

УДК 624.21/.8:504.055

Медведєв К. В., канд. фіз-мат. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0002-0704-7093>

Морозов А. В., аспірант, <https://orcid.org/0000-0001-5596-6193>

Морозова Т. В., канд. біол. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0003-4836-1035>

Рутковська І. А., канд. техн. наук, доц., <https://orcid.org/0000-0001-7832-4222>

Хрутьба В. О., д-р. техн. наук, проф., <https://orcid.org/0000-0002-8121-2042>

Національний транспортний університет, м. Київ, Україна

ОСНОВНІ ТЕХНІЧНІ ПРИНЦИПИ ПРОЕКТУВАННЯ БІОПЕРЕХОДІВ

Анотація

Вступ. Забезпечення подальшого економічного зростання та соціальних змін в Україні передбачають розвиток дорожньо-транспортної мережі та її інфраструктури за європейськими вимогами. Інфраструктура, яка забезпечує ефективне функціонування автодорожньої індустрії, включає безпосередньо дорожню мережу та споруди на ній, у тому числі мости, естакади, ландшафтні мости, екодуки та тощо). Кожна із зазначених складових локально негативно впливає на довкілля, водночас вплив інфраструктури у цілому носить регіональний, а іноді й глобальний характер.

Проблематика. Оцінити вплив окремих складових транспортної інфраструктури на тваринний світ досить складно, оскільки транспортна мережа створює для тварин нові чинники впливу, нерідко вони не можуть до них адаптуватися. При прокладанні автошляхів, зазвичай вилучається з обігу більша площа земельних ресурсів, ніж це потрібно. При цьому знищуються та руйнуються природні оселища тварин (за рахунок вирубування дерев, чагарників, осушення боліт, засипання водойм). При обґрунтуванні проектних рішень базовими є оцінки можливого збитку мисливським і зникаючим видам, промисловим і цінним видам риб, сільськогосподарському виробництву.

Прокладання дороги через міграційні шляхи є також питанням безпеки руху, адже масові міграції можуть перешкоджати руху на дорозі і створювати загрозу для життя людей. Це важливо не тільки для великих тварин (небезпека зіткнення), а й для дрібних представників фауни (втрата керованості, збільшення гальмівного шляху). Характерною особливістю зіткнень транспортних засобів з тваринами є зосередження їх на невеликих за протяжністю ділянках доріг (0,6–0,8 км). Місця найчастіших зіткнень збігаються з ділянками, що проходять в нульових відмітках, насипах висотою 2,0–2,5 м та виїмках такої ж глибини, мають пологі схили. За оцінками фахівців, число наїздів на тварин у загальній кількості ДТП не перевищує (2–4) %. Число поранених пасажирів складає 20–25, загинув — 2–3 на 100 зіткнень із тваринами, для яких зіткнення є смертельними (Рубцов, 2017). Для забезпечення збереження біорізноманіття та безпеки учасників дорожнього руху є запобігання зіткнень із тваринами, а у нашому випадку — уникнення дорожньо-транспортного будівництва чи реконструкції там, де це можливо. Коли ж такої можливості немає, необхідно передбачати створення конструкцій для перетину тваринами доріг (Гавриленко, 2017). Таким чином, проблема мінімізації ризиків як для представників фауни, так і для дорожнього руху за рахунок спорудження біопереходів та огорож по периметру для пересування представників фауни через автодороги є актуальною.

Мета. Надати основні технічні характеристики для проектування біопереходів та огорож по периметру, які полегшать пересування представників фауни через автодороги з мінімізацією ризику як для фауни, так і для дорожнього руху.

Матеріали та методи. Основними методами дослідження є застосування теоретичних загальнонаукових підходів для вивчення містобудівних об'єктів: аналіз і синтез міжнародних та вітчизняних науково-теоретичних робіт, документації ЄС (хартій, вимог до проектування), української нормативно-правової бази, літературних джерел; збір та аналіз статистичних даних для виявлення небезпек впливу дорожньої інфраструктури на біорізноманіття і визначення цінності природного ландшафту території побудови біопереходу.

Результати. Результатом роботи є систематизація основних технічних принципів проектування біопереходів, методичних підходів і практичних рекомендацій, які, з урахуванням вимог до інтеграції дикої природи на етапі планування розвитку дорожньої інфраструктури, є підґрунтям для вибору способу розроблення найкращого та найпростішого еколого-економічного рішення, що забезпечить збереження біорізноманіття шляхом дефрагментації ареалів.

Висновки. Заходи щодо дефрагментації середовища існування спрямовані на зниження перенавантаження функціонуючої інфраструктури, зокрема бар'єрного ефекту. Здійснений нами аналіз дає змогу виявити кращі приклади будівництва біопереходів і застосувати прогресивний вітчизняний та міжнародний досвід для вдосконалення існуючих проектів із використанням досвіду розробок ЄС. Систематизація основних технічних принципів проектування біопереходів є основою для розроблення національного стандарту щодо вимог до проектування біопереходів на автомобільних дорогах для визначення чітких вимог до проектування, будівництва, ремонту і утримання біопереходів для диких тварин на автомобільних дорогах.

Ключові слова: автомобільна дорога, біоперехід, біорізноманіття, дорожня інфраструктура, фрагментація ландшафту.

Вступ

Забезпечення подальшого економічного зростання та соціальних змін в Україні передбачають розвиток дорожньо-транспортної мережі та її інфраструктури за європейськими вимогами. Інфраструктура, забезпечує ефективне функціонування автодорожньої індустрії, включає безпосередньо дорожню мережу та споруди на ній, у тому числі мости, естакади, ландшафтні мости, екодуки тощо). Кожна із зазначених складових локально негативно впливає на довкілля, водночас вплив інфраструктури у цілому носить регіональний, а іноді й глобальний характер. Це обумовлюється комплексним характером впливу на ландшафти, зокрема, спричиняється фрагментація середовища (бар'єрний ефект лінійних структур), що призводить до деградації та втрати місця існування фауни, ізоляції популяцій, порушення екологічних процесів, збільшується смертність тварин. Автомобільні шляхи виступають штучними бар'єрами, фрагментуючи природне середовище та ізолюючи деякі ділянки. Виникає ефект «бумерангу», що створює перешкоди для тварин у реалізації їх життєвих циклів, оскільки, зазвичай їм притаманні щорічні міграції, масштаби яких перевищують розміри фрагментованих ділянок ландшафту. Невідворотний конфлікт «тварина – дорога» ускладнює перебіг їх життєвого циклу, що у решті-решт, негативно позначається на популяціях. Це спричиняє генетичну ізоляцію тварин та значно зменшує чисельність локальних популяцій. Ефект «бумеранга» тісно корелює з такими законами Б. Коммонера «все пов'язане з усім» та «за все потрібно платити».

