

ПІДХОДИ З ПРОЄКТУВАННЯ ТА ВЛАШТУВАННЯ ВОДОПРОПУСКНИХ ТРУБ НА ТИМЧАСОВИХ АВТОМОБІЛЬНИХ ДОРОГАХ

Гаркуша М. В.

Національний транспортний університет

Анотація. На сьогодні на тимчасових автомобільних дорогах для перетину автомобільним транспортом водотоків з активною течією варто передбачити тимчасовий переїзд, який може бути облаштований у вигляді водопропускної труби, тимчасового мосту чи броду. Водопропускні труби, що застосовуються на тимчасових автомобільних дорогах, є найпоширенішими спорудами, які використовуються для перетину малих і середніх річок. Їх найкраще облаштовувати там, де є низький рівень руху русла річки, який може заповнити водопропускну трубу, і низький ризик потрапляння сміття до річки. На відміну від більшості інших конструкцій водопропускних шляхів водопропускні труби прості та швидкі в облаштуванні через відносно низьку вартість, здатні витримувати великі навантаження та регулярний рух транспортних засобів. Ефективність тимчасового переходу із застосуванням водопропускних труб крізь річку залежить від придатності типу переходу, правильного проєктування та будівництва, потреби в довгостроковому обслуговуванні. Під час облаштування тимчасової водопропускної труби важливе значення має розмір, оскільки річкові потоки можуть спричинити ерозію або перекрити водопропускну трубу, спричинивши несправність тимчасового переходу. Облаштування та демонтаж водопропускальних труб на тимчасових та технологічних автомобільних дорогах може завдати шкоди водотокам, а також створити перешкоди паводковим потокам і проходу риби, тому є необхідність у визначенні підходів з проєктування та облаштування водопропускальних труб на тимчасових автомобільних дорогах.

Ключові слова: брід, водопропускна труба, перехід крізь водотік, тимчасова автомобільна дорога, тимчасовий міст, транспортна споруда

Вступ

Важливість транспортних споруд, пов'язана з їх стратегічним розташуванням, викликає необхідність пошуку сучасних будівельних рішень, що поєднують швидке виконання, низьку вартість і задовільний термін експлуатації [1].

Варто зазначити, що спорудження тимчасових переходів крізь водотік із застосуванням водопропускних труб є швидким та ефективним методом забезпечення транспортного сполучення та налагодження логістичних маршрутів, що використовується як з цивільною, так і з військовою метою.

Останнім часом відбувається погіршення стану транспортних споруд, зокрема побудованих і за типовими проєктами, що зумовлено впливом навколишнього середовища, фізичним зношенням і старінням матеріалів і конструкцій, підвищенням осьових навантажень, збільшенням транспортного потоку тощо [1].

Тому виникає необхідність спорудження тимчасових переправ крізь водотоки для забезпечення транспортного сполучення під час основного будівництва транспортної спо-

руди через руйнування наявної від техногенного чи природного чинників або тимчасове обслуговування чи здійснення робіт на певній території.

В умовах воєнного та післявоєнного часу застосування прогресивних підходів з проєктування та будівництва дорожніх водопропускальних споруд є необхідним з огляду на значну кількість пошкоджених штучних споруд внаслідок бойових дій, отже, виникає необхідність їх швидкого та якісного відновлення без затримки транспортного потоку через ремонт дефектних і пошкоджених транспортних споруд.

З різних типів перетинів водотоків водопропускальні труби зазвичай є більш доступними, тому їх найчастіше використовують.

Неправильний вибір методу перетину водотоку може призвести до значної шкоди безпосередньо на ділянці, а також на ділянках, що розташовані нижче за течією.

А отже, виникає необхідність у визначенні підходів з проєктування та облаштування водопропускних труб на тимчасових автомобільних дорогах.

Аналіз публікацій

Будівництво споруди у складі тимчасової автомобільної дороги як переходу крізь водотік зазвичай є одним із найдорожчих складових отримання доступу для проїзду [2–4], рішення зазвичай має базуватися на незначних витратах, простоті облаштування та вликому терміні застосування [5].

Протягом 1960 і 1980 років у США вздовж всієї національної лісової системи було побудовано велику кількість піднятих вентиляційних бродів із кількома водопропускними трубами малого діаметра. Водопропускні труби встановлювали біля рівня русла, а перехід засипали ущільненим матеріалом. У більшості випадків над водопропускальними трубами накривали щонайменше пів метра насипу. Потім матеріал насипу був захищений від розмивання за допомогою бруса, габіонів або бетону. Використовувалися одинарні, подвійні або багатоотворні водопропускальні труби (рис. 1.1) [6].



Рис. 1.1. Вентиляційний брод Мердока, Національний ліс Плумас, Каліфорнія, США

У США масове застосування тимчасових доріг з водопропускними трубами пов'язаний із будівництвом лісовозних доріг для перетину струмків і малих річок. Зміна руху води на таких струмках і річках може спричинити значне збільшення ерозії та відкладення, що потребувало розроблення заходів з проєктування та будівництва таких доріг [7–11], які мають містити належне планування й розміщення, використання прибережних зон або буферних смуг, контроль рівня та якості води, покриття доріг, закриття доріг або стежок для мінімізації порушення ґрунту й відновлення рослинності після завершення терміну використання цих доріг [11–13].

