

8. Wine preservation system [Text]; Pat. USA № 20050142260 USA / Chen J., Willcox W. — № 20050142260; filed 24.12.2003; publ. 30.06.2005, Bul. № 10/746929.
9. Wine storage and preservation device [Text]; Pat. USA № 8746502 B2 USA / Gregory H. Lambrecht; Coravin, Llc. — № 8746502 B2; filed. 9.11.2011; publ. 10.06.2014, Bul. № 14/256,410.
10. Симоненко, Ю. М. Застосування інертних газів та криогенних технологій у харчовій галузі [Текст] / Ю. М. Симоненко // Харчова наука і технологія. — Одеса, 2014. — № 1. — С. 99–104.

ЗАСТОСУВАННЯ ІНЕРТНИХ ГАЗІВ ДЛЯ ЗБЕРІГАННЯ БІЛИХ СУХИХ ВИН

У статті представлені результати досліджень, пов'язані з негативним впливом кисню повітря на всіх етапах виготовлення вина, який призводить до окислення вин. Вивчено позитивний ефект застосування інертних газів — азоту і аргону на якість вин в процесі їх зберігання. Наведено рекомендації з експлуатації установок з інертними газами у виноробній промисловості.

Ключові слова: білі вина, кисень, окислення, інертні гази, аргон, азот, фенольні сполуки, ароматоутворюючі речовини.

Ткаченко Оксана Борисівна, доктор технічних наук, доцент, кафедра технології вина та енології, Одеська національна академія пищевих технологій, Україна, e-mail: oksana_tkachenko@mail.ru.

Симоненко Юрій Михайлович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, кафедра криогенної техніки, Одеська національна академія пищевих технологій, Україна, e-mail: ysim1@ya.ru.

Тринкаль Ольга Валентинівна, аспірант, кафедра технології вина та енології, Одеська національна академія пищевих технологій, Україна, e-mail: trinkal@mail.ru.

Ткаченко Оксана Борисівна, доктор технічних наук, доцент, кафедра технології вина та енології, Одеська національна академія харчових технологій, Україна.

Симоненко Юрій Михайлович, доктор технічних наук, старший науковий співробітник, кафедра криогенної техніки, Одеська національна академія харчових технологій, Україна.

Тринкаль Ольга Валентинівна, аспірант, кафедра технології вина та енології, Одеська національна академія харчових технологій, Україна.

Tkachenko Oksana, Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, e-mail: oksana_tkachenko@mail.ru.

Symonenko Iurii, Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, e-mail: ysim1@ya.ru.

Trynkal Olha, Odessa National Academy of Food Technologies, Ukraine, e-mail: trinkal@mail.ru.

УДК 504.062.2 : 625.861 : 669.015.92

DOI: 10.15587/2312-8372.2015.47724

**Хрутьба В. О.,
Вайганг Г. О.,
Крюковська Л. І.**

ВИЗНАЧЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ ПРОЄКТІВ ВИКОРИСТАННЯ ВІДХОДІВ ЯК ДОРОЖНЬО-БУДІВЕЛЬНОГО МАТЕРІАЛУ

Представлена система показників екологічної безпеки для проєктів використання відходів для дорожнього будівництва на прикладі використання металургійного шлаку для дорожнього одягу. Визначено показники екологічної безпеки відходів металургійного виробництва та показники екологічної безпеки в проєктах використання відходів як альтернативного дорожньо-будівельного матеріалу. Розроблено алгоритм конструювання дорожнього одягу із зменшенням матеріаломісткості та енергоємності конструкції.

Ключові слова: екологічна безпека, проєкт, автомобільна дорога, дорожнє покриття, металургійний шлак, відходи.

1. Вступ

Протяжність мережі автомобільних доріг, яка становить 169,6 тис. кілометрів, та її щільність (281 кілометр на 1 тис. кв. кілометрів) в основному відповідають темпам розвитку національної економіки. Проте транспортно-експлуатаційний стан переважної більшості автомобільних доріг не відповідає сучасним вимогам і потребує поліпшення з урахуванням соціально-економічних потреб держави, потребує значного поліпшення, а подекуди — дорожній одяг потребує повного оновлення. За даними науковців — щороку держава втрачає близько 30 млрд. гривень валового внутрішнього продукту через незадовільний стан автомобільних доріг.

Як визначає «Концепція реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального

користування», забезпечення розвитку мережі автомобільних доріг та поліпшення їх транспортно-експлуатаційного стану є необхідною умовою для подальшого соціально-економічного розвитку держави і суспільства [1]. У концепції визначено базові вектори розвитку дорожнього господарства. Серед них — створення ефективної системи управління галуззю і залучення інвестицій на основі державно-приватного партнерства, упровадження сучасних екологічно безпечних технологій будівництва доріг в тому числі з використанням альтернативних матеріалів.

Питання екологічної безпеки при будівництві автомобільних доріг забезпечується впровадженням проєктів зменшення шкідливого впливу на довкілля технологічних процесів дорожніх робіт; впровадженням технологічних рішень, спрямованих на зниження шкідливого впливу

транспорту; проведенням природоохоронних заходів у межах смуги відведення дороги та у межах зон життєдіяльності людей, що проживають в зоні впливу дороги.

В той самий час інтенсивні темпи дорожнього будівництва потребують пошуку альтернативних заміників природних будівельних матеріалів для вирішення проблем ресурсозбереження. Розробка ефективних проектів та програм будівництва й реконструкції автомобільних доріг із застосуванням альтернативних матеріалів — актуальна задача розвитку дорожнього будівництва в умовах ринкової економіки не тільки в Україні, а й в усьому світі. Конструкції дорожнього одягу з використанням відходів є найбільш технічно та економічно вигідними для використання в будь-яких будівельно-ремонтних роботах згідно з «ДБН В.2.3-4-2000. Споруди транспорту. Автомобільні дороги». Впровадження проектів та програм будівництва й реконструкції автомобільних доріг із застосуванням промислових відходів призводить до підвищення рівня екологічної безпеки внаслідок мінімізації негативного впливу відходів на навколишнє середовище з одночасним збереженням природних матеріалів.

