівельних матеріалів із навколишнім середовищем базується на комплексі незалежних методів:

- системний аналіз (метод «чорного ящика») полягає в аналізі й математичній оцінці всіх потоків, що надходять та виходять. Використовується для «екобалансу», впливу матеріалу на середовище та оцінки наслідків цих впливів;
- метод графів (орієнтовані графи для розв'язання багатокомпонентних еколого-економічних задач) дозволяє оцінити прямі та непрямі зв'язки: «якість будівництва – якість середовища»;
- кваліметричний метод використовується для оцінки інтегральної якості матеріалу;
- аналіз співставлення (експертний аналіз, метод міркувань) базується на існуючій науковій інформації, її аналізі та наступних логічних міркувань. Аналіз дає відносну оцінку навантажень на людину та навколишнє середовище, дозволяє розташувати порівняльні матеріали у порядку екологічних переваг, класифікувати їх за екологічними якостями. Результатом є карти екологічного вибору будівельних матеріалів, якими може користуватися споживач.

В експертних системах нами рекомендується використовувати метод логічного програмування [5], при якому в якості мови високого рівня прийнята логіка предикатів першого порядку. Мова логічного програмування Пролог [6, 7], теоретичною основою якої є апарат висловлюваних функцій, дозволяє виконувати пошук ланцюга правил, що ведуть від факторів до прогнозу або від прогнозу до факторів. Метод дозволяє не тільки використовувати прогнозування, але й пояснювати причини прийняття рішення. Для реалізації дедуктивного логічного висновку в Пролозі є операція пошуку "ЯКЦО-ТО". Мова логічного програмування Пролог не забезпечує можливості логічного висновку в проміжних точках, що характеризують параметри дослідження. В зв'язку з цим, зберігання в базі знань необхідної інформації про всі допустимі значення параметрів дослідження та їх обробка з метою отримання логічного висновку дуже трудомісткі.

Ряд наукових досліджень при побудові експертно-моделюючих систем для управління складними процесами базується на теорії нечітких множин [7] та лінгвістичних змінних. Експертна складова цієї системи ґрунтується на механізмі нечіткого логічного висновку й бази знань, що побудована з використанням експертно-логічних правил "ЯКЦО-ТО". Моделююча складова передбачає проведення комп'ютерного моделювання з метою спостереження за зміною параметрів об'єкта дослідження при варіації факторів, що впливають на нього. Основні поняття теорії нечітких множин: універсальна множина, нечітка множина, функція належності, лінгвістична змінна та принцип лінгвістичних знань.

Розглядаючи процес взаємовпливу будівельних матеріалів із навколишнім середовищем на системному рівні, лінгвістичну змінну C_M , що описує вплив будівельних матеріалів на довкілля, можна представити у вигляді співвідношення:

$$C_M = f(X, Y, Z, N, S, P), \quad (1)$$

де X – лінгвістична змінна (ЛЗ), що описує пошкодження екосистеми;
 Y – ЛЗ, що описує дефіцитність сировини;
 Z – ЛЗ, що описує емісію шкідливих речовин в навколишнє середовище (викиди);
 N – ЛЗ, що описує затрати енергоресурсів (споживання енергії);
 S – ЛЗ, що описує затрати «екологічного здоров'я»;
 P – ЛЗ, що описує поведінку з відходами.

Оцінка значень лінгвістичних змінних, які наведені в співвідношенні (1), проводиться за допомогою системи якісних термінів: Н – низький; нС – нижче середнього; С – середній; вС – вище середнього; В – високий. Кожний з цих термінів становить відповідну нечітку множину, тобто деяку властивість, яка розглядається як лінгвістичний терм.

Лінгвістична змінна X , що описує пошкодження екосистеми, враховує зміну рівноваги в екосистемі та зниження якості середовища. Екосистемою вважається сполучення живих та неживих (грунти, повітря, вода, клімат) компонентів на обмеженій території. Порушення динамічної рівноваги може тривати десятки та сотні років до того, як на цій території відновиться нова рівновага.

ЛЗ Y описує дефіцитність сировини, враховує те, що вилучення ресурсів упереджає його відновлення природним середовищем. Запас багатьох видів сировини скінчений. Це відноситься до сировини мінерального та органічного походження. На сьогодні вже простежується дефіцит

якісних кам'яних матеріалів, нафти, вугілля, газу. Це вичерпні ресурси. Дерево, пробка – відновлювальна сировина. Швидкість кругообігу для них вище швидкості споживання. При високих темпах споживання сировини швидкість кругообігу не повинна перевищувати 100 років.

ЛЗ Z описує викиди твердих, рідких и газоподібних шкідливих речовин в ґрунти, воду та повітря на протязі життєвого циклу матеріалів. Особливо небезпечними вважаються ті викиди, які приводять до глобальних екологічних проблем: пошкодження озонового шару, виникнення парникового ефекту, випадіння кислотних дощів. Це можливо через виділення хлор-, фтор вуглеводів при виробництві полімерних матеріалів; викидів вуглекислого газу; сірчаного газу.

ЛЗ N описує затрати енергоресурсів, їх економію. Економія енергоресурсів під час виготовлення будівельних матеріалів означає відносне зниження потреби в знову виробленій сировині, отже дозволяє зменшити негативний вплив на довкілля процесів видобутку і переробки.

ЛЗ S, що описує затрати «екологічного здоров'я», враховує загальний економічний ефект від скорочення захворюваності населення завдяки запобіганню чи зменшенню забруднення:

- ЛЗ s_1 – запобігання втратам чистої продукції за час хвороби трудящих, зайнятих у будівельному виробництві;
- ЛЗ s_2 – скорочення суми виплат з фондів соціального страхування за період тимчасової чи постійної непрацездатності людям, що занедужали в умовах забруднення;
- ЛЗ s_3 – скорочення витрат у сфері охорони здоров'я на лікування трудящих від хвороб, викликаних забрудненням.

ЛЗ P описує поведження з відходами. На останньому етапі життя матеріалів оцінюється можливість його вторинного використання без суттєвої додаткової переробки.

За допомогою аналітичної схеми оцінки навантажень на навколишнє середовище по життєвому циклу можна дати якісну екологічну оцінку будь-якому будівельному матеріалу.

Методика екологічної оцінки будівельних матеріалів по основним етапам життєвого циклу складається з основних частин, представлених на рис. 1.

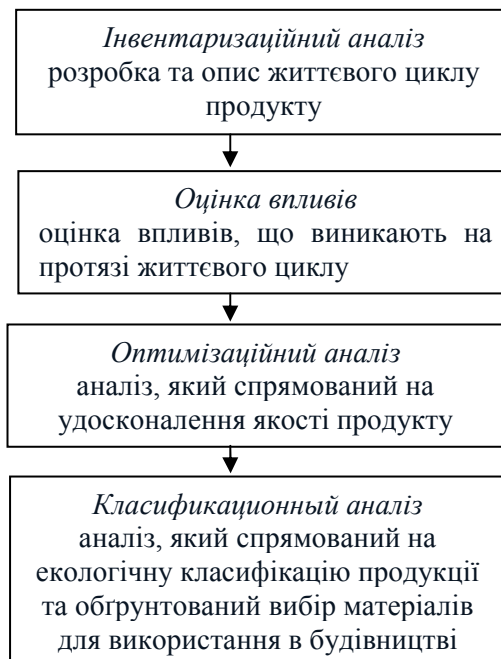


Рисунок 1 – Структурна схема методики екологічної оцінки будівельних матеріалів

Інвентаризаційний аналіз (рис.1) включає процедуру збирання та обробки даних для кількісного визначення вхідних та вихідних потоків змінних системи. По кожному одиничному процесу збирання даних може групуватися у блоки: вхідні потоки енергії, сировини, допоміжні вхідні потоки, інші фізичні потоки; продукція та відходи; викиди в атмосферу, скиди у водні ресурси; інші аспекти навколишнього середовища.

Можна виділити наступні стадії ОЕЖЦ будівельної продукції:

Стадія 1 – визначення відрізків екологічного життєвого циклу продукції, на яких здійснюється найбільший вплив на навколишнє середовище, для того, щоб зробити можливим наступну оцінку.

Стадія 2 – оцінка енергетичних і матеріальних ресурсів, що використовуються для виробництва даного продукту, а також викидів та всіх видів пошкоджень навколишньому середовищу, які були визначені на стадії 1.

Стадія 3 – оцінка загального впливу на навколишнє середовище та механізмів цього впливу в тих місцях, які були визначені на стадіях 1 та 2.

Стадія 4 – визначення порядку та формування стратегії для покращення кожної стадії екологічного життєвого циклу будівельного продукту.

Більшість крупних західних виробників будівельних матеріалів в основу концепції власної екологічності передбачають аналіз життєвого циклу – life cycle analysis (LSA). На перспективу LSA – це:

- потужний інструмент формування законодавства про природокористування в сфері будівельного бізнесу;
- допомога виробникам в аналізі та покращенні власних об'єктів;
- допомога споживачам при обґрунтованому виборі.

На стадії розробки будівельної продукції та маркетингових досліджень, маючи вже результати ОЕЖЦ (LSA), виконується розрахунок попередніх затрат, починається планування доходів та контроль затрат на виробництві продукції. Кваліфікована попередня оцінка дозволить видалити з виробничого процесу дорогі, нерентабельні матеріали.

Висновки

- Екологічне супроводження життєвого циклу будівельної продукції на окремих етапах дозволяє оцінити не тільки інтенсивність їх негативного впливу на навколишнє середовище (забруднення, утворення відходів, величини споживання природних ресурсів), але й більш точно встановити енергозатрати на кожній стадії.

Використана література

1. Закон України “Про екологічну експертизу”. Постанова ВР України від 16.10.92 №1268-ХІІ (із змінами і доповненнями).
2. ДБН В.1.2–5:2007. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Науково-технічний супровід будівельних об'єктів.
3. Асаул А. Н. Управление затратами в строительстве. Учебник.- Под ред. д.э.н., профессора А. Н. Асаула. / А. Н. Асаул, М. К. Старовойтов, Р. А. Фалтинский. – СПб: ИПЭВ, 2009. – 392 с.
4. ДСТУ ISO 14040: 2004 Екологічне керування. Оцінювання життєвого циклу. Принципи та структура.
5. Новиков П.С. Элементы математической логики. – М.: Наука, 1973. – 400 с.
6. Братко И. Программирование на языке ПРОЛОГ для искусственного интеллекта. – М.: Мир, 1990. – 560 с.
7. Заде Л. Понятие лингвистической переменной и ее применение для принятия приближенных решений. – М.: Мир, 1976. – 167 с.

Лялюк Олена Георгіївна – к.т.н., доцент кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

Ратушняк Ольга Георгіївна – к.т.н., доцент кафедри економіка промисловості і виробничого менеджменту Вінницького національного технічного університету.

Лялюк Елена Георгиевна – к.т.н., доцент кафедры менеджмента строительства и гражданской обороны Винницкого национального технического университета.

Ратушняк Ольга Георгиевна – к.т.н., доцент кафедры экономика промышленности и производственного менеджмента Винницкого национального технического университета.

Lyalyuk Elena – Ph.D., Associate Professor of Construction Management and Civil Defence Vinnytsia National Technical University.

Ratushnaik Olga – Ph.D., Associate Professor of industrial economics and industrial management Vinnytsia National Technical University.