У США, якщо живий водотік необхідно перетинати будівельними транспортними засобами більше ніж два рази протягом будь-якого 6-місячного періоду, необхідно буду-

вати тимчасовий автомобільний перехід крізь потік, побудований з нерозмивного матеріалу [14]. Коли дві різні будівельні машини перетинають потік один за одним, це означає, що потік було перетнуто двічі і більше не можна перетинати протягом наступних 6 місяців, не порушуючи цей мінімальний стандарт. Ця вимога дозволяє одній будівельній машині перетинати потік, а потім повертатися протягом будь-якого 6-місячного періоду без подальшого оброблення водотоку для перетину, в іншому випадку необхідно побудувати тимчасовий перехід крізь водотік, тобто тимчасову споруду, встановлену впоперек протікання водотоку для використання транспортними засобами у вигляді мостів, круглих труб, арки з труб або овальних труб, броду (рис. 1.2).



Рис. 1.2. Тимчасовий перехід крізь річку

Для споруд тимчасових автомобільних переходів крізь водотік із площею водовідведення, що є менша ніж 1 квадратна миля, необхідно здійснювати гідрравлічні розрахунки. Для проєктування споруд, які мають обробляти потік із більших дренажних зон, необхідно використовувати методи, що більш точно визначають фактичні гідрологічні та гідрравлічні параметри, що впливатимуть на функціонування споруди [14].

З погляду безпеки та ефективності тимчасовий перехід проєктується так, щоб він міг витримати очікувані навантаження від транспортних засобів. У США обов'язковою вимогою під час проєктування таких конструкцій є їх відповідність правилам і нормам Інженерного корпусу армії США [14].

Перетин водотоків має здійснюватися без пошкодження русла чи берегів із запобіганням потрапляння до потоку осаду, що утворюється під час будівельних робіт [14, 15].

Заходи під час будівництва тимчасових переходів через водотік спрямовані насамперед на захист якості води способом обме-

ження ерозії ґрунту та можливої седиментації [16].

Зміна швидкості ерозії та седиментації, викликана неправильним розміром та/або розміщенням водопропускних труб, може мати вплив на геоморфологію потоку [17].

Загалом занадто широкі водопропускні труби викликають зміни в системах потоків, змінюючи безперервність потоку та динаміку транспортування наносів [18].

Дослідження Фрізелла Р., Зевенбергена Л. та Наварро Р. [19] свідчать про те, що надмірно широкі водопропускальні труби зменшують глибину, швидкість і стрімке напруження потоку, що призводить до збільшення швидкості осадо накопичення та утворення посеред русла наносів.

А водопропускні труби малого розміру звужують потік і спричиняють зворотне водопостачання за вищих потоків, що призводить до бічної ерозії призми дороги вище за течією та відкладення осаду в потоці. Витік із малорозмірних/звужених водопропускних труб матиме вищі швидкості та спричинить як бічну (набережна та дорожня призма), так і вертикальну ерозію вниз за течією [19].

Водопропускні труби зі схилами, крутішими за схил природного потоку, збільшуватимуть швидкості та турбулентність на виході водопропускної труби, що призведе до бічної та вертикальної ерозії вниз за течією.

Розміщення та рівень водопропускної труби можуть мати додатковий вплив на геоморфологію. Найчастіше водопропускні труби розміщують перпендикулярно до дороги.

Наслідками неправильного розміщення або вирівнювання є зменшення звивистості потоку, а отже, і зменшення довжини призводить до більш крутих схилів і вищих швидкостей, що спричиняє більшу ерозію вниз за течією [17].

Згідно з дослідженням Джексона С. Д. [20] водопропускальні труби неправильного розміру, розміщення та вирівнювання змінюють режим потоку, швидкість та глибину. Відсутність русла з низьким потоком і недостатня глибина води в структурі є результатом занадто широкої конструкції водопропускальної труби. І, навпаки, різноманітні гідрологічні проблеми є результатом недостатнього розміру водопропускних труб. Такими проблемами є:

1) зменшення процесу транспортування води, що призводить до затримки води та довшого часу перебування потоків;

2) звуження потоку, що призводить до скорочення потоку на вході, що викликає надмірну турбулентність;

3) зменшений коефіцієнт шорсткості русла, що призводить до збільшення швидкості води.

Крім того, малогабаритні водопропускні труби можуть бути затоплені під час високих потоків і перекрити проїжджу частину [17]. Коли потік перевищує пропускну здатність водопропускальної труби, вона діє як дамба, щоб утримувати воду та перешкоджати потоку.

Під час незначного підтоплення можливе застосування переливних тимчасових водопропускальних труб, де перелив знаходиться в нижній точці дороги, яка покрита бутом, щоб зменшити пошкодження (рис. 1.3) [21].



рис. 1.3. Тимчасовий перехід із переливною частиною

Томпсоном Дж. Д. та іншими [22] було проведено дослідження, де аналізували проблеми якості води, пов'язані зі спорудженням тимчасових водопропускних труб.

Мета та постановка задачі

Метою є аналіз проєктування та облаштування водопропускних труб на тимчасових і технологічних автомобільних дорогах.