2. Аналіз літературних даних та постановка проблеми

Дослідження властивостей різних альтернативних матеріалів як заміників природних кам'яних матеріалів в дорожньому будівництві проводились багатьма авторами.

Міжнародний досвід та основні принципи практики забезпечення ефективного управління відходами Національної дорожньої агенції Ірландії на всіх етапах дорожнього будівництва представлено в [2]. В роботі визначено основи мінімізації впливу на довкілля при будівництві та реконструкції доріг, використання виробничих відходів як вторинного ресурсного матеріалу.

Дослідження екологічної небезпеки будівельних відходів в дорожньо-будівельних проектах в районі Велико-го Джакарті [3] визначили види відходів та їх джерела. Результати показують, що домінуючим видом відходів, які утворюються в будівельних проектах є надлишок від розкопок ґрунту, деревини і арматурних стержнів. Дослідження також показують відсутність можливості управління фактором виробництва будівельних відходів, на що вказує кореляція між відходами виробництва та управлінськими аспектами.

Використання різних видів відходів у дорожньому будівництві ґрунтовно висвітлюються в роботах В. Л. Коржова, Р. В. Бреуса, І. А. Єрмакової [4–6].

Аналіз проблем утилізації відходів промисловості свідчить, що дослідження науковців спрямовані на вивчення фізико-хімічних властивостей основних видів відходів різних галузей промисловості; розробку теоретичної бази формування штучних будівельних матеріалів і виробів на основі відходів різних галузей промисловості; розробку нормативно-технічної документації на виготовлення і використання будівельних матеріалів з відходів промисловості. Т. Г. Данилова визначила підвищення екологічної безпеки при поводженні з відходами металургійного виробництва через використання їх для дорожнього будівництва [7].

Дослідження, проведені на кафедрі екології та безпеки життєдіяльності Національного транспортного універси-

тету (В. Скорченко, В. Хрутьба, Л. Крюковська, [8, 9]), показали доцільність використання відходів металургійного виробництва у дорожньому будівництві. Визначено, що важливими критеріями оцінки екологічної безпеки використання шлаків для будівництва доріг є їхня еколого-економічна ефективність.

За рахунок використання відходів як вторинних матеріальних ресурсів вирішуються проблеми економії сировини, запобігання забрудненню водою, ґрунту та повітряного басейну, збільшення обсягів виробництва деталей і виробів, освоєння випуску нових товарів, використання відходів для будівництва доріг. Однак всебічної оцінки показників екологічної безпеки для проектів застосування металургійних шлаків для дорожнього одягу проводилось недостатньо. Отже, визначення показників підвищення рівня екологічної безпеки при застосуванні відходів як дорожньо-будівельних матеріалів є актуальним.

3. Об'єкт, мета і задачі дослідження

Об'єкт дослідження — екологічна безпека проектів дорожньо-будівельної галузі.

Проведені дослідження ставили *за мету* визначити показники екологічної безпеки проектів використання відходів як альтернативного дорожньо-будівельного матеріалу для вибору конструкції дорожнього одягу.

Для досягнення поставленої мети в роботі вирішуються такі задачі:

- визначити особливості проектів використання відходів як матеріалу для дорожнього одягу;
- проаналізувати показники екологічної безпеки відходів металургійного виробництва;
- охарактеризувати показники екологічної безпеки в проектах використання відходів як альтернативного дорожньо-будівельного матеріалу;
- розробити алгоритм конструювання дорожнього одягу із зменшенням матеріаломісткості та енергоємності конструкції на основі використання альтернативного матеріалу.

4. Методичні аспекти забезпечення екологічної безпеки в проектах дорожнього будівництва

4.1. Аналіз складових екологічної безпеки використання відходів як альтернативних матеріалів для дорожнього будівництва. Утворення великих обсягів багатотоннажних відходів видобувної, металургійної, хімічної та інших галузей промисловості для будівельних матеріалів та конструкцій підвищує рівень екологічної безпеки в регіонах їх утворення. До таких відходів відносяться шлаки металургійної промисловості, зокрема металургійні шлаки, які є відходами металургійного виробництва.

Процес виплавки чавуну і сталі супроводжується утворенням відходів у вигляді скрапу, шламу, шлаку, залишків вогнетривкої цегли, сміття, пилу. Небезпеку створює забруднення земної поверхні відвалами шлаків і кар'єрами, які займають величезні площі, забруднюють токсичними з'єднаннями ґрунти, водний і повітряний басейни.

Відповідно до проведених досліджень, використання металургійних шлаків як заміників природних кам'яних матеріалів у дорожньому будівництві сприяє значному

вивільненню земельних площ, які зайняті шлаковими відвалами, що дозволяє підвищувати рівень екологічної безпеки регіону. Зниження штрафів металургійного комбінату за розміщення кожної тонни шлаку підвищує економічну ефективність виробництва [10].

Основними дорожньо-будівельними матеріалами є кам'яні (щебінь, щебенево-піщана суміш та ін.), які отримують при видобуванні та переробці природних гірських порід. Вартість кам'яних матеріалів у складі дорожнього одягу сягає 50–60 %. Як свідчить багаторічний досвід будівництва доріг, використання шлаків чорної металургії дає можливість: економити 700–2000 м³ кам'яних матеріалів на кожному кілометрі при будівництві автомобільних доріг; збільшити міцність та надійність дорожніх конструкцій; суттєво знизити енергоємність дорожніх одягів; спростити технологію виконання робіт; подовжити будівельний сезон та знизити кошторисну вартість будівництва дорожніх одягів на 20–40 %. Заміна природних матеріалів відходами або побічними продуктами промисловості сприяє впровадженню ресурсозберігаючих технологій та зниженню вартості дорожнього будівництва та збереженню природних ресурсів держави [11].