Оцінити вплив окремих складових транспортної інфраструктури на тваринний світ досить складно, оскільки транспортна мережа створює для тварин нові чинники впливу, нерідко вони не можуть до них адаптуватися. При прокладанні автошляхів, зазвичай вилучається з обігу більша площа земельних ресурсів, ніж це потрібно. При цьому знищуються та руйнуються природні оселища тварин (за рахунок вирубування дерев, чагарників, осушення боліт, засипання водойм).

При обґрунтуванні проектних рішень базовими є оцінки можливого збитку мисливським і зникаючим видам, промисловим і цінним видам риб, сільськогосподарському виробництву.

Прокладання дороги через міграційні шляхи є також питанням безпеки руху, адже масові міграції можуть перешкоджати руху на дорозі і створювати загрозу для життя людей. Це важливо не тільки для великих тварин (небезпека зіткнення), а й для дрібних представників фауни (втрата керованості, збільшення гальмівного шляху). Характерною особливістю зіткнень транспортних засобів із тваринами є зосередження їх на невеликих за протяжністю ділянках доріг (0,6–0,8 км). Місця найчастіших зіткнень збігаються з ділянками, що проходять в нульових відмітках, насипах висотою 2,0–2,5 м та виїмках такої ж глибини, мають пологі схили. За оцінками фахівців, число наїздів на тварин у загальній кількості ДТП не перевищує 2–4 %. Число поранених пасажирів складає 20–25, загиблих — 2–3 на 100 зіткнень з тваринами, для яких зіткнення є смертельними (Рубцов, 2017). Для забезпечення збереження біорізноманіття та безпеки учасників дорожнього руху є запобігання зіткнень із тваринами, а у нашому випадку – уникнення дорожньо-транспортного будівництва чи реконструкції там, де це можливо. Коли ж такої можливості немає, необхідно передбачати створення конструкцій для перетину тваринами доріг (Гавриленко, 2017).

Одним із заходів вирішення цієї проблеми є спорудження дорожніх огорожень та екодуків, або біопереходів — безпечних переходів для диких тварин. Згідно з ДСТУ 8751:2017, який регулює дорожні огороження, дорожні огороження першої групи, огороження для запобігання виходу тварин на дорогу, «до огорожень другої групи належать сітки, конструкції поручневого типу тощо, призначені для упорядкування руху пішоходів та запобігання виходу на проїзну частину доріг диких і свійських тварин». Згідно ДСТУ 8814:2018, біоперехід — спеціальна транспортна споруда у вигляді мосту або труби, що призначена для проходу диких або свійських тварин. У ДБН В.2.3-22:2009 крім поняття «біоперехід» визначається також поняття «віадук», під яким розуміють транспортну споруду, що перетинає ущелину або іншу природну западину. В ОДМ 218.6.023-2017 визначено поняття «екодук» як штучної споруди над дорогою, яка призначена для проходу по ньому не тільки тварин. В СП 461.1325800.2019 розрізняють *біоперехід*, як комплекс інженерних споруд для безпечного перетину мігруючими тваринами лінійних об'єктів транспортної інфраструктури; *біоперехід мостового типу*, як штучна споруда, яка забезпечує безпечний перетин мігруючими тваринами над автомобільною дорогою, залізницею або іншими лінійними об'єктами транспортної інфраструктури; *біоперехід пандусного типу* є штучною спорудою з пологими ґрунтовими укосами (1:5–1:12) та полотном переходу на рівні проїзної частини автомобільної дороги, верхньої споруди шляху залізниці або поверхні захисного покриття трубопроводів.

Найбільш поширені види біопереходів представлені мостом (естакадою) або підземним переходом, але існують і інші їх варіації, залежно від призначення і локації: тунелі, водопропускні труби, наземні і підземні переходи. Зведення біопереходів може бути корисним не лише при будівництві доріг, але й для інших аспектів територіальної організації, зокрема, для розвитку збалансованих міст, планування та управління заповідними територіями. Це ключові моменти «зеленої інфраструктури», стратегічно спланованої мережі високоякісних природних і напівприродних територій у тісній взаємодії з елементами довкілля, що, у свою чергу, забезпечує широкий спектр екосистемних послуг та збереження біорізноманіття.

У багатьох країнах практика впровадження біопереходів вже давно успішно використовується. В Україні, наразі, лише розпочали монтаж металевих гофрованих конструкцій (біопереходів) на трасі Н-31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка, які призначені як для пропуску води, так і вільного пересування диких та свійських тварин і навіть для невеликих транспортних засобів (Звіт з ОВД, 2018).

Незважаючи на те, що наразі в Європі помітний прогрес у питаннях вивчення та запобігання фрагментації ландшафту, загальні висновки ще не сформовані та не визначені пороги впливу, які могли б однозначно оцінити масштаби навантаження. Продовжується дослідження транспортної мережі з метою мінімізації впливу на довкілля, розроблення необхідних для цього механізмів і заходів. В Україні відсутні достовірні дані щодо смертності тварин, особливо диких, на автошляхах і не вживаються заходи їх захисту. Це питання в Україні лише набуває актуальності, а наявні дані носять локальний несистемний характер. Відсутні систематизовані методи дослідження, недостатньо вивчені еколого-економічні аспекти цієї тематики, не розв'язано більшість прикладних завдань, найважливішими з яких є: збереження ландшафту, захист дикої природи й захист населених пунктів від шумового навантаження від дороги. Тому визначення технічних принципів і організаційних заходів екологічно-дружнього проектування автомобільних доріг є складним та багатоцільовим завданням і потребує ґрунтовних досліджень у різних напрямках. Вивчення даного питання обумовлюється необхідністю впровадження сучасних ефективних заходів щодо зниження бар'єрного ефекту і смертності представників фауни, мінімізації витрат на створення умов безпечного співіснування довкілля та дорожньої інфраструктури.

Основна частина

У Європі точкою відліку для інтеграції знань щодо дефрагментації ландшафту є Action COST 341 (1999-2003), в якому сгенеровані технічні заходи, спрямовані на зменшення негативних наслідків транспортної інфраструктури. Інформація щодо мінімізації негативного впливу на дику природу досить детально представлена європейською комісією та організацією InfraEcoNetworkEurope в документі «Fauna y Tráfico», де на підставі експериментальних проєктів розроблено керівні принципи і рекомендації щодо виявлення конфліктів (між господарською діяльністю людини і природою) (Luelletal., 2005). Технічні стандарти будівництва споруд для дефрагментації ландшафту висвітлені у Handbook of Road Ecology (Vander Reeetal. 2015) та Prescripciones técnicas (2015). В Росії розроблено СП «Биопереходы на объектах транспортной инфраструктуры. Правила проектирования», який буде введений у дію 17.06.2020 р. Цей стандарт містить перелік видів адаптаційної здатності фауни на різних типах переходів і конструктивних рішень для біопереходів.