Для досягнення поставленої мети необхідно провести аналіз основних підходів проєктування та облаштування водопропускних труб на тимчасових і технологічних автомобільних дорогах як в Україні в умовах воєнного та післявоєнного часу, так і за кордоном.

Виклад основного матеріалу

Спорудження тимчасових переходів крізь водотік із застосуванням водопропускних труб активно застосовувалося під час будівництва та ремонту транспортних споруд, масово застосовувати ці типи переходів по-

чали через військові дії, оскільки на деокупованій території Київської області внаслідок повномасштабного вторгнення росії в Україну в регіоні було зруйновано 24 штучні споруди.

Після деокупації області пріоритетним завданням Служби автомобільних доріг [1] було відновлення проїзду для налагодження логістики.

Облаштування водопропускальних труб на тимчасових автомобільних дорогах здійснювалося на ділянці міжнародного автошляху М-07 Київ – Ковель – Ягодин, крізь річку Здвиж (у межах міста Бородянка) в бік західних кордонів з ЄС, щоб забезпечити пряме транспортне сполучення (рис. 1.4), на мосту крізь річку Ірпінь на дорозі Р-04 Київ – Фастів – Біла Церква – Тараща – Звенигородка.



Рис. 1.4. Тимчасова переправа крізь річку Здвиж

Після деокупації Київщини було облаштовано тимчасовий проїзд і демонтовано знищені конструкції споруди (рис. 1.5), відновлено транспортне сполучення до Києва з Гостомеля, Бучі та Бородянки завдяки тимчасовій переправі поблизу міста Гостомель (рис. 1.6).



Рис. 1.5. Тимчасова переправа крізь річку Ірпінь



Рис. 1.6. Тимчасова переправа крізь річку Ірпінь (м. Гостомель)

На автомобільній дорозі Р-30 через підірваний міст частина регіону опинилась відірваною від столиці, вже після звільнення від російської армії передмість Києва було оперативно відновлено важливі логістичні маршрути та збудовано тимчасову переправу крізь річку Ірпінь (рис. 1.7).



Рис. 1.7. Тимчасова переправа крізь річку Ірпінь (м. Ірпінь)

Ще одним об'єктом у відновленні інфраструктури Київщини стала тимчасова об'їзна дорога на трасі М-03 Київ – Харків – Довжанський поблизу села Борщів (км 70 + 145) крізь річку Трубіж (рис. 1.8).



Рис. 1.8. Тимчасова переправа крізь річку Трубіж (с. Борщів)

На ділянках автомобільної дороги Р-81 здійснювалися роботи з відновлення транс-

портного сполучення деокупованих територій Миколаївщини (рис. 1.9) [23]. Під час повномасштабного вторгнення на Харківщині було зруйновано 27 штучних споруд. В об'їзд зруйнованих мостів зведено 25 тимчасових переправ [24]. Здійснено будівництво тимчасового об'їзду одного зі зруйнованих мостів на автомобільній дорозі Н-07 Київ – Суми – Юнаківка та забезпечено транспортний зв'язок півдня Чернігівської області з Києвом із застосуванням водопропускних труб (рис. 1.10) [25].



Рис. 1.9. Тимчасова переправа, автомобільна дорога Р-81



Рис. 1.10. Тимчасова переправа, автомобільна дорога Н-07

Загальні положення з проектування та облаштування водопропускних труб

Згідно з українськими нормативними документами ДБН В.2.3-22 [26], ДСТУ-Н Б В.2.3-34 [27] не встановлено чітких вимог до проектування водопропускних труб на тимчасових і технологічних автомобільних дорогах, тому основою для цих процесів є світовий досвід і нагальні прогресивні підходи в МР В.2.3-37641918-940 [28].

Водопропускні труби на тимчасових автомобільних дорогах облаштовуються для забезпечення безперешкодного та безпечного руху транспорту за визначеним маршрутом.

Тимчасова автомобільна дорога та водопропускальна труба на ній не потребують складу проекту в повному обсязі як постійної споруди.

Проектування тимчасових автомобільних доріг складається з таких процесів:

- розроблення схеми руху транспорту та розташування дороги на плані;
- визначення параметрів доріг;
- призначення конструкції поперечного профілю та конструкції дорожнього одягу;
- розрахування обсягів робіт і необхідних ресурсів.

Рекомендовано тимчасові автомобільні дороги та водопропускні труби на них проєктувати й облаштовувати зі строком експлуатування до 5 років [28].

Тимчасові автомобільні дороги класифікуються за матеріалом покриття:

- цементобетон (зокрема збірний залізобетон, плити залізобетонні);
- асфальтобетон;
- чорнощобенове;
- цементогрунтове, маломіцні кам'яні матеріали, укріплені в'язучими;
- фракціоновані кам'яні матеріали, не укріплені в'язучими.

Тимчасові автомобільні дороги можуть здійснювати функцію автомобільних доріг оборонного значення.

Категорія тимчасової автомобільної дороги встановлюється згідно з ДБН В.2.3-4 [29].

Проектування тимчасових автомобільних доріг здійснюється згідно з ДБН В.2.3-4 [29].

Рішення щодо будівництва тимчасової автомобільної дороги та водопропускальних труб на ній потрібно обґрунтовувати згідно з техніко-економічними показниками.