Структурна модель визначення показників екологічної безпеки при використанні відходів як альтернативного матеріалу дорожнього одягу приведена на рис. 1. Модель визначає передумови зниження рівня екологічної небезпеки внаслідок використання відходів металургійного виробництва як ресурсу для дорожнього будівництва та проаналізувати підходи для формування системи показників екологічної безпеки. Окремим блоком представлено механізм, який дозволяє проводити розрахунок конструкції дорожнього полотна з використанням металургійних шлаків.

Визначення показників екологічної безпеки здійснюються відповідно принципів запобігання забрудненню довкілля, мінімізації відходів, очищення стічних вод та утилізації, викидів в атмосферу; принципів техніки безпеки, в тому числі управління безпекою, безпеки обладнання та безпеки в будівництві [12]. Отже, забезпечення екологічної безпеки за рахунок використання відходів як альтернативних матеріалів для дорожнього будівництва може відбуватися в двох напрямках:

- зниження рівня екологічної небезпеки відходів металургійного виробництва за рахунок їх використання як матеріалу дорожнього одягу (ДО);
- зниження рівня екологічної небезпеки виснаження природних ресурсів за рахунок зниження рівня використання природного кам'яного матеріалу.

4.2. Проектний підхід для визначення екологічної безпеки використання відходів як матеріалу для дорожнього одягу. З точки зору проактивного управління ці задачі мають вирішуватися у вигляді послідовних проектів:

- надання відходам властивостей як матеріалу ДО;
- безпосереднє використання альтернативного матеріалу при будівництві, реконструкції та ремонті дороги відповідно до визначеної конструкції ДО.

Перелік цих завдань реалізується послідовним виконанням низки проектів або портфелів проектів різними бізнес-структурами. Як визначено в [13, 14], однією з головних проблем при впровадженні проектів використання відходів як альтернативних матеріалів у дорожньому будівництві є неузгодженість інтересів та цілей різних учасників та знижує ефективність результатів впровадження та не забезпечує необхідний рівень екологічної безпеки.

Для розв'язання зазначеної проблеми необхідно розробити єдину стратегію їх впровадження на основі визначення показників екологічної безпеки.

Інтегрований індекс екологічної безпеки ($I_{ЕБ}$) визначається як функція:

$$I_{ЕБ} = f(I_{шл}, I_{пр}), \quad (1)$$

де $I_{шл}$ – підвищення рівня екологічної безпеки відходів металургійного виробництва за рахунок забезпечення їх властивостей як матеріалу ДО; $I_{пр}$ – підвищення рівня екологічної безпеки використання природного кам'яного матеріалу при будівництві, реконструкції та ремонті дороги відповідно до визначеної конструкції ДО.

Одномірна цільова функція для оцінки рівня екологічної безпеки має вигляд:

$$F(I_{ЕБ}) \Rightarrow \max. \quad (2)$$

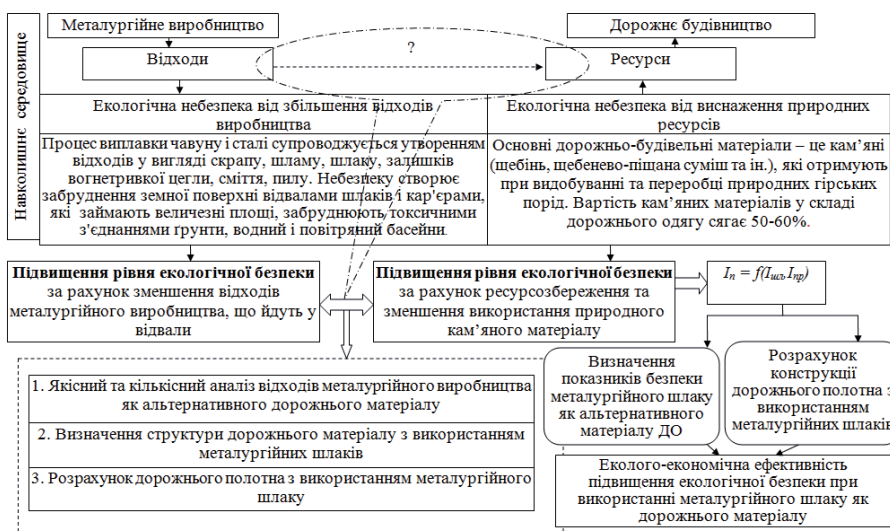


Рис. 1. Структурна модель визначення показників екологічної безпеки при використанні відходів як альтернативного матеріалу дорожнього одягу

Отже загальний рівень екологічної безпеки, яка забезпечується розробкою та впровадженням проектів використання відходів металургійних виробництв має набувати максимального значення.

5. Результати досліджень показників екологічної безпеки використання відходів як альтернативного дорожньо-будівельного матеріалу

5.1. Показники екологічної безпеки відходів металургійного виробництва. Як визначено Даниловою Т. Г. [7], кількість відходів у металургійних ви-

робництва залежить від структури сировини, рівня розвитку технології, який визначає ступінь використання як первинних, так і вторинних матеріальних ресурсів, виду і якості енергії, що використана в технологічному процесі, ступеня зносу основного обладнання.