В Україні питання, які стосуються біопереходів, також розглядаються в нормативних документах, зокрема, у п. 9.5. ДБН В.2.3-22:2009 вказується, що у місцях міграції диких тварин мають бути передбачені біопереходи над або під автомобільними дорогами і залізницями за спеціальними технічними вимогами місцевих природоохоронних органів. У цьому ж документі наводиться визначення терміну біоперехід – спеціальна транспортна споруда у вигляді моста або тунелю (труби), що призначена для проходу диких або домашніх тварин (ДБН В.2.3-22:2009).

Питання захисту тваринного світу від негативного впливу автомобільних доріг пропонують вирішувати шляхом будівництва біопереходів — інженерних споруд для міграції тварин (Р В.2.3-03450778-812:2013). З метою уникнення негативних впливів на біоту на перетині шляхів міграції диких тварин з автомобільними дорогами з інтенсивністю руху більше 10 000 авт/добу рекомендовано влаштовувати біопереходи та огороження висотою від 2,0 м до 2,5 м і довжиною не менше ніж 0,5 км по обидві сторони від шляху міграції тварин (ГБН В.2.3-218-007:2012). Згідно з п. 5.3. ДБН В.2.3-22:2009 габарити мостів для прогону худоби слід приймати завширшки не менше ніж 6,0 м, заввишки не менше ніж 2,5 м. Якщо споруди призначено для міграції диких тварин (біопереходи), то їх габарити призначаються за технічними вимогами природоохоронних органів. Згідно п. 4.4. ВБН В.2.3-218-198:2007, гофровані конструкції біопереходів доцільно проектувати

у вигляді півкруглої арки з радіусом не менше ніж 3 м, яка обпирається на стрічковий фундамент.

Проте в Україні наразі не розроблені правила проектування таких об'єктів в умовах сучасного будівництва та стандарти щодо облаштування такого роду конструкцій.

У Європейських стандартах зазначається при розробленні заходів щодо дефрагментації ландшафту, слід уникати тривіальності та враховувати специфіку регіону. Заходи щодо дефрагментації середовищ існування традиційно поділяють на дві групи:

- заходи, що зменшують фрагментацію, забезпечуючи зв'язок між порушеними середовищами існування (шляхопроводи, переходи тощо);
- заходи, що створюють умови для підвищення безпеки дорожнього руху та зменшення смертності тварин, пов'язаної з дорожнім рухом.

Такий поділ на групи обумовлений різними функціями, однак на практиці ця відмінність є розмитою і заходи можуть одночасно виконувати обидві функції. Крім того, слід зазначити, що конструктивні рішення забезпечення безпеки руху на дорогах мають супутні негативні наслідки (огорожі є засобом зменшення кількості зіткнень між великими ссавцями та автомобілями, але збільшують фрагментацію середовища). Отже, вони можуть розглядатися як засіб пом'якшення подрібненості лише в поєднанні з біопереходами, які компенсують негативний бар'єрний ефект. Яскравим прикладом консолідації двох груп заходів є проходи для видр, які одночасно зв'язують фрагментовані ділянки та зменшують кількість загиблих на дорозі тварин (Fauna y Tráfico, 2005).

Заходи, спрямовані на зменшення смертності тварин, включають також адаптацію інженерних споруд (водостоки, канами, водопропускні труби тощо), які можуть бути смертельними пастками, особливо для дрібних тварин. Основним завданням в регіонах призбільшенні транспортного потоку є не проектування нових лінійних транспортних структур, а удосконалення існуючих з урахуванням специфіки регіону.

Аналіз світового досвіду будівництва біопереходів, дозволяє класифікувати їх за видами: ландшафтні мости, екодуки, «зелені мости», переходи по верхівках дерев, по дорожньому покриттю, підземні проходи, тунелі та кульверти (водопропускні труби). У цілому термін «перехід для дикої природи» окреслює зв'язки на рівні популяції/субпопуляції, а «ландшафтний міст» – на рівні ландшафт/екосистема. Проте, розмежування є штучним і обумовлюється рекомендованою шириною.

Ландшафтні мости та *wildlife crossing* (естакади дикої природи) будуються через дорогу з кількома смугами та/або з високою щільністю і швидкістю руху, або з комбінацією обох складових. Це ефективні споруди для локальної мінімізації фрагментації ландшафту для багатьох видів тварин, оскільки вони з'єднують біогеоценози і не будуються лише для одного або двох цільових видів. Це вимагає проектного моделювання місць існування по обидва боки від інфраструктури з урахуванням характеристик біоценозів, кліматопу та едафотопу.

Мости є складними інженерними спорудами, які облаштовують у місцях активної міграції тварин та добре інтегруються в ландшафт. Призначені для збереження або встановлення зв'язку між біотопами за рахунок озеленення крайових зон, формування лук, деревно-чагарникової рослинності, сухих або вологих зон на мосту. Ширина, конструкція та рослинність значною мірою залежать від цільових видів. Це означає, що зв'язок між лісовими екосистемами потребує на шляхопроводі принаймні елементів типового середовища існування. Це яскраво відображено на трасі B31neu Шварцграбен на півдні Німеччини (рис. 1, а). Ширина моста 50 м, він гармонійно поєднаний з місцевою дорогою, густо покритий кущами та невеликими деревами, оскільки з'єднує лісові екосистеми (Prescripciones técnicas, 2015). Мости також виступають орієнтирами для птахів, кажанів та метеликів, і зменшують їх побоювання перетинати відкриті поверхні.

На рис. 1, б зображено екологічний міст (Eco-Link@BKE), який дозволяє тваринам перетинати шосе, що проходить між заповідниками Bukit Timah і Central Catchment (Словацька

Республіка), що сприяє взаємодії диких мешканців з двох заповідників. Покращення взаємодії, у свою чергу, запобігає генетичній ізоляції, сприяє значному поширенню генофонду, скороченню інбридингу та підвищенню виживання виду.



а)

б)

Рисунок 1 — Приклади екодуків: а) екодук у Німеччині; б) екодук у Словаччині

Для будівництва біопереходів у світовій практиці використовують різноманітні матеріали: клеєний брус, сталь, бетон, композитні матеріали та залізобетон.

По суті екодук — той самий міст, призначений для переходу тварин. Він потребує складнішого облаштування — подовжені підходи для створення пологого підйому і спуску, що вимагає додаткового відчуження земель, додаткового озеленення, аж до створення рослинно-дернового покриття на самій естакаді, утримання цієї споруди в належному стані, у результаті чого капітальні і поточні витрати перевищують аналогічні показники для звичайної естакади, призначеної для автомобільного транспорту. Варіант улаштування тунелю під автомобільною дорогою, який був би привабливим не тільки для дрібних, а й великих тварин стикається з тією ж проблемою: облаштування й експлуатація такого тунелю дорожче аналогічної споруди для автотранспорту.