Тимчасові автомобільні дороги мають бути обладнані попереджувальними й інформаційними знаками відповідно до ДСТУ 4100 [30].

Тимчасові автомобільні дороги можуть бути односмуговими або двосмуговими.

Мінімальна рекомендована ширина смуги руху для односмугових доріг становить 3,5 м; ширина зміцненої смуги – 0,5 м.

У зоні переходу від наявної автомобільної дороги до тимчасової автомобільної дороги потрібно уникати різких змін напрямків руху.

Для проектування та облаштування тимчасових автомобільних доріг і водопропускних труб на них застосовують нові матеріали

або попередньо використовувані, а також поєднання нових та використовуваних матеріалів.

На основі проведеного аналізу рекомендовано, щоб насамперед було розглянуто альтернативні дороги та переходи крізь водотік на них, які не потребують ремонтування.

Перед затвердженням альтернативної дороги (під час будівництва тимчасової автомобільної дороги та водопропускних труб на ній) для забезпечення проїзду транзитного й місцевого транспорту інженери мають перевірити переходи крізь водотік на ній за вантажопідйомністю та технічним станом, що внесені в базу АЕСУМ для використання з військовою та цивільною метою. Якщо інформація в базі АЕСУМ відсутня, необхідно повідомити організацію з експлуатації.

Проектувальник має перевірити об'їзди та тимчасові дороги після перевірки розташування наявних переходів крізь водотік. Передбачається, що пошук і використання об'їзних доріг і тимчасових відбувається швидше за посилення або ремонтування наявних переходів крізь водотік.

Проектувальник визначає найкращу альтернативу. Важливими чинниками є технічний стан доріг і підходів (разом з об'їздами та тимчасовими дорогами).

Аналіз технічного стану доріг і переходів крізь водотік потрібен для визначення будівельних робіт, необхідних для приведення їх у придатний стан для експлуатування цивільною та військовою технікою як альтернативних об'їздів.

Під час аналізу потрібно враховувати такі властивості наявної дороги:

- забезпечення видимості;
 - параметри поперечного та поздовжнього профілів;
 - наявність кутів повороту, віражів, величини радіусів кривих на плані.
- Типи об'їздів і тимчасових доріг, які можуть розглядатися:

- альтернативні маршрути вздовж непошкоджених переходів крізь водотік;
- альтернативні маршрути вздовж мінімально пошкоджених переходів крізь водотік;
- альтернативні маршрути для транспортних засобів вздовж залізничних переходів крізь водотік;
- можливість проїзду вздовж зруйнованої споруди, наприклад облаштування тимчасової дороги у вигляді щебеневого насипу тощо;
- переправа крізь брід;

– можливість використання поромів, плотів або барж;

– проїзд на льоду (крижаний перехід крізь водотік).

Рішення щодо відновлення проїзду або ремонтування пошкоджених переходів крізь водотік та/або їх підсилення має враховувати необхідність перевезення військового вантажу.

Під час облаштування та демонтажу водопропускних труб на тимчасових автомобільних дорогах може статися значне пошкодження берега, що потребує додаткових заходів із проектування для мінімізації цього [31].

Важливо звести до мінімуму ризик скидання насиченого наносами стоку з тимчасової автомобільної дороги безпосередньо у водотік без відповідного його очищення. Критичною експлуатаційною проблемою є мінімізація шкоди водотоку, зокрема будь-яких викидів наносів [31].

Критичними параметрами проектування є стійкість дорожньої конструкції над водопропускною трубою до повеней і структурна цілісність водопропускальної труби під час паводкових потоків.

Тимчасовий перетин водопропускної труби вимагає як конструктивного, так і гідравлічного проектування. Проектні параметри містять очікувані транспортні навантаження, необхідну стійкість до повеней, а також очікувані гідравлічні навантаження та навантаження від сміття.

Термін експлуатації тимчасової водопропускальної труби може становити [31]:

- до 14 днів – конструкція водопропускної труби має бути достатньо великою, щоб передавати потік від 2-річного паводка без помітної зміни характеристик потоку;
- від 14 днів до 1 року – конструкція водопропускної труби має бути достатньо великою, щоб передавати потік від 10-річного паводка без помітної зміни характеристик потоку, необхідно здійснити гідрологічне розрахування для визначення розміру водопропускальної труби;
- понад 1 рік – конструкція водопропускальної труби має проектуватися як постійна споруда та передавати потік від 25-річного паводка без помітної зміни характеристик потоку.

Через потенційну можливість погіршення якості потоку, затоплення та загрози безпеці будівельний персонал має уникати перетинів річки, якщо це можливо під час будівництва.

Будівельний персонал має розглянути альтернативні способи доступу до ділянки, перш ніж планувати спорудження тимчасового переходу крізь річку.

Для перетину крізь потік, необхідно вибрати територію з низьким потенціалом ерозії та, якщо це можливо, побудувати перетин крізь потік у посушливий період.

Будівельний персонал має звести до мінімуму порушення або видалення рослинності, щоб сприяти швидкому відростанню після видалення тимчасової споруди [32].

Прийняті проєктні рішення мають передбачати заходи для забезпечення безпеки руху всіх його учасників, зокрема пішоходів у місцях перетину дороги, на час проведення будівництва, а також відповідність споживчих властивостей автомобільної дороги та її окремих елементів вимогам нормативних документів.

Інтенсивність руху необхідно визначати сумарно в обох напрямках за результатами техніко-економічних розрахунків.

Для розрахунків геометричних елементів тимчасових автомобільних доріг використовують розрахункову швидкість руху згідно з ДБН В.2.3-4 [29].

Автомобільні дороги необхідно проєктувати для руху транспортних засобів з габаритами згідно з ДБН В.2.3-4 [29].

Проєктувати дорожній одяг необхідно на розрахункове навантаження на одну найбільш завантажену вісь дорожньо-транспортного засобу згідно з ДБН В.2.3-4 [29].

Технічні рішення під час проєктування мають забезпечувати високі транспортно-експлуатаційні показники дороги, охорону навколишнього середовища, безпеку дорожнього руху за мінімально можливих матеріальних і фінансових витрат.

У складі проєктної документації необхідно розробити розділ організації дорожнього руху, який обов'язково має містити схему організації дорожнього руху згідно з національними стандартами та галузевими нормативними документами.

В усіх випадках, коли за місцевими умовами можлива поява на дорозі людей або тварин, необхідно забезпечувати бічну видимість придорожньої смуги на відстані 25 м від крайки проїзної частини для доріг I-б III категорії та 15 м для доріг IV і V категорій. На дорогах I-б II категорії за неможливості дотримання цих вимог необхідно облаштувати огороження другого типу для запобігання несанкціонованого виходу на проїзну частину людей або тварин.

Забезпечення видимості на тимчасових автомобільних дорогах здійснюється згідно з ДБН В.2.3-4 [29].

Основні параметри поперечного профілю в плані залежно від категорії необхідно призначати згідно з ДБН В.2.3-4 [29].

Геометричні параметри елементів плану, поздовжнього та поперечного профілів тимчасових доріг мають відповідати вимогам до постійних доріг і вимогам ДБН В.2.3-4 [29].

Навантаження на конструкцію дорожнього одягу залежно від інтенсивності руху, складу транспортного потоку визначають на основі розрахунків.

Трасу необхідно проєктувати як плавну лінію в просторі з ув'язкою елементів плану, поздовжнього та поперечного профілів, з навколишнім ландшафтом і з рівнем їх впливу на умови руху та зорове сприйняття дороги.

Проєктування плану та поздовжнього профілю необхідно здійснювати з огляду на інтенсивність руху, умови забезпечення безпеки та комфортності руху транспортних засобів згідно з ДБН В.2.3-4 [29].

Конструкцію земляного полотна необхідно проєктувати відповідно до галузевих нормативних документів з урахуванням ДБН В.2.3-4 [29].

Проєктування земляного полотна здійснюють згідно з ДСТУ 9186 [33].

Насипи тимчасових автомобільних доріг та їхня найбільша крутизна укосів облаштовують згідно з вимогами ДБН В.2.3-4 [29].

Для захисту земляного полотна від перезволоження поверхневими водами розмивів, а також для забезпечення процесу робіт на час спорудження земляного полотна необхідно передбачати систему поверхневого водовідведення (планування території, облаштування водовідвідних і нагірних каналів, лотків, перепадів, швидкотоків, випарних басейнів, поглинальних колодязів тощо).

Конструкцію дорожнього одягу та матеріал покриття необхідно призначати з огляду на транспортно-експлуатаційні вимоги, інтенсивність руху та склад транспортних засобів у потоці, кліматичні, ґрунтово-геологічні, санітарно-гігієнічні вимоги, вимоги безпеки та комфортності руху, забезпеченість місцевими будівельними матеріалами відповідно до ДБН В.2.3-4 [29].

Товщину дорожньої конструкції та узбіччя потрібно визначати на основі розрахунків. Під час будівництва тимчасових автомобільних доріг перевагу потрібно надавати місцевому матеріалу.

У проєктах має бути враховано розташування наявних інженерних комунікацій і запропоновано їх переміщення або тимчасовий захист.

Будь-які тимчасові смуги відведення, необхідні для тимчасових автомобільних доріг і водопропускних труб на них, мають бути визначені та внесені до плану смуги відведення проєкту. Будівництва тимчасових автомобільних доріг і водопропускних труб на них вздовж залізниці потребуватиме погодження з її власником.

Вплив ремонтно-будівельних робіт на навколишнє середовище під час проєктування тимчасових автомобільних доріг і мостів на них має бути визначений у разі потреби згідно з нормативними документами.

Організацію будівництва здійснюють згідно з ДБН А.3.1-5 [34], ДБН В.2.3-4 [29].

Спорудження земляного полотна має здійснюватись згідно з національними стандартами.

Будівництво тимчасових доріг здійснюють згідно з ДБН В.2.3-4 [29], ДСТУ-Н Б В.2.3-32 [35]. Тимчасова дорога має бути стійкою до паводків і транспортного навантаження.

Облаштування дорожнього одягу здійснюють згідно з вимогами національних стандартів. Міцність і надійність тимчасових водопропускальних труб має бути така сама, як і в постійних.

До тимчасових водопропускних труб висуваються такі вимоги:

- стислі строки облаштування та демонтажу із застосуванням нескладного обладнання;
- мінімальні трудові та матеріальні витрати;
- можливість багаторазового використання;
- транспортабельність елементів під час перевезення їх залізницею та/або автомобільною дорогою.

На тимчасову водопропускну трубу має бути розроблена вся необхідна для подальшого експлуатування проєктна документація.

Тимчасові водопропускні труби проєктують відповідно до ДБН В.2.3-22 [26] з урахуванням окремих особливостей роботи як тимчасових споруд за іншими нормативами.

Тимчасовий автомобільний переїзд має використовуватися в якнайкоротший практичний період і має бути ліквідований після того, як його функція буде здійснена [14].

Параметри вибору розміру водопропускної труби

Аналітичний аналіз водопропускної труби на основі підходів розрахунку є досить складним [36], оскільки зміни умов потоку з часом через періоди екстремального затоплення можуть призвести до деградації осадового матеріалу.

Крім того, дослідження взаємодії між підземними та поверхневими водами показало, що частковий обмін між поверхневими та підземними водами викликає бічний потік від підземних вод до поверхневих, що збільшує поверхневий потік [37].

У регіонах, де виникає така ситуація, поверхневі потоки мають бути ретельно проаналізовані і там необхідно побудувати водопропускні конструкції відповідних розмірів.

Найкращою формою поперечного перерізу водопропускної труби є кругла геометрія [38].

У дослідженнях [31] запропоновані певні розміри водопропускних труб (табл.1).

Під час проєктування варто визначити тип водопропускної труби, довжину, площу поперечного перерізу, підходи до будівництва та обслуговування.

Наприклад, дослідження показало, що навіть просте вдосконалення впускних отворів у наявних водопропускальних трубах значно підвищує їхню продуктивність [39].

Необхідний розмір водопропускної труби залежить від таких чинників:

- розміру дренажу над водопропускним майданчиком;
- середньої ширини потоку, глибини та градієнту (ухилу) в місці переходу;
- очікуваного забиття донними наносами, гілками поперечного перерізу водопропускної труби;
- терміну експлуатації.

Мінімальний рекомендований розмір труби становить 450 мм за умови відсутності води (сезонного наповнення труби водою) та 1000 мм за умови постійного водотоку.

Декілька водопропускних труб можуть використовуватися замість однієї великої, якщо вони мають еквівалентну пропускну здатність більшої.

Рекомендована форма водопропускної труби:

- круглі водопропускні труби використовуються для середніх і високих берегів;
- труби абочні чи еліптичні використовуються для малих просвітів великих прорізів водотоків.

Таблиця 1 – Діаметр водопропускальної труби

Площа водовідведення, км ²	Діаметр водопропускної труби, см			
	Середній нахил водорозділу			
	1 %	4 %	8 %	16 %
0,004–0,101	60,96	60,96	76,20	76,20
0,105–0,202	60,96	76,20	91,44	91,44
0,206–0,404	76,20	91,44	106,68	121,92
0,408–0,607	76,20	106,68	121,92	121,92
0,611–0,809	91,44	106,68	121,92	137,16
1,218–1,416	106,68	121,92	152,40	152,40
1,420–1,618	106,68	137,16	152,40	152,40
1,825–2,023	106,68	137,16	152,40	182,88
2,027–2,225	121,92	152,40	152,40	182,88
2,229–2,428	121,92	152,40	152,40	182,88
2,432–2,589	121,92	152,40	182,88	182,88

Примітка: В основі таблиці метод графічного пікового розряду USDA-SCS (USDA-SCS Graphical Peak Discharge Method) для 2-річної частоти шторму, CN = 65; глибина опадів = 889 мм (середнє значення для Вірджинії).

Можливе застосування інших форм водопропускних труб на основі техніко-економічного обґрунтування.

Форма арки може мати гідравлічні та рибальські переваги за низьких потоків і потребує меншої кількості насипу дороги.

Однак еліптична труба має приблизно на 8 % меншу водопропускальну здатність за круглу трубку еквівалентного розміру.

Розміри перетину водопропускної труби залежать від тривалості будівництва та сезонних коливань потоків.

Необхідна довжина водопропускної труби залежить від ширини верхньої частини дороги, висоти водопропускної труби та середньої висоти насипу дороги над водопропускною трубою.

Щонайменше 30 см водопропускної труби має розташовуватись за носком насипу дороги на кожному кінці.

Для більшості дорожніх матеріалів (добре сортованого піску та гравію) бічні схили насипу не мають бути крутішими за 1:1. Однак на потоках із крутим ухилом або для насипу доріг, що складається з дрібного піску або мулу, бокові схили насипу не мають бути крутішими за 1,5:1.

Щоб запобігти дробленню крупного заповнювача та зменшенню стиснення труби через транспорт, необхідно використовувати насип не менше ніж 50 см для водопропускних труб діаметром від 45 см до 91 см і насип розміром від 1/3 до 1/2 діаметра водопропускної труби для більших труб [32, 40].

Визначення довжини водопропускної труби L [31]:

– крутизна бічних укосів насипів 1:1:

$$L = W + 2H + 2, \quad (1)$$

– крутизна бічних укосів насипів 1,5:1:

$$L = W + 3H + 2, \quad (2)$$

де W – необхідна ширина верхньої частини дороги, м; 2 – Constant, кут бічного нахилу 2 (1:1); 3 – Constant, кут бічного нахилу 3 (1,5:1); H – висота водопропускної труби з огляду на глибину насипу дороги, см;

Водопропускна труба, встановлена під кутом до дороги, потребуватиме більшої довжини, ніж труба, встановлена під кутом 90 градусів до осової лінії дороги.

Там, де це можливо, гідравлічна потужність водопропускної труби має бути еквівалентною внутрішньобереговій гідравлічній потужності водотоку або принаймні дорівнювати гідравлічній потужності водотоку нижче рівня поверхні дороги.

Метою цієї вимоги є мінімізація різниці рівня води крізь водопропускну трубу в точці, коли поверхня дороги вперше перекривається. Це зменшує ризик ерозії берегів, спричиненої повторним надходженням паводкових вод у нижнє русло (б'єф).

Підходи з влаштування

Облаштування тимчасового переходу крізь водотік не повинно вплинути на будівництво постійного переходу.

Розчищення території під перехід крізь водотік має бути мінімізований.

Рекомендовано за можливості здійснити осушення місця облаштування водопропускних труб або заходи з відведення води.

Рекомендовано застосовувати геотекстильний матеріал для розділення шарів та здійснити облаштування антиерозійної тканини, щоб зменшити осад.

Геотекстиль розміщується на руслі та берегах потоку перед розміщенням водопропускної труби та заповнювачів. Геотекстильна тканина має покривати русло річки та бути на 30 см більшою за кінець водопропускальної труби та основи. Геотекстильна тканина зменшує осідання та покращує стійкість переходів.

Фундамент водопропускної труби та стіни траншеї мають бути вільними від колод, пеньків, гілок або каміння, які можуть її пошкодити. Основа має складатися з ґрунту без каменів або гравію та забезпечувати рівномірний розподіл навантаження за довжиною труби.

Вирівнювання в руслі потоку має вирішальне значення для належного функціонування водопропускної труби. Водопропускні труби, встановлені під кутом до русла, можуть спричинити ерозію берега та створити проблеми з уламками. Траса водопропускної труби має відповідати руслу природного потоку.

Рекомендовано розмістити водопропускну трубу трохи нижче за звичайний рівень річки (на 20 %), щоб зменшити швидкість води, можливе гравійне відкладання на дні та відповідати природному руслу річки та схилу. Вода має злегка спадати, коли вона надходить до водопропускної труби.

Неправильне розташування водопропускної труби може спричинити такі дії [32, 40]:

- обмежити потік;
- підвищити ризик забивання труби сміттям;
- спричинити підмивання водопропускної труби;
- створити перешкоду для міграції риб.

У насипному матеріалі не має бути мерзлого ґрунту, оскільки він знижує здатність до ущільнення. Зворотна засипка не має містити коренів, каменів та іншого сміття, яке може пошкодити трубу або дозволити воді просочитися навколо водопропускальної труби.

Ущільнення насипного матеріалу шарами (підйомами) протягом усього процесу засипки є важливим. Спочатку слід ущільнити (перевагу віддавати методам трамбування)

матеріал основи та боків, що дасть можливість зменшити просочування води до засипки.

Як вхідний, так і вихідний отвори водопропускної труби мають бути закріплені камінням, щоб захистити ці місця від ерозії.

Усі пошкоджені ділянки та дорожній насип потрібно пересіяти в трав'яну суміш, що утворює дерн, одразу після завершення процесу встановлення водопропускної труби, щоб запобігти ерозії та осіданню потоку.

Щоб правильно встановити декілька водопропускальних труб, кожна з них має бути достатньо віддалена одна від одної для ущільнення насипу між ними. Засипка має бути добре закріплена на кожному кінці, щоб запобігти вимиванню потоку місць між водопропускальними трубами.

Слід звернути увагу на потенційну шкоду, завдану водотоку, якщо водопропускні труби змивати під час повені. У критичних місцях може знадобитися прив'язування до берега водотоку за допомогою тросів або ланцюгів для запобігання змиванню водотоком під час сильних повеней окремих компонентів водопропускної труби.

Тимчасові водопропускні труби можуть проектуватися та облаштовуватися як переливні, так і непереливні.

Приклад непереливних наведено на рис. 1.11 [14].

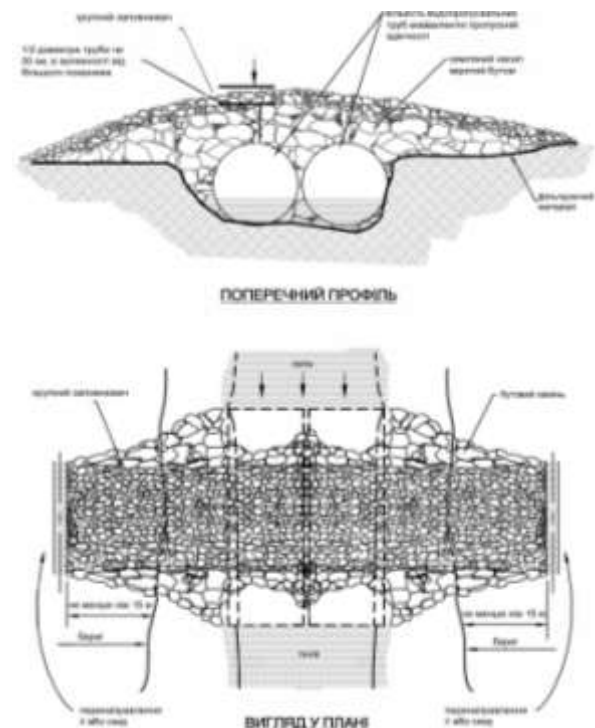


Рис. 1.11. Тимчасовий перетин водопропускної труби

Таблиця 2 – Рекомендований підхід проектування тимчасових водопропускних труб

Ч.ч.	Умови потоку	Умови проектування
1	Можливі значні руслові та/або берегові паводкові потоки, але це малоімовірно протягом життєвого циклу конструкції	Тимчасовий перехід конструйований у такий спосіб, щоб бути надійним протягом 1 року.
2	Імовірні значні руслові та/або берегові паводкові потоки (вологий сезон)	Тимчасовий перехід конструйований у такий спосіб, щоб бути надійним під час повені, що трапляється раз на 10 років.

Водопропускна труба має складатися з найбільш можливого діаметра та найбільшої кількості секцій, які будуть встановлювати в річці (в каналі) нижче номінованої висоти дорожньої конструкції.

У роботі [31] наведено рекомендований підхід проектування тимчасових водопропускних труб, що частково поданий в табл. 2.

Водопропускні труби рекомендується покрити додатково насипом кам'яного матеріалу розміром не менше ніж 40 мм. Перевагу надаватимуть бутовому насипу з фракцією 150 мм із застосуванням щебеневі засипки фракції 40–80 мм та геосинтетичного матеріалу. Можливе використання зруйнованих елементів постійної споруди.

Будівництво тимчасових водопропускних труб має забезпечити мінімальне забруднення водойми від транспортних засобів.

Якщо перехід водопропускної труби не спроектований відповідно до всіх правил і норм, він може посилити рівень паводка вище за течією, що може призвести до пошкодження прилеглих об'єктів.

Тимчасові переходи водопропускних труб можуть підвищити потенціал ерозії берега безпосередньо поруч із переходом. Переїзди водопропускних труб дуже чутливі до блокування сміттям, що впливає на їх функціонування.

Коли тимчасова переправа не потрібна, усі матеріали, зокрема труби, ґрунти, кам'яний заповнювач і фільтрувальні тканини, необхідно видалити. Остаточне очищення також містить процес відновлення водотоку до початкового стану та поперечного перерізу.

Технічне обслуговування

Будівельний персонал має перевірити тимчасові переходи крізь водотік і підтримувати їх відповідно до державних і місцевих вимог.

Тимчасові переходи крізь водотік мають перевірятися на їхню справність не менше ніж раз на тиждень, а також після всіх знач-

них опадів. Необхідно, щоб персонал прибрав сміття, відремонтував зони ерозії або замінив еродований матеріал.

Якщо наявні структурні пошкодження водопропускної труби, необхідно припинити використання конструкції, доти її не відремонтують.

У разі виникнення ерозії берега річки її негайно необхідно відремонтувати та укріпити.

Якщо матеріал конструкції перемістився вниз за течією під час періодів пікового потоку, необхідно негайно замінити втрачений матеріал.

Після завершення будівництва будівельний персонал має негайно видалити тимчасові переходи крізь річки та стабілізувати порушені території [41].

У всіх випадках після видалення тимчасового переходу крізь річку будівельний персонал має повернути постраждалі береги та русла річок до їхнього початкового стану та рівня [42].

Ефективність

Ефективність тимчасового переходу крізь водотік залежить від придатності типу переходу, належного проектування та встановлення, розміщення й дотримання довгострокових планів технічного обслуговування [40].

Захист схилів бутом або щебенем може зменшити розмив приблизно вдвічі, як порівняти з голими схилами [42], а додаткове використання геотекстилю може ще більше зменшити розмив [42].

Витрати на впровадження тимчасового переходу крізь потік значно відрізняються залежно від потреб ділянки, типу переходу, потреб у технічному обслуговуванні та інших факторів. Зазвичай проектування та будівництво тимчасових водопропускних труб є дешевшим за проектування та будівництво тимчасових мостів. Також знадобляться додаткові витрати, якщо тимчасові мости вийдуть з ладу.

Таблиця 3 – Середня загальна вартість будівництва переходів крізь водотік

Тип перетину	Вартість, дол. США, \$
Брід	1200
Водопроектна труба	900–1900
Дерев'яний міст	3300–3500
Сталевий міст	11000–13700

У табл. 3 наведено діапазони витрат на тимчасові проходи крізь водотік, визначені на основі аналізу фактичних витрат на будівництво, зокрема на матеріали та встановлення визначені 70 лісозаготівельними компаніями Вірджинії (США) [43].

Висновки

На сьогодні відсутні чіткі вимоги зі спорудження тимчасових та технологічних автомобільних доріг та водопроектних труб на них, тому основні підходи створюються з огляду на світовий досвід і нагальних прогресивні процеси.

Ефективність тимчасового переходу із застосуванням водопроектних труб крізь річку залежить від придатності типу переходу, правильного проектування та будівництва, