

ДО ОЦІНЮВАННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ДОРОЖНЬОГО ОДЯГУ З ВИКОРИСТАННЯМ В КОНСТРУКЦІЇ АЛЬТЕРНАТИВНИХ МАТЕРІАЛІВ

Крюковська Л.І.

Дорожнє будівництво є галуззю, що забезпечує транспортну систему необхідною мережею автомобільних доріг. Постійне зростання якості галузевого виробництва, зобов'язує дорожньо-транспортні організації приділяти більше уваги контролю якості будівництва доріг, у тому числі контролю якості земляного полотна і дорожніх одягів (ДО) [1]. Рівень техніко-експлуатаційних властивостей нових автомагістралей повинен відповідати сучасним вимогам з точки зору їх якості, безпеки та екології. Це вимагає застосування сучасних і перспективних дорожньо-будівельних матеріалів, конструкцій ДО та будівельних технологій.

Інтенсивні темпи дорожнього будівництва потребують пошуку альтернативних замінників природних будівельних матеріалів. До таких відносять шлакові матеріали, зокрема, металургійні шлаки, які є відходами розвинутого в Україні металургійного виробництва [2]. Шлакові матеріали в порівнянні з гранітним щебенем мають значні переваги. Шлаковий щебінь дешевший від щебеню з природних кам'яних матеріалів і потребує значно менших питомих капітальних вкладень [3].

З іншого боку, використання металургійних шлаків в дорожньому будівництві є одним із ефективних і економічно обґрунтованих способів вирішення актуальної екологічної проблеми утилізації відходів металургійного виробництва [4].

Метою роботи є розробка методики оцінювання властивостей ДО з використанням в конструкції альтернативних матеріалів за функціональними, технологічними та еколого-економічними критеріями.

Прийняття рішення щодо вибору тієї чи іншої конструкції ДО здійснюється на основі порівняльної оцінки показників його функціональних, технологічних, економічних та екологічних властивостей.

Серед показників властивостей ДО є такі, що мають тенденцію монотонної зміни чи тенденцію підтримання на певному рівні при досягненні своєї межі. За цими показниками можна визначити міру досконалості і прогресивності, тому їх називають критеріями оцінювання і визначають одночасно як критерії розвитку і критерії якості.

Для системного оцінювання досліджуваних конструкцій ДО виділимо три групи критеріїв:

- функціональні критерії, які характеризують найважливіші показники реалізації функції ДО;
- технологічні критерії, пов'язані з можливістю і простотою будівництва ДО;
- еколого-економічні критерії, які пов'язані з питаннями позитивного чи негативного впливу на навколишнє середовище 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 продуктивності, міцності, надійності.

Критерій продуктивності ДО Q представляє собою інтегральний показник рівня розвитку дороги, її категорії, який безпосередньо залежить від заданої інтенсивності руху автомобілів і виступає як головний показник ефективності.

Критерії міцності включають окремі часткові критерії. Зокрема, за допустимим пружним прогином виконується попереднє конструювання дорожнього одягу, який потім розраховують за критеріями міцності. Конструкція дорожнього одягу вважається міцною, якщо коефіцієнт міцності за кожним з критеріїв більший чи дорівнює $K_{мц}$, знайденого з урахуванням необхідного рівня надійності проектного дорожнього одягу.

Конструкція дорожнього одягу відповідає вимогам надійності та міцності за критерієм пружного прогину, якщо:

$$K_{мц(пр)} \leq E_{заг} / E_{номр} ,$$

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

При проектуванні дорожнього одягу враховується, щоб під дією навантажень в підстилаючому ґрунті та малозв'язних шарах за строк служби не виникали недопустимі деформації зсуву. Тому повинна забезпечуватись умова:

$$K_{мц(зс)} = \frac{T_{зр}}{T},$$

де $K_{мц(зс)}$ – коефіцієнт міцності конструкції ДО за критерієм зсувостійкості в ґрунті; $T_{зр}$ – 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:

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

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

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

На даний час розроблено і розвинуто багато способів, методів і прийомів вимірювання, оцінки і дослідження міцності ДО, які описані в спеціальній літературі. При цьому передбачається формування вимог до міцності, її моделювання на основі сучасних методів, інженерний розрахунок, випробування на міцність і експериментальні дослідження міцності, напрацювання рекомендацій щодо підвищення міцності ДО.

Надзвичайно важливим є критерій надійності, який характеризує здатність дороги виконувати задані функції протягом встановленого часу. Критерій надійності є узагальненим, інтегральним і включає в себе часткові критерії:

- довговічність, яка може характеризуватись рядом показників, зокрема, терміном служби дороги T ;

- безвідказність – властивість ДО зберігати з визначеною ймовірністю працездатність;

- ремонтпридатність, яка визначає можливості ДО до попередження, виявлення та усунення пошкоджень і руйнувань шляхом проведення ремонтного обслуговування;

Зазначені функціональні критерії продуктивності, міцності та надійності надзвичайно сильно впливають один на одного. Їх актуальність і вага завжди були вищими порівняно з іншими групами критеріїв.

Технологічні критерії, головним чином, забезпечують всебічну економію праці при будівництві ДО і підготовці його до експлуатації.

Виділимо технологічні критерії трудомісткості виготовлення і технологічних можливостей.

Критерій трудомісткості будівництва ДО дорівнює відношенню сумарної трудомісткості Π_c проектування, будівництва і підготовки до експлуатації дорожнього одягу до головного показника Q ефективності:

$$K_m = \frac{\Pi_c}{Q}.$$

Таким чином, цей критерій представляють як питому трудомісткість виготовлення на одиницю отримуваної ефективності.

Будь-яка конструкція ДО може складатись не більше як з п'яти типів матеріалів: A_c – стандартних чи отримуваних в готовому вигляді; A_y – уніфікованих, які запозичені із інших видів будівництва; A_{01} – природних кам'яних, застосування яких не виключає труднощів; A_{02} – альтернативних, застосування яких не виключає труднощів; A_{03} – альтернативних, застосування яких викликає значні труднощі, проте їх можна подолати.

Критерій технологічних можливостей, відображає простоту і принципову можливість конструювання та будівництва ДО і визначається за формулою:

$$K_{TM} = \varepsilon \frac{A_c + k_y A_y + k_{01} A_{01} + k_{02} A_{02}}{A_c + A_y + A_{01} + A_{02} + A_{03}},$$

де $\varepsilon = 1$ при $A_{03} = 0$; $\varepsilon = 0$ при $A_{03} > 0$; k_y, k_{01}, k_{02} – вагові коефіцієнти; $A_c, A_y, A_{01}, A_{02}, A_{03}$ – кількість найменувань відповідних елементів. Частковими випадками цього узагальненого критерію є критерій стандартизації ($k_y = k_{01} = k_{02} = 0$); критерій уніфікації ($k_y = 1; k_{01} = k_{02} = 0$). Розглядуваний критерій стимулює виключення абсолютно нетехнологічних елементів A_3 і мінімізацію елементів A_{02}, A_{01}, A_y у відповідності з їх ваговими коефіцієнтами. Автомобільна дорога за функціональними можливостями повинна відповідати визначеному комплексу показників, які характеризують ступінь забезпечення, комфорту і безпеки руху з раціональною для транспортних засобів швидкістю на протязі її експлуатації.

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

Критерій використання альтернативних матеріалів характеризується співвідношенням маси альтернативних матеріалів M_a до загальної маси конструкції ДО M_k :

$$K_{ea} = \frac{M_a}{M_k}.$$

Критерій витрат матеріалу дорівнює відношенню вартості C дорожнього одягу до її головного показника Q ефективності:

$$K_m = \frac{C}{Q}.$$

Таким чином, критерій представляє собою питому вартість ДО матеріалів на одиницю отримуваної ефективності.

Критерій габаритних розмірів ДО дозволяє оцінити габаритні розміри ДО і його елементів при використанні альтернативних матеріалів, що пов'язано з оцінкою:

- зміни площі та об'єму ДО;
- зміни площі землі, яку займає ДО.