Шлакові відходи впливають на здоров'я людей, як тих, що проживають в районі шлакових відвалів, так і тих, хто за своєю виробничою діяльністю пов'язаний з переробкою шлаків. Вплив шлаків на здоров'я працюючих пов'язаний з утворенням газів, летких і парів легкоплавких компонентів, гарячої пилу, високої температури. Особливості впливу шлаків, що знаходяться в шлакових відвалах на здоров'я населення носить як безпосередній, так і опосередкований характер. Перший пов'язаний з впливом гарячого пилу, летких компонентів і газів при зливів шлаку у відвал, постійної газациї відвалу. А другий — з систематичним подрібненням шлаку, виділенням пилу, вторинної газациї. Крім того, шлак піддається постійному впливу атмосферних процесів — вітрової ерозії, розмивання опадами, попаданням в поверхневий пригрунтовий шар, в ґрунтові води, водоймища тощо.

Сучасні стратегії зниження екологічної небезпеки промислових та небезпечних відходів спрямовані на визначення основних впливів на довкілля та здоров'я людини. Nelson L. Nemerow, Franklin J. Agardy запропонували підхід, що дозволяє визначити критерії рівня екологічної безпеки для окремих видів відходів [15].

Особливістю критеріїв оцінювання рівня екологічної безпеки відходів металургійного виробництва є множина критеріїв, що залежить не тільки від класу і концентрації токсичних речовин, що містяться у відходах, але й від їхньої здатності мігрувати в навколишнє середовище (НС), потрапляючи з твердих відходів у повітря та воду.

Підвищення рівня екологічної безпеки відходів металургійного виробництва ($I_{\text{шл}}$) визначається зниженням показника ступеня небезпеки відходів ($K_{\text{ЕБвідходи}}$) для НС до і після впровадження проекту за формулою:

$$K_{\text{ЕБвідходи}} = \sum_{i=1}^n K_i \cdot \alpha_i, \quad (3)$$

де K_i — показники ступеня небезпеки окремих компонентів відходів для НС; α_i — вагові коефіцієнти небезпеки окремих компонентів відходів ($\sum \alpha_i = 1$).

Показники ступеня небезпеки металургійних відходів K_i визначаються множиною критеріїв, яка враховує небезпеки впливу відходів на НС:

$$K_i = \{K_{\text{Гґрунти}}, K_{\text{Водойм}}, K_{\text{Атмосф}}, HQ\}, \quad (4)$$

де $K_{\text{Гґрунти}}$ — критерій забруднення ґрунтів шлаковими відвалами; $K_{\text{Водойм}}$ — критерій забруднення водоймищ небезпечними стоками; $K_{\text{Атмосф}}$ — критерій забруднення атмосфери небезпечними викидами; HQ — критерій небезпеки для здоров'я населення.

$$K_{\text{Гґрунти}} = \frac{S_{\text{відх}}}{S_{\text{підпр}}}, \quad (5)$$

де $S_{\text{відх}}$ — площа, яка зайнята шлаковими відвалами; $S_{\text{підпр}}$ — площа всієї території підприємства.

$$K_{\text{Водойм}} = \lim_{\Delta K_{\text{В}} \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n \frac{K_{\text{В}_s} - \text{ГДК}_i}{\text{ГДК}_s}, \quad (6)$$

де $K_{\text{В}_i}$ — концентрація i -ої шкідливої речовини в скидах в водоймище; ГДК_i — гранично допустима концентрація i -ої шкідливої речовини в скидах.

$$K_{\text{Атмосф}} = \lim_{\Delta K_{\text{А}} \rightarrow 0} \sum_{i=1}^n \frac{K_{\text{А}_s} - \text{ГДК}_i}{\text{ГДК}_s}, \quad (7)$$

де $K_{\text{А}_i}$ — концентрація i -ої шкідливої речовини у викидах в атмосферу; ГДК_i — гранично допустима концентрація i -ої шкідливої речовини.

Визначення рівня небезпеки для здоров'я населення в роботі [15] здійснюється шляхом порівняння фактичних рівнів дози або концентрації шкідливої речовини з безпечними (референтними) рівнями впливу та визначенням коефіцієнта небезпеки:

$$HQ = \frac{AD}{RfD} \quad \text{або} \quad HQ = \frac{AC}{RfC}, \quad (8)$$

де HQ — коефіцієнт небезпеки; AD — середня доза, мг/кг; AC — середня концентрація, мг/м³; RfD — референтна (безпечна) доза, мг/кг; RfC — референтна концентрація, мг/м³.

5.2. Показники екологічної безпеки при використанні відходів як альтернативних матеріалів для дорожнього будівництва. Підвищення рівня екологічної безпеки використання природного кам'яного матеріалу при будівництві, реконструкції та ремонті дороги відповідно до визначеної конструкції ДО ($I_{\text{пр}}$) забезпечується показниками екологічної безпеки складових частин проекту:

- використання металургійного шлаку як сировини для виготовлення дорожнього матеріалу;
- переробка сировини в матеріал для формування дорожнього одягу;
- формування конструкції дорожнього одягу.

$$I_{\text{пр}} = \beta_1 \cdot K_{\text{ЕБсировина}} + \beta_2 \cdot K_{\text{ЕБматеріал}} + \beta_3 \cdot K_{\text{ЕБпродукт}}, \quad (9)$$

де $K_{\text{ЕБсировина}}$ — критерій оцінювання рівня екологічної безпеки використання металургійного шлаку як сировини для виготовлення дорожнього матеріалу; $K_{\text{ЕБматеріал}}$ — показники екологічної безпеки використання металургійного шлаку як дорожньо-будівельного матеріалу; $K_{\text{ЕБпродукт}}$ — показники екологічної безпеки формування конструкції дорожнього одягу; β_i — вагові коефіцієнти окремих критеріїв ($\sum \beta_i = 1$).