Архітектура споруд різноманітна і має створювати комфортні умови як для людей, так і для тварин. Наприклад, екодук у формі аркової споруди створює відчуття природного середовища для тварин (цільної ділянки лісу), але і забезпечує достатню освітленість проїзної частини для водіїв. Також розробляють проекти екодуків з оглядовими майданчиками (можна проводити моніторинг дикої природи в наукових цілях або просто спостерігати за природою).

Конструкція у вигляді параболічної труби, хоча і дорожча, ніж прямокутна, полегшує тваринам пошук точок перетину дороги (рис. 2). Фітоценози на поверхні конструкції повинні бути різноманітними, об'єднувати відкриті простори центральної частини з поздовжніми полосами дерев та кущів щільнішими і вищими у секціях. Найкраще планувати будівництво так, щоб місця входу були на одному рівні з поверхнею землі та забезпечити подібність з довкіллям. Також дуже важливо мінімізувати порушення спокою тварин світлом і шумом автомобілів для цього рекомендовано по краях розміщувати непрозорі екрани або густі зарості чагарників.

Необхідно передбачити дренаж поверхні на схилі (2–3 %) його центральної поздовжньої осі до країв із шаром ізолюючого матеріалу для захисту основи і забезпечення довговічності. Зверху над прогоновою будовою розміщується монолітна плита (рис. 2), на поверхню якої наноситься гідроізоляція. Зверху насипається ґрунт, створюється дерновий шар, висаджується трава, чагарники, дерева.

Підвищений рівень шумового навантаження безпосередньо на підходах до біопереходу і на

ньому створює своєрідний «психологічний бар'єр» для тварин. Зазвичай ця проблема вирішується шляхом влаштування шумозахисних екранів, як це зроблено на автомобільній дорозі М-3 (Україна), що додатково здорожчує конструкцію. Конструкція має бути закрита для відвідування людей (решітки, попереджувальні знаки). Проектні рішення ландшафтних біопереходів повинні мінімізувати потрапляння світла з об'єктів транспортної інфраструктури. Рекомендовані параметри ландшафтного мосту (СП 461.1325800.2019): рекомендована ширина конструкції — більше ніж 100 м, мінімальна ширина — 70 м, висота огорожі — 2,4 м, товщина настилу 1,5–2,0 м (щоб забезпечити зростання дерев висотою 2,4–3,6 м, а також ефективний рівень зволоженості ґрунту), товщина шару ґрунту на мосту для чагарників — 60 см, трав'янистої рослинності — 30 см. Ґрунт необхідно використовувати з прилеглих територій, з метою використання переваг місцевого насіннєвого банку та мінімізації ризиків інтродукції. Зелені мости повинні мати форму пісочного годинника, тобто звужуються від контропори до центру. Іноді будують прямокутні конструкції.

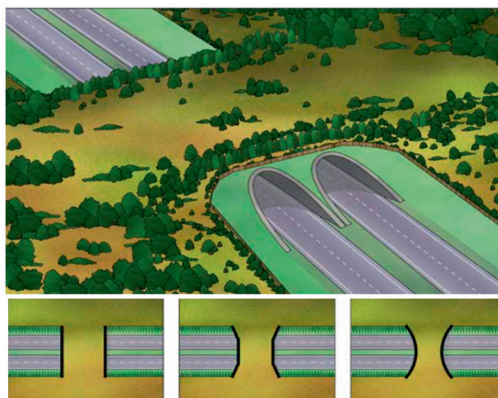


Рисунок 2 — Конструкція у вигляді параболічної труби (Prescripciones técnicas, 2015)

У випадку, якщо рівень проходу у центральній частині ландшафтного шляхопроводу вище земляного полотна, то необхідно, створити пологі підходи не більше 15 %, а закладання укосів виїмки — не крутіше ніж 1:2. Прогони центральної частини ландшафтного шляхопроводу і на підходах до нього повинні бути вкриті шаром ґрунту з фітоценозами, типовими для даного ландшафту (переважно трави та чагарники, дерева заввишки до 2,5–4,0 м), можливе розміщення каменів. Ширина переходу повинна поступово розширюватися в обидва кінці (вигляду пісочного годинника), з метою повного нівелювання споруди та плавного переходу в прилеглі екосистеми (Wansink, 2013).

Рекомендовану стандартну ширину біопереходів (між огорожами) можна зменшити до 20 м (мінімальна), за умови забезпечення коридору руху для невибагливих видів, таких як косуля (можуть використовувати воронкоподібні шляхопроводи мінімальною шириною менше ніж 20 м, але на вході не менше 40 м), або якщо споруда знаходиться безпосередньо на міграційних шляхах. Тварини, які ведуть осілий спосіб життя можуть використовувати вузьчі шляхопроводи, але частота їх використання менша, ніж більш широких. Крім того достеменно не вивчено питання як молоді тварини реагують на вузькі переходи, наприклад, під час розгону. Необхідна ширина залежить від довжини шляхопроводу, мінімальне відношення ширини до довжини повинно бути більше ніж 0,8.

Рекомендована мінімальна ширина для ландшафтних мостів не менше 80 м (Wansink, 2013; Technical prescriptions, 2016, COST 341, 2003). Це дозволяє створити різні середовища існування для забезпечення зв'язку між екосистемами. Оптимальна ширина залежить від різноманітності та значимості середовищ існування, які мають бути з'єднані. У деяких випадках, ландшафтний міст

може бути завширшки кілька сотень метрів, щоб зберегти сполучуваність ландшафту. Натомість у ОДМ 218.6.023-2017 вказується — від 20 м до 40 (50) м, залежно від крупності тварин: лось — завбільшки ніж 40 (50) м, косулі, кабани, ведмеді, рисі, вовки — від 30 м до 40 м, лисиці, куниці — менше ніж 30 м.

У літературі (*Prescripciones técnicas*, 2015) вказується, що найбільший ефект спостерігається від комплексів біопереходів, які розташовані на віддалі (1–15) км один від одного та доповнюються огорожувальними спорудами. Особливого значення набуває спеціально посаджена рослинність, яка відповідає сформованим екосистемам території і створює звичне для диких тварин середовище. Є певні особливості, які необхідно враховувати при проектуванні, зокрема, великі тварини потребують ширших шляхопроводів. Для них ширина та розташування більш важлива, ніж деталі конструкції, субстрат чи рослинність. Дрібні хребетні та безхребетні більше покладаються на особливі умови середовища існування, які можуть бути забезпечені лише на відносно широких переходах. Арки та інші типи конструкцій аналогічні тим, що використовуються під час будівництва мостів.

Важливим моментом є також розміщення такого мосту — на міграційних стежках, які можна визначити, наприклад, методом картографування доріжок на снігу/піску/пилу, фотопасток тощо, при плануванні спорудження такого мосту необхідно уникати сильно порушених зон, ділянок зі значними перепадами відміток місцевості або на насипах.