Критерій габаритних розмірів дорівнює відношенню основних габаритних розмірів V дорожнього одягу до його ефективності Q :

$$K_m = \frac{V}{Q}.$$

При використанні альтернативних матеріалів в конструкції ДО важливо оцінити зміну площі поперечного перерізу ДО, тому $V = BH$.

Питання раціонального вибору тієї чи іншої конструкції ДО з метою підвищення його техніко-експлуатаційних показників є актуальними як на стадії проектування, так і на стадії будівництва чи реконструкції дороги.

Вибір конкретної конструкції із можливих варіантів можна визначити як прийняття рішення щодо вибору того чи іншого способу покращення показників ДО.

Рішення може бути прийняте тільки на основі логічного обґрунтування того, що вибраний варіант є найкращим або оптимальним за визначених умов.

Кінцевий вибір не є результатом однозначної відповіді, оскільки в кожному випадку потрібно визначати, в якому розумінні найкращим буде той чи інший варіант. Для цього повинна бути проведена критеріальна оцінка кожного з варіантів.

Логічна організація процесу прийняття рішення щодо вибору тієї чи іншої конструкції ДО показана на рис. 1.

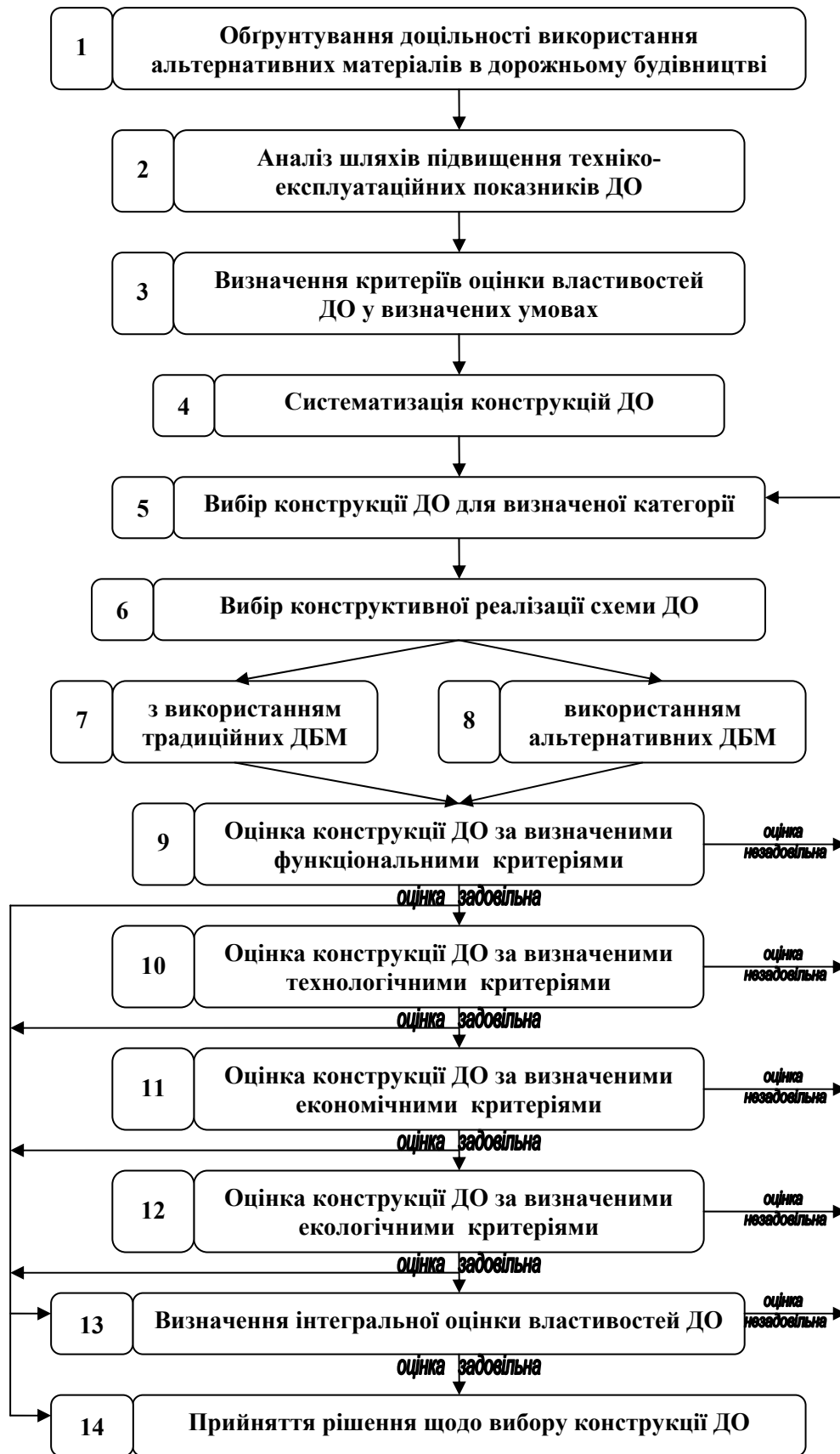


Рис. 1. Блок-схема алгоритму оцінювання та вибору конструкції ДО

На основі обґрунтування доцільності використання альтернативних матеріалів в дорожньому будівництві (блок 1) та аналізу шляхів підвищення техніко-експлуатаційних показників дорожнього одягу (блок 2) визначаються критерії оцінки властивостей ДО у визначених умовах (блок 3). Після аналізу існуючих конструкцій ДО виконується їх систематизація і формуються структурні схеми ДО як можливі варіанти рішення (блок 4). Вибір конструкції ДО для визначеної категорії дороги (блок 5) починається з вибору конструктивної реалізації схеми ДО (блок 6), яка може бути виконана шляхом застосування традиційних (блок 7) чи з використанням альтернативних матеріалів (блок 8).

В блоках 9-12 здійснюється оцінка тієї чи іншої конструкції ДО за визначеними функціональними (блок 9), технологічними (блок 10), економічними (блок 11) та екологічними (блок 12) критеріями. В блоці 13 здійснюється інтегральна оцінка властивостей ДО.

Зворотні зв'язки показують, що рішення щодо вибору тієї чи іншої конструкції ДО (блок 14) може бути прийнято за результатами оцінки окремих властивостей або після виконання окремих та інтегральної оцінок конструкції.

Вибір тієї чи іншої конструкції ДО для заданої категорії дороги здійснюється на основі оцінки функціональних, технологічних, економічних, екологічних та інтегрального критеріїв.

На кожному етапі оцінки техніко-експлуатаційних показників конструкції ДО проводиться перевірка достовірності результатів шляхом порівняння з експериментальними та статистичними даними, діючими нормами.

Висновок. Використання альтернативних матеріалів в конструкціях дорожнього одягу суттєво змінює їх техніко-експлуатаційні властивості. Розроблена методика оцінювання та вибору тієї чи іншої конструкції за функціональними, технологічними та еколого-економічними критеріями з врахуванням категорії дороги.

ЛІТЕРАТУРА

1. Сиденко В.М., Рокас С.Ю. Управление качеством в дорожном строительстве. – М.: Транспорт, 1981. – 256 с.
2. Хрутьба В.О., Крюковська Л.І. Системний підхід управління проекту використання металургійних шлаків у дорожньому будівництві як вторинної сировини. Матеріали конференції: «Ресурсо- та енергозбереження на підприємствах гірничо-металургійного та хімічного комплексу України», 07-11 жовтня 2008 р., м. Партеніт (Крим)/Ред. Кол. Ноговіцин О.В. та ін. – К.: Т-во «Знання» України, 2008. – 110 с. С. 38-39.
3. Крюковська Л.І., Хрутьба В.О. Аналіз економічної ефективності проектів використання металургійних шлаків у дорожньому будівництві. Вчені записки: Зб. Наукових праць / К.: ІЕП “КРОК” – Дорадо, 2009.
4. Крюковська Л.І. Розробка моделі життєвого циклу металургійного шлаку як дорожньо-будівельного матеріалу. Вісник Національного транспортного університету. - К.: НТУ, 2009. - Випуск 18. - с. 206-211.