Множина $K_{\text{ЕБсировина}}$ включає функціональні ($K_{\text{ф}}$), технологічні ($K_{\text{техн}}$) та економічні критерії ($K_{\text{екол.-екон.}}$).

$$K_{\text{ЕБсировина}} = \{K_{\text{ф}}, K_{\text{техн}}, K_{\text{екол.-екон.}}\}. \quad (10)$$

Функціональні показники ($K_{\text{ф}}$) характеризують найважливіші особливості сировини як матеріалу. До них відносять морозостійкість, міцність, стираність, стійкість структури проти розпадів. Технологічні критерії ($K_{\text{техн}}$), пов'язані з можливістю і простотою підготовки матеріалу —

зерновий склад, вміст слабких зерен, вміст глини в грудках, наявність домішок металу та сторонніх домішок, насипна густина. До еколого-економічних критеріїв ($K_{\text{екол.-екон.}}$) відноситься клас за величиною ефективної сумарної питомої активності природних радіонуклідів.

$K_{\text{ЕБматеріал}}$ враховує сучасні екологічні вимоги, соціальні задачі, технічний і технологічний аспекти, а також економічні можливості процесу переробки сировини в матеріал для формування дорожнього одягу.

Для будівництва автомобільних доріг використовується металургійний шлак з високими міцнісними характеристиками. Одними із основними показників міцності шлаків як дорожньо-будівельного матеріалу є активність (границя міцності при стиску зразків у водонасиченому стані у віці 28 діб, МПа) і стійкість структури шлаків проти розпаду. Ці показники знаходяться в безпосередній залежності від процентного вмісту в шлаках оксидів кремнію, алюмінію, кальцію, магнію, заліза та ін. Оптимальна наявність вказаних оксидів є основою при впровадженні технологій будівництва та реконструкції автомобільних доріг з використанням шлаків, оскільки міцність шлаків регламентує ту чи іншу конструкцію дорожнього одягу.

$K_{\text{ЕБпродукт}}$ включає три групи критеріїв (рис. 2):

- функціональні критерії, які характеризують найважливіші показники реалізації функцій дорожнього одягу;
- технологічні критерії, пов'язані з особливостями будівництва ДО;
- еколого-економічні критерії, які пов'язані з питаннями позитивного чи негативного впливу на НС будівництва ДО з використанням альтернативних матеріалів та визначають економічну доцільність реалізації конструкції ДО.

Функціональні критерії є кількісними характеристиками основних показників реалізації функції ДО, серед яких найбільш важливими є критерії міцності та довговічності конструкції дорожнього одягу.

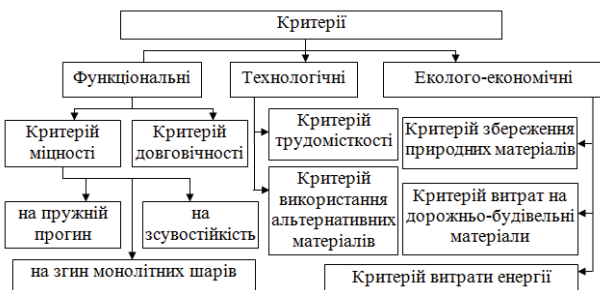


Рис. 2. Схема критеріїв оцінки конструкції ДО

Критерій міцності дорожнього одягу $K_{\text{мц}}$ розраховується за формулою:

$$K_{\text{мц}} = \frac{E_{\text{ф}}}{E_{\text{потр}}}, \quad (11)$$

де $E_{\text{ф}}$ — фактичний модуль пружності дорожнього одягу, МПа; $E_{\text{потр}}$ — потрібний модуль пружності дорожнього одягу, МПа.

Міцність ДО оцінюється за критеріями на пружний прогин, на зсувостійкість та на згин монолітних шарів.

Конструкція дорожнього одягу вважається міцною, якщо коефіцієнт міцності за кожним з критеріїв більший чи дорівнює $K_{\text{мц}}$, знайденого з урахуванням необхідного рівня надійності проектного дорожнього одягу.

Конструкція дорожнього одягу відповідає вимогам міцності за критерієм пружного прогину, якщо виконується умова:

$$K_{\text{мц (пр)}} \leq \frac{E_{\text{заг}}}{E_{\text{потр}}}, \quad (12)$$

де $K_{\text{мц (пр)}}$ — коефіцієнт міцності конструкції ДО за критерієм пружного прогину; $E_{\text{заг}}$ — загальний модуль пружності конструкції, МПа; $E_{\text{потр}}$ — потрібний модуль пружності конструкції з урахуванням капітального одягу, типу покриття та інтенсивності дії навантаження, МПа.

При проектуванні дорожнього одягу забезпечується умова міцності на зсувостійкість ДО:

$$K_{\text{мц (зс)}} = \frac{T_{\text{гр}}}{T}, \quad (13)$$

де $K_{\text{мц (зс)}}$ — коефіцієнт міцності конструкції ДО за критерієм зсувостійкості в ґрунті; $T_{\text{гр}}$ — розрахункове активне напруження зсуву в розрахунковій точці конструкції від діючого тимчасового навантаження; T — гранична величина активного напруження зсуву, перевищення якої викликає порушення.

У монолітних шарах ДО з асфальтобетону, полімерасфальтобетону, матеріалів і ґрунтів, укріплених комплексними і неорганічними в'язучими, та ін. — напруження, що виникають при прогині одягу під дією повторних короткочасних навантажень не повинні викликати порушення структури матеріалу й призводити до утворення тріщин, тобто повинна бути забезпечена умова міцності на згин:

$$K_{\text{мц (згин)}} \leq \frac{R_{\text{зг}}}{\sigma_r}, \quad (14)$$

де $K_{\text{мц (згин)}}$ — необхідний коефіцієнт міцності з урахуванням заданого рівня надійності; $R_{\text{зг}}$ — граничнодопустиме напруження розтягу матеріалу, шару з урахуванням втоми; σ_r — найбільше напруження розтягу, у розглянутому шарі.