Фітоценоз повинен відображати природні місця існування зооценозу, розташовані по обидва боки інфраструктури. Рослини необхідні для спрямування як цільових, так й інших видів тварин через шляхопровід, напрямну лінію, прикриття та захист від світла і шуму від дороги, особливо для великих видів ссавців. Штучні екрани доцільніше облаштовувати на відносно вузьких шляхопроводах. При облаштуванні двометровим екраном огорожі не потрібні, крім того необхідно уникати високих екранів, оскільки вони можуть створювати негативний тунельний ефект для тварин. На мостах завширшки 50 м і більше допускається не облаштовувати штучних шумозахисних екранів. Екрани необхідні і в місцях, високого рівня впливу на тварин світла фар від автомобільного транспорту. Для збільшення робочої поверхні мосту екрани зазвичай розміщують на зовнішньому краю конструкції. Земляні насипи зовнішнього краю шляхопроводу, що простягаються вздовж транспортної інфраструктури, є хорошими екранами. Вони особливо підходять для широких шляхопроводів і ландшафтних мостів. Щільні живоплоти, що використовуються як екрани, найкраще розміщувати на низькому земляному насипі. У посушливих кліматичних умовах для зниження шумового ефекту від дороги доцільним є розміщення непрозорого екрану, а в умовах помірного клімату — сітчастої огорожі із зеленим екраном (рис. 3). Мінімальна висота екрану — 2 м, матеріал повинен гарантувати довговічність (оброблене дерево, пофарбований бетон або метал). За необхідності полегшення обслуговування конструкції, між екраном та рядом рослин можна залишити невеликий простір.

За потреби на мосту можуть розміщатися лінійні елементи — живоплоти, сухі стіни, дерев'яні огорожі, які не перешкоджають руху тварин. Крім того, рекомендується розміщення каміння або стовбурів дерев для забезпечення функціонування мікроекосистем та схованок тварин, що приманює безхребетних, рептилій та інших дрібних тварин. Особливо цінні такі елементи на початкових етапах спорудження, коли рекультиваційні механізми ще не запущені. Приклади типових конструкцій екодуків наведено на рис. 4.

Для спрямування тварин передбачаються сітчасті огорожі, земляні насипи, зелені пояси (рис. 4) не менше ніж 500 м у кожен бік. В ОДМ 218.6.023-2017 вказано, що огороження встановлюють з двох боків дороги на відстані від краю проїзної частини 20–25 м на дорогах I–III категорій і 10–15 м — на дорогах IV і V категорій (або по лінії межі смуги відведення).

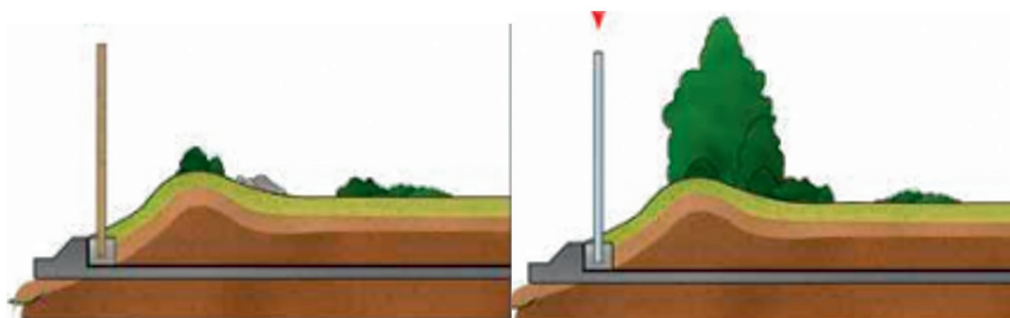


Рисунок 3 — Розміщення непрозорого екрану та сітчастої огорожі із зеленим екраном (Prescripciones técnicas, 2015)

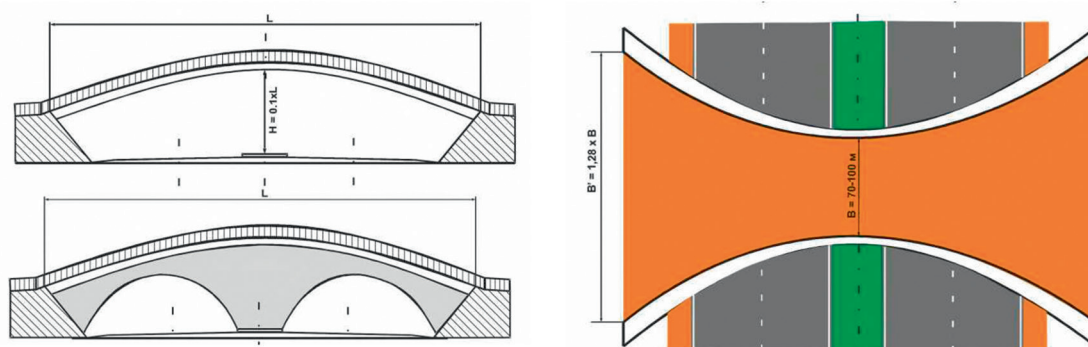
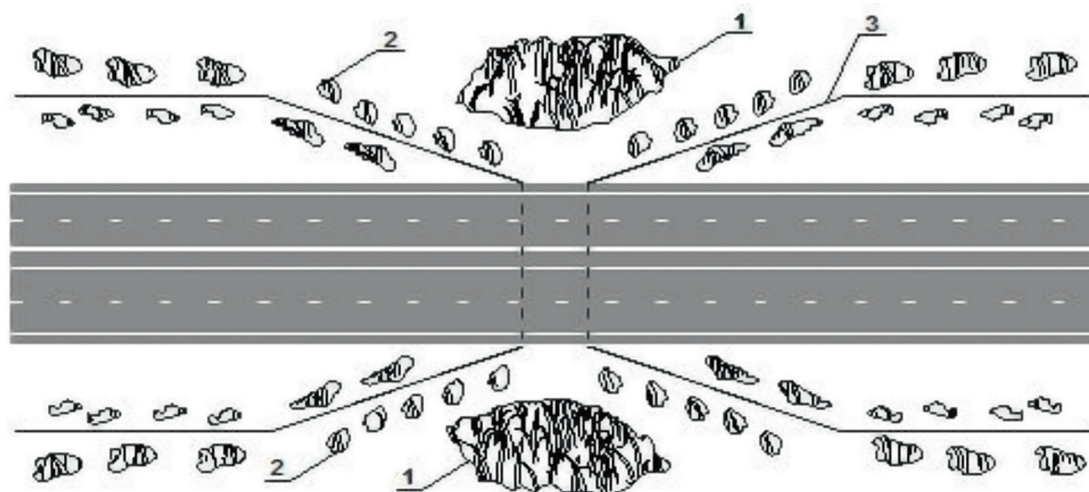


Рисунок 4 — Приклади типових конструкцій екодуків (ОДМ 218.6.023-2017)



1 — природні фітоценози; 2 — декоративні рослини; 3 — огорожа

Рисунок 5 — Схема інженерного облаштування огорожі в місцях перетину шляхів міграції тварин і дороги (ОДМ 218.6.023-2017)

Біопереходи (ландшафтні шляхопроводи, екодуки, тунелі) поєднуються з огорожами без розривів, проміжків, дірок тощо, для унеможливлення виходу тварин на проїзну частину. Огородження рекомендовано встановлювати з обох боків дороги в одному створі в поперечному профілі, а в поздовжньому профілі — по одній лінії. В українських нормативних документах відсутні рекомендації щодо конструкцій огорож біопереходів, наявні рекомендації щодо облаштування огорожень другої групи (ДСТУ Б В.2.3-11-2004) для запобігання виходу тварин на дорогу. Як елементи огорожі біопереходів, як правило, використовують уніфіковані за конструкцією, матеріалами та способом монтажу. Конструкції огорожі повинні відповідати загальним технічним вимогам ДСТУ Б В.2.3-11-2004 та ДСТУ 8751:2017.

Для запобігання перетину тваринами дороги по закінченні лісової зони огорожі встановлюють 100 м від кінця узлісся. Висоту огорожі визначають залежно від виду диких тварин: олень, лось, лань — (2,4–2,8) м; косуля, кабан, борсуки — (1,6–2,4) м; лисиці, норки, ласки, куниці — (1,2–1,6) м з розміром комірки (1–2) см. Мінімальна висота огорожі з боку підходу тварин — 2,4 м. Якщо місце встановлення нижче, ніж дорога, то огорожа може бути нижче рівня бровки земляного полотна землі. Залежно від рельєфу і глибини снігового покриву висота огорожі може бути збільшена до 3,7 м. Якщо в лісовій зоні переважають норки, ласки або куниці, загальна висота огорожі над рівнем землі з відігнутою верхньою частиною (кут від 30°–45° в бік лісу) сітки повинна бути не менше (15–25) см.

У верхній (для візуального збільшення висоти огорожі) і нижній (для запобігання підкопування тварин) частині огорожі рекомендується натягувати колючий дріт. Крім того, в місцях, де присутні тварини, здатні робити підкопи (ведмеді, собачі, борсуки, кабани) огорожу заглиблюють в ґрунт (землю) на (20–40) см.

Елементи огорожі повинні бути міцними і стійкими до дії різних чинників в діапазоні температур від мінус 50 °С до плюс 50 °С, підвищеної вологості повітря — до 100 % за температури 35 °С, конструкція повинна витримувати снігове навантаження не менше ніж 1,5 кН/м, відхилення від прямолінійності поздовжніх площин елементів огорожі — не більше 3,0 см/м, колір огорожі — зелений, чорний, червоний або сірий. Контроль виконання вимог призначеності та надійності огороження здійснюється за встановленим порядком при прийманні робіт із будівництва, реконструкції, ремонту автомобільної дороги, вулиці, штучної споруди. Полотно може бути зроблено зі збірних конструктивних елементів розмірами (1,8–4,0) м. У разі застосування металевих або дерев'яних огорож віддалі між вертикальними (горизонтальними) елементами заповнення (2–12) см. У сітчастих огорожах — вічко розміром від 4 см × 4 см до 16 см × 16 см; діаметр дроту в горизонтальному напрямку — не менше ніж 2,0 мм, у вертикальному напрямку — не менше ніж 1,9 мм, на крайніх трьох вертикальних рядах — не менше ніж (2,5–3,0) мм; в місцях з великими снігопадами сітка повинна бути посилена кабелем, розташованим над нею; дріт сітчастої огорожі (оцинкований) повинен мати міцність на розрив (розтяг) — (60–120) кг/мм². Для малих тварин, дуже важлива подібність фітоценозу звичним умовам існування. Наявність рослинного покриву сприяє привабливості для трав'яних тварин, забезпечуючи трофічну функцію.

Рекомендовано використовувати аборигенні дерева та чагарники, адаптовані до умов поверхні екодуків (іноді дуже посушливі). Щодо трав'яного покриву, то краще спонтанне заростання (за рахунок перенесення насіннєвого банку (сіно, ґрунт) з прилеглих до шляхопроводу ділянок), що є альтернативою використанню дорожніх насіннєвих сумішей. Необхідно також враховувати проблеми з технічним обслуговуванням на шляхопроводі, які можуть виникати через корені дерев, тому рекомендовано скрупульозно підходити до вибору порід дерев.

Отже, біопереходи дозволяють диким тваринам перетинати дороги в місцях пролягання міграційних шляхів, що мінімізує ризик автокатастроф для людей і для тварин; сприяють

генетичному оновленню, відновленню і росту окремих популяцій; пом'якшують наслідки фрагментації природного місця існування, забезпечуючи вільне переміщення особин між ареалами.

Висновки

Заходи щодо дефрагментації середовища існування спрямовані на зниження перевантаження функціонуючої інфраструктури, зокрема бар'єрного ефекту. Здійснений аналіз дає змогу виявити кращі приклади будівництва біопереходів і застосувати прогресивний вітчизняний та міжнародний досвід для вдосконалення існуючих проектів із використанням досвіду розроблення ЄС. Систематизація основних технічних принципів проектування біопереходів є основою для розробки національного стандарту щодо вимог до проектування біопереходів на автомобільних дорогах для визначення чітких вимог до проектування, будівництва, ремонту й утримання екодуків для диких тварин на автомобільних дорогах.

Список літератури

1. ВБН В.2.3-218-198:2007 Проектування та будівництво споруд із металевих гофрованих конструкцій на автомобільних дорогах загального користування. Київ, 2007. 32 с. (Інформація та документація).
2. Гавриленко О. Транспортні геотехсистеми як фактор втрати біорізноманіття. *Географія*. 3(68)/4(69)/2017. С. 35-40. URL: http://visnyk-geo.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/02/68-69_-7.pdf (дата звернення: 27.07.2020).
3. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. Київ, 2009. 52 с. (Інформація та документація).
4. ДСТУ 8751:2017 Безпека дорожнього руху. Огородження дорожні і напрямні пристрої. Правила використання. Загальні технічні вимоги. Київ, 2019. 44 с. (Інформація та документація).
5. ДСТУ 8814:2018 Транспортні споруди. Мости автодорожні. Терміни та визначення понять. Київ, 2019. 33 с. (Інформація та документація).
6. Звіт з оцінки впливу на довкілля будівництва автомобільної дороги державного значення Н-31 Дніпро – Царичанка – Кобеляки – Решетилівка від села Лобойківка до межі Дніпропетровської області І-б технічної категорії з 4 смугами руху (по 2 смуги в кожному напрямку) в обхід населених пунктів Лобойківка, Петриківка, Могилів, Китайгород, Царичанка, Ляшківка. 459 с. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uk/case/id-533> (дата звернення: 27.07.2020).
7. Рубцов А.А., Евгеньев Г.И. Биопереходы для животных на автомобильных дорогах I категории. *Международный студенческий научный вестник*. 2017. № 4 (7). URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=17622> (дата звернення: 07.05.2020).
8. СП 461.1325800.2019 Биопереходы на объектах транспортной инфраструктуры. Правила проектирования. Москва, 2020. 25 с. URL: <http://docs.cntd.ru/document/564542857> (дата звернення: 07.05.2020).
9. ОДМ 218.6.023-2017 Методические рекомендации по обеспечению безопасности дорожного движения на участках пересечения автомобильными дорогами путей миграции животных. Москва, 2017. 39 с. URL: <https://meganorm.ru/Data2/1/4293742/4293742971.pdf> (дата звернення: 27.07.2020).
10. ДСТУ Б В.2.3-11-2004 Огородження дорожнє перильного типу. Загальні технічні умови. Київ, 2005. 12 с. (Інформація та документація).

11. Р В.2.3-03450778-812:2013 Рекомендації з влаштування біопереходів для міграції тварин через автомобільні дороги. Київ, 2013. 14 с. (Інформація та документація).
12. ГБН В.2.3-218-007:2012 Споруди транспорту. Екологічні вимоги до автомобільних доріг. Проектування. Київ, 2012. 27 с. (Інформація та документація).
13. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. Київ, 2009. 52 с. (Інформація та документація).
14. COST 341 Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure Wildlife and traffic a European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions. 2003. URL: <https://handbookwildlifetraffic.info/handbook-wildlife-traffic/> (дата звернення: 05.05.2020).
15. Iuell B., Bekker G.J., Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlavác V., Keller V.B., Rosell C., Sangwine T., Tørsløv N. & Wandall B. le Maire. (Eds.). 2005. Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Serietécnica. 166 p. URL: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/conectividad-fragmentacion-de-habitats-y-restauracion/fragmentacion-documentos-grupo-trabajo.aspx> (дата звернення: 02.08.2020).
16. Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallado perimetrales (segunda edición, revisada y ampliada). Madrid, 2015. URL: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/prescripciones_pasos_vallados_2a_edicion_tcm30-195791.pdf (дата звернення: 05.05.2020).
17. Technical prescriptions for wildlife crossing and fence design (second edition, revised and expanded). 2016. 123 p. URL: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/technical_prescriptions_wildlife_crossing_tcm30-195792.pdf (дата звернення: 03.05.2020).
18. Vander Ree, R., Smith, D.J. and Grilo, C (eds.). Handbook of Road Ecology. John Wiley & Sons. Oxford. 2015. 552 p. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118568170> (дата звернення: 02.08.2020).

References

1. VBN V.2.3-218-198:2007 Projektuvannia ta budivnytstvo sporud iz metalevykh hofrovanykh konstruktsii na avtomobilnykh dorozhakh zahalnoho korystuvannia (Federal building regulations (VBN V.2.3-218-198:2007) Design and construction of structures made of corrugated metal structures on public roads). Kyiv, 2007. 32 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
2. Gavrylenko O. Transportni heotekhsystemy yak faktor vtraty bioriznomanittia (Transport geotechnical systems as a factor of loss biodiversity). *Visnik. Geografîa (Kiïvs'kij natsional'nij universitet imeni Tarasa Ševčenko*. Kyiv, 2017. Vol. 3(68)/4(69). P. 35-40. URL: http://visnyk-geo.univ.kiev.ua/wp-content/uploads/2018/02/68-69_-7.pdf (Last accessed: 27.07.2020) [in Ukrainian].
3. ДБН В.2.3-22:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування (State Building Norms (DBN V.2.3-22:2009) Transport facilities. Bridges and pipes. Basic design requirements). Kyiv, 2009. 52 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].
4. DSTU 8751:2017 Bezpeka dorozhnogo rukhu. Ohorodzhennia dorozhni i napriamni prystroi. Pravyla vykorystannia. Zahalni tekhnichni vymohy (State Standard of Ukraine (DSTU 8751:2017) Road safety road barriers and guiding device. Rules of using. General technical requirements). Kyiv, 2019. 44 p. [in Ukrainian].
5. DSTU 8814:2018 Transportni sporudy. Mosty avtodorozhni. Terminy ta vyznachennia

poniat (State Standard of Ukraine (DSTU 8814:2018) Transport structures. Highways bridges. Terms and determinations of concepts). Kyiv, 2019. 33 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

6. Zvit z otsinky vplyvu na dovykillia budivnytstva avtomobilnoi dorohy derzhavnoho znachennia N-31 Dnipro – Tsarychanka – Kobeliaky – Reshetylivka vid sela Loboikivka do mezhi Dnipropetrovskoi oblasti I-b tekhnichnoi katehorii z 4 smuhamy rukhu (po 2 smuhy v kozhnomu napriamku) v obkhid naselenykh punktiv Loboikivka, Petrykivka, Mohyliv, Kytaihorod, Tsarychanka, Liashkivka. 459 p. URL: <http://eia.menr.gov.ua/uk/case/id-533> (Last accessed: 27.07.2020) [in Ukrainian].

7. Rubczov A.A., Yevgenev H.I. Bioperekhody dlya zhivotnykh na avtomobilnykh dorogakh I kategorii (Biological transitions for animals on the I category roads). *Mezhdunarodnyy studentcheskiy nauchnyy vestnik*. Moscow, 2017. N 4 (7). URL: <http://www.eduherald.ru/ru/article/view?id=17622> (Last accessed: 07.05.2020) [in Russian].

8. SP 461.1325800.2019 Bioperekhody na obyektakh transportnoy infrastruktury. Pravila proyektirovaniya (Set of rules (SP 461.1325800.2019) Wildlife crossings on transport infrastructure objects. Design rules). Moscow, 2020. 25 p. [in Russian].

9. ODM 218.6.023-2017 Metodicheskiye rekomendatsii po obespecheniyu bezopasnosti dorozhnogo dvizheniya na uchastkakh peresecheniya avtomobilnymi dorogami putey migratsii zhivotnykh (Methodological recommendations for ensuring road safety at sections of road crossing of animal migration routes). Moscow, 2017. 39 p. (Information and documentation) [in Russian].

10. DSTU B V.2.3-11-2004 Sporudy transportu. Ohorodzhennia dorozhnie perylnoho typu. Zahalni tekhnichni umovy (State Standard of Ukraine (DSTU B V.2.3-11-2004) Road safety. Railing. General specifications). Kyiv, 2005. 12 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

11. R V.2.3-03450778-812:2013 Rekomendatsii z vlashtuvannia bioperekhodiv dlia mihratsii tvaryn cherez avtomobilni dorohy (Rekomendatsii (R V.2.3-03450778-812:2013) Recommendations for the arrangement of biotransitions for the migration of animals across highways. Kyiv, 2013. 14 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

12. HBN V.2.3-218-007:2012 Sporudy transportu. Ekolohichni vymohy do avtomobilnykh dorih. Proektuvannia (Departmental Building Norms (HBN V.2.3-218-007:2012) Transport facilities. Environmental requirements for roads. Designing). Kyiv, 2012. 27 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

13. DBN V.2.3-22:2009 Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannia (State Building Norms (DBN V.2.3-22:2009) Transport facilities. Bridges and pipes. Basic design requirements). Kyiv, 2009. 52 p. (Information and documentation) [in Ukrainian].

14. COST 341 Habitat Fragmentation due to Transportation Infrastructure Wildlife and traffic a European Handbook for Identifying Conflicts and Designing Solutions URL: <https://handbookwildlifetraffic.info/handbook-wildlife-traffic/> (Last accessed: 05.05.2020) [in English].

15. Iuell B., Bekker G.J., Cuperus R., Dufek J., Fry G., Hicks C., Hlavác V., Keller V.B., Rosell C., Sangwine T., Tørsløv N. & Wandall B. le Maire. (Eds.). 2005. Fauna y Tráfico. Manual europeo para la identificación de conflictos y el diseño de soluciones. Organismo Autónomo Parques Nacionales. Ministerio de Medio Ambiente. Serietécnica. 166 p. URL: <https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/conectividad-fragmentacion-de-habitats-y-restauracion/fragm-documentos-grupo-trabajo.aspx> (Last accessed: 02.08.2020) [in Spanish].

16. Prescripciones técnicas para el diseño de pasos de fauna y vallado perimetrales (segunda edición, revisada y ampliada). Madrid, 2015. URL: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/publicaciones/prescripciones_pasos_vallados_2a_edicion_tcm30-195791.pdf (Last accessed: 05.05.2020) [in Spanish].

17. Technical prescriptions for wildlife crossing and fence design (second edition, revised and expanded). 2016. 123 p. URL: https://www.miteco.gob.es/es/biodiversidad/temas/ecosistemas-y-conectividad/technical_prescriptions_wildlife_crossing_tcm30-195792.pdf (Last accessed: 03.05.2020) [in English].

18. Vander Ree, R., Smith, D.J. and Grilo, C (eds.). Handbook of Road Ecology. John Wiley & Sons. Oxford. 2015. 552 p. URL: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118568170> (Last accessed: 02.08.2020) [in English].

Kostiantyn Medvediev, Ph.D., Associate Prof., <https://orcid.org/0000-0002-0704-7093>

Anatolii Morozov, Postgraduate, <https://orcid.org/0000-0001-5596-6193>

Tetiana Morozova, Ph.D., <https://orcid.org/0000-0003-4836-1035>

Inessa Rutkovska, Ph.D., Associate Prof., <https://orcid.org/0000-0001-7832-4222>

Viktoriia Khrutba, D.Sc., Prof., <https://orcid.org/0000-0002-8121-2042>

National Transport University, Kyiv, Ukraine

BASIC TECHNICAL PRINCIPLES OF WILDLIFE CROSSINGS

Abstract

Introduction. Ensuring further economic growth and social change in Ukraine involves the development of the road network and its infrastructure in accordance with European requirements. Infrastructure that ensures the efficient functioning of the road industry includes directly the road network and structures on it, including bridges, overpasses, landscape bridges, wildlife crossings, etc.). Each of these components has a local negative impact on the environment, while the impact of infrastructure as a whole is regional and sometimes global.

Problem Statement. It is difficult to assess the impact of individual components of transport infrastructure on wildlife, as the transport network creates new factors of influence for animals, often they can not adapt to them. When laying roads, usually a larger area of land resources is withdrawn from circulation than is required for the roadway itself. At the same time, natural habitats of animals are destroyed (due to the felling of trees, shrubs, drainage of swamps, backfilling of reservoirs). When substantiating design decisions, the basic estimates are possible damage to hunting and endangered species, industrial and valuable fish species, and agricultural production. Laying the road through migration routes is also a matter of traffic safety, as mass migration can impede traffic and endanger people's lives. This is important not only for large animals (danger of collision), but also for small members of the fauna (loss of control, increased braking distance). A characteristic feature of vehicle collisions with animals is their concentration on small sections of roads (0.6–0.8 km). The places of the most frequent collisions coincide with the sections passing in zero marks, embankments 2.0–2.5 m high and excavations of the same depth, have gentle slopes. According to experts, the number of collisions with animals in the total number of accidents does not exceed 2–4 %. The number of injured passengers is 20–25, deaths — 2–3 per 100 collisions with animals for which the collisions are fatal (Rubtsov, 2017). To ensure the conservation of biodiversity and the safety of road users, it is to prevent collisions with animals and, in our case, to avoid road construction or reconstruction where possible. When this is not possible, it is necessary to provide for the creation of structures for animals to cross roads (Gavrilenko, 2017). Thus, the problem of minimizing risks for both fauna and traffic through the construction of wildlife crossings and fences around the perimeter for the movement of fauna across highways is relevant.

Purpose. Provide basic technical characteristics for the design of wildlife crossings and perimeter fences that will facilitate the movement of fauna across roads with risk minimization for both fauna and traffic.

Materials and methods. The main research methods are the application of theoretical general scientific approaches to the study of urban objects: analysis and synthesis of international and domestic scientific and theoretical works, EU documentation (charters, design requirements), Ukrainian legal framework, literature sources; collection and analysis of statistical data to identify the dangers of the impact of road infrastructure on biodiversity and determine the value of the natural landscape of wildlife crossings.

Results. The result is a systematization of the basic technical principles of wildlife crossing design, methodological approaches and practical recommendations, which, taking into account the requirements for integration of wildlife at the planning stage of road infrastructure development, are the basis for choosing the best and simplest environmental solution that will preserve biodiversity. by defragmentation of habitats.

Conclusion. Habitat defragmentation measures are aimed at reducing the overload of existing infrastructure, including the barrier effect. Our analysis allows us to identify the best examples of the construction of wildlife crossings and apply progressive domestic and international experience to improve existing projects using the experience of EU developments. Systematization of the basic technical principles of designing of biotransitions is the basis for the development of a national standard on requirements for the design of wildlife crossings on highways to define clear requirements for the design, construction, repair and maintenance of wildlife crossings for wild animals on highways.

Keywords: highway (*road*)ecoducts, biodiversity, (*wildlifecrossing*), transport infrastructure, landscape fragmentation.