Дорожній одяг розраховується з урахування надійності, під якою розуміють ймовірність безвідмовної роботи конструкції протягом усього періоду між капітальними ремонтами. Коефіцієнт надійності $K_{\text{н}}$, який ДО повинен мати до кінця терміну служби між капітальними ремонтами, нормований в залежності від категорії дороги, типу ДО та покриття.

Критерій довговічності дорожнього одягу $K_{\text{д}}$ розраховуємо за формулою:

$$K_{\text{д}} = \frac{V_{\text{ф}}}{V_{\text{р}}}, \quad (15)$$

де $V_{\text{ф}}$, $V_{\text{р}}$ — фактична і розрахункова швидкість руху, км/год.

Технологічні критерії, головним чином, забезпечують всебічну економію праці при будівництві ДО і підготовці його до експлуатації. В свою чергу, технологічні критерії поділяються на: критерії трудомісткості та критерії використання альтернативних матеріалів.

Критерій трудомісткості ДО K_T дорівнює відношенню трудомісткості шару основи $T_{ш.о.}$ при будівництві дорожнього одягу до трудомісткості всієї конструкції $T_{к.д.о.}$:

$$K_T = \frac{T_{ш.о.}}{T_{к.д.о.}}, \quad (16)$$

де $T_{ш.о.}$ та $T_{к.д.о.}$ розраховуються за формулою, люд.-год.:

$$T_{ш.о.}(T_{к.д.о.}) = T_{роб.} + T_{маш.}, \quad (17)$$

де $T_{роб.}$ — трудомісткість робочих працівників, люд.-год.; $T_{маш.}$ — трудомісткість машиністів, люд.-год.

Коефіцієнту використання альтернативних матеріалів $K_{вит.а.м.}$ в конструкції ДО визначається за формулою:

$$K_{вит.а.м.} = \frac{M_a}{M_k}, \quad (18)$$

де M_a — об'єм альтернативного матеріалу, визначається згідно з ДСТУ Б Д. Д.2.2-27:2012 «Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги», м³; M_k — сумарний об'єм дорожньо-будівельних матеріалів для всієї конструкції ДО, визначається згідно з ДСТУ Б Д.2.2-27:2012 «Ресурсні елементні кошторисні норми на будівельні роботи. Автомобільні дороги», м³.

До еколого-економічних критеріїв відносяться критерії використання альтернативних матеріалів, витрат матеріалів та габаритних розмірів.

Критерій збереження природних матеріалів $K_{з.п.м.}$ визначається за формулою:

$$K_{з.п.м.} = \frac{Z_m}{Q_{е.еф}}, \quad (19)$$

де Z_m — маса збережених природних ресурсів, т; $Q_{е.еф}$ — маса всієї конструкції, т.

Критерій витрат на ДБМ K_v дорівнює відношенню вартості матеріалу основи ДО (C), грн. до вартості всієї конструкції (Q), грн.:

$$K_v = \frac{C}{Q}. \quad (20)$$

Критерій витрати енергії визначається за формулою:

$$K_{в.е.} = \frac{B_{ш.о.}}{B_k}, \quad (21)$$

де $B_{ш.о.}$ — витрати машин та механізмів, для шару основи, грн./год., B_k — витрати машин та механізмів для всієї конструкції, грн./год.

Таким чином, визначені показники та критерії дозволяють визначити конструкцію дорожнього одягу, яка має забезпечити мінімальний рівень екологічної небезпеки за рахунок використання відходів як альтернативного дорожньо-будівельного матеріалу. Рівень екологічної безпеки визначається показниками зниження кількості відходів металургійних виробництв та критеріями придатності металургійного шлаку як сировини, матеріалу та складової дорожнього одягу. Використання окремих критеріїв оцінки екологічної безпеки для вибору оптимальних для заданих умов конструкцій дорожнього одягу із застосуванням альтернативних матеріалів дозволяє підвищити довговічність та ефективність проектування, будівництва і реконструкції автомобільних доріг.

6. Застосування результатів досліджень показників екологічної безпеки

Зниження рівня екологічної небезпеки забезпечується раціональним вибором тієї чи іншої конструкції дорожнього одягу шляхом забезпечення покращення техніко-експлуатаційних показників, що є актуальним як на стадії проектування, так і на стадії будівництва чи реконструкції дороги. Вибір конструкції із можливих варіантів визначають як проект вибору того чи іншого способу поліпшення показників дорожнього одягу. Метою проекту є конструювання ДО із зменшенням матеріаломісткості та енергоємності конструкції. Головним напрямом розв'язання цього завдання є оптимізація властивостей матеріалів. Це особливо важливо для головних елементів дороги — шарів ДО, оскільки змінність властивостей матеріалу в якомусь одному шарі може суттєво вплинути на працездатність суміжних шарів і конструкції загалом. Завдання оптимізації зводиться до мінімізації рівня екологічної небезпеки за рахунок підбору матеріалу з необхідними показниками міцності та модулем пружності при мінімальних зведених витратах для всієї конструкції.

Задачі проекту включають:

- визначення методу проектування дорожнього одягу;
- вибір конструкцій дорожнього одягу;
- проектування конструкцій ДО з використанням в основі традиційних матеріалів;
- проектування конструкцій ДО з використанням в основі альтернативних матеріалів.

Вибір тієї чи іншої конструкції ДО для заданої категорії дороги здійснюється на основі оцінки функціональних, технологічних, екологічних, та економічних критеріїв. Інтегрований індекс екологічної безпеки ($I_{ЕБ}$) дозволяє оцінити рівень екологічної безпеки вибраної конструкції.

На першому етапі, на основі оцінки показників екологічної безпеки відходів металургійного виробництва та показників екологічної безпеки в проектах використання відходів як дорожньо-будівельного матеріалу, визначаються критерії властивостей ДО у визначених умовах.

Після аналізу існуючих конструкцій ДО виконується їх систематизація і формуються структурні схеми ДО як можливі варіанти рішення. Вибір конструкції ДО для визначеної категорії дороги починається з вибору конструктивної реалізації схеми ДО, яка може бути виконана шляхом застосування традиційних чи з використанням альтернативних матеріалів.

В блоках 7–9 здійснюється оцінка тієї чи іншої конструкції ДО за визначеними функціональними, технологічними та еколого-економічними критеріями. Потім здійснюється інтегральна оцінка властивостей ДО.

Зворотні зв'язки показують, що рішення щодо вибору тієї чи іншої конструкції ДО може бути прийнято за результатами оцінки окремих властивостей або після виконання окремих та інтегральної оцінок конструкції.

Отже, для виконання еколого-економічного оцінювання конструкції дорожнього одягу за показниками екологічної безпеки потрібно:

- визначити основні критерії оцінки властивостей дорожнього одягу;
- систематизувати конструкції дорожнього одягу;
- виконати вибір конструкції дорожнього одягу для визначеної категорії;
- розрахувати вибрані конструкції згідно з ВБН В.2.3-218-186-2004;
- виконати оцінювання конструкцій дорожнього одягу за груповими та інтегральним критерієм;
- вибрати раціональну конструкцію дорожнього одягу.

За результатами експериментальних досліджень та математичного моделювання процесу за допомогою інтегрального критерію оцінки екологічної безпеки розроблено конструкції дорожнього одягу з використанням металургійних шлаків. Вміст металургійного шлаку в запропонованих конструкціях дорожнього одягу досягає 30–40 %.

Визначені особливості технології дорожнього будівництва з врахуванням задачі підвищення рівня екологічної безпеки на основі системного підходу дозволили розробити методику оцінювання рівня екологічної безпеки в проектах використання шлакових матеріалів замість природних в конструкціях дорожнього одягу. Розрахунок економічної ефективності цих проектів засновано на визначенні різниці у вартості близьких або рівних по якості кінцевих продуктів, виготовлених із застосуванням шлакових і традиційних матеріалів (наприклад, шлакопортландцемент і портландцемент, керамзитобетон і шлакопемзобетон, бетон на шлаковому й природному щебені).

Розрахунок економічного ефекту від використання в дорожньому будівництві шлакового щебеню замість природного граніту проводився для будівництва автомобільної дороги I-ї категорії Київ-Одеса на ділянці довжиною 1 км з двома смугами руху шириною 7,5 м в обох напрямках та шириною проїзної частини 15 м, товщиною конструктивного шару з доменного відвального шлаку 0,2 м, товщиною шару з гранітного щебеню 0,15 м. Економічний ефект проекту використання в дорожньому будівництві шлакового щебеню замість природного граніту становить 635–655 тис грн. проводився при будівництві автомобільної дороги Київ-Одеса.

7. Висновки

Особливістю проектів використання відходів як матеріалу для дорожнього одягу є необхідність вирішення двох послідовних задач різними бізнес-структурами. Надання відходам властивостей дорожнього-будівельного матеріалу є задачею металургійного комбінату, а безпосереднє використання альтернативного матеріалу для будівництва, реконструкції та ремонту дороги від-

повідно до визначеної конструкції дорожнього одягу реалізується дорожньо-будівельним підприємством. Отже, оцінка рівня екологічної безпеки проекту в цілому [16] здійснюється за інтегрованим індексом екологічної безпеки ($I_{ЕБ}$), який є функцією від показників екологічної безпеки обох складових проекту.

Аналіз показників екологічної безпеки відходів металургійного виробництва дозволив визначити множину критеріїв, що залежить від класу і концентрації токсичних речовин, які містяться у відходах, та їхньої здатності мігрувати в навколишнє середовище, потрапляючи з твердих відходів у повітря та воду.

Підвищення рівня екологічної безпеки використання природного кам'яного матеріалу при будівництві, реконструкції та ремонті дороги відповідно до визначеної конструкції дорожнього одягу забезпечується функціональними, технологічними та еколого-економічними показниками металургійного шлаку як сировини та як матеріал для формування дорожнього одягу. Визначено, що оптимальний вміст металургійного шлаку в запропонованих конструкціях дорожнього одягу досягає 30–40 %.

Визначення інтегрованого показника екологічної безпеки проекту дозволяє забезпечити вибір конструкції дорожнього одягу із можливих варіантів, що здійснюється відповідно розробленого алгоритму конструювання дорожнього одягу із зменшенням матеріаломісткості та енергоємності конструкції на основі використання альтернативного матеріалу.

Сформована система критеріїв оцінки конструкції дорожнього одягу дозволила розробити методику оцінювання рівня екологічної безпеки в проектах використання шлакових матеріалів замість природних в конструкціях дорожнього одягу. Економічний ефект проекту використання в дорожньому будівництві шлакового щебеню замість природного граніту проводився при будівництві автомобільної дороги Київ-Одеса та становить 635–655 тис грн.

Література

1. Концепція реформування системи державного управління автомобільними дорогами загального користування [Електронний ресурс]: Розпорядження Кабінету Міністрів України від 31.03.2015 р. № 432-р. — Режим доступу: \www/URL: <http://www.environ.ie/en/Publications/Environment/Waste/WasteManagement/FileDownload,1481,en.pdf>
2. Best Practice Guidelines on the Preparation of Waste Management Plans for Construction & Demolition Projects [Electronic resource]. — June 2006. — Available at: \www/URL: <http://www.environ.ie/en/Publications/Environment/Waste/WasteManagement/FileDownload,1481,en.pdf>
3. Elkhobar, N. Identification of construction waste in road and highway construction projects [Text] / N. Elkhobar, Z. Denanda, T. Bambang // The Eleventh East Asia-Pacific Conference on Engineering and Construction. — Taipei, Taiwan, 2008. — P. 1–7.
4. Коржов, В. Л. Обґрунтування параметрів і технології будівництва гірських лісових автодоріг з використанням відходів виробництва [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.01 / В. Л. Коржов; Український лісотехнічний ун-т. — Львів, 1994. — 30 с.
5. Бреус, Р. В. Зниження об'ємів відходів водоочищення — осадів стічних вод, шляхом їх утилізації в асфальтобетон [Текст]: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Р. В. Бреус; Укр. НДІ екол. пробл. — Х., 2007. — 21 с.
6. Єрмакова, І. А. Особливості динамічного ущільнення ґрунтових сумішей з використанням відходів гірничого виробництва — «хвостів» [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 05.23.02 / І. А. Єрмакова; Полтавський національний технічний ун-т ім. Юрія Кондратюка. — Полтава, 2005. — 151 с.

7. Данилова, Т. Г. Повышение экологической безопасности при обращении с отходами металлургического производства [Текст]: дис. ... канд. техн. наук: 21.06.01 / Т. Г. Данилова; Нац. горн. ун-т. — Мариуполь, 2004. — 200 с.
8. Хрутьба, В. О. Аналіз економічної ефективності проектів використання металургійних шлаків у дорожньому будівництві [Текст]: зб. наук. пр. / В. О. Хрутьба, Л. І. Крюковська // Вчені записки. — Київ: ІЕП «КРОК», 2009. — С. 229–234.
9. Скорченко, В. Ф. Розробка технічних засобів і заходів, що запобігають забрудненню повітряного басейну автомобільно-дорожньою інфраструктурою [Текст]: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.04 / В. Ф. Скорченко; НАН України, Інститут газу. — К., 1995. — 44 с.
10. Скорченко, В. Ф. Знеплення ґрунтових і щебеневих дорожніх покриттів [Текст] / В. Ф. Скорченко // Безпека життєдіяльності. — 2005. — № 1. — С. 5–9.
11. Розробка технологій поводження з відходами в транспортно-дорожньому комплексі [Текст]: Звіт про виконання науково-дослідної роботи / Держбюджетна тема № 76 № держреєстр. 0107U009610; Мін-во освіти Україна, Національний транспортний університет. — К., 2008. — 110 с.
12. Woodside, G. Environmental, Safety, and Health Engineering [Text] / G. Woodside, D. Kocurek. — John Wiley & Sons, 1997. — 580 p.
13. Хрутьба, В. О. Методологічні основи управління екологічними проектами та програмами [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: спец. 05.13.22 / В. О. Хрутьба; Національний транспортний університет. — К., 2014. — 368 с.
14. Хрутьба, В. О. Підвищення рівня екологічної безпеки в проектах використання металургійних шлаків в дорожньому будівництві [Текст]: матер. І Міжн.наук.-практ. конф. «Екологічна безпека як основа сталого розвитку суспільства», 29–30 лист. 2012 р. / В. О. Хрутьба, Л. І. Крюковська. — Львів, 2012. — С. 367–368.
15. Nelson, L. Strategies of Industrial and Hazardous Waste Management [Text] / L. Nelson, J. Nemerow. — Wiley & Sons, 1998. — 748 p.
16. Руденко, С. В. Проектно-ориентированное управление состоянием окружающей среды в территориальных эколого-экономических системах [Текст]: дис. ... докт. техн. наук: 05.13.22 / С. В. Руденко; Одесский национальный морской университет. — Одесса, 2011. — 331 с.

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ЭКОЛОГИЧЕСКОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ПРОЕКТОВ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ОТХОДОВ КАК ДОРОЖНО-СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Представленная система показателей экологической безопасности для проектов использования отходов для дорожного строительства на примере использования металлургического шлака для дорожной одежды. Определены показатели экологической безопасности отходов металлургического производства и показатели экологической безопасности в проектах использования отходов в качестве альтернативного дорожно-строительного материала. Разработан алгоритм конструирования дорожной одежды с уменьшением материалоемкости и энергоемкости конструкции.

Ключевые слова: экологическая безопасность, проект, автомобильная дорога, дорожное покрытие, металлургический шлак, отходы.

Хрутьба Вікторія Олександрівна, доктор технічних наук, доцент, кафедра екології та безпеки життєдіяльності, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: hrutba@mail.ru.

Вайганг Ганна Олександрівна, кандидат технічних наук, кафедра екології та безпеки життєдіяльності, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: malko.anna.comp@mail.ru.

Крюковська Леся Іванівна, старший викладач, кафедра екології та безпеки життєдіяльності, Національний транспортний університет, Київ, Україна, e-mail: krjukovska@yandex.ua.

Хрутьба Вікторія Александровна, доктор технических наук, доцент, кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности, Национальный транспортный университет, Киев, Украина.

Вайганг Анна Александровна, кандидат технических наук, кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности, Национальный транспортный университет, Киев, Украина.

Крюковская Леся Ивановна, старший преподаватель, кафедра экологии и безопасности жизнедеятельности, Национальный транспортный университет, Киев, Украина.

Khutba Viktoriia, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: hrutba@mail.ru.

Weigang Ganna, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: malko.anna.comp@mail.ru.

Krukovskaja Lesja, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: krjukovska@yandex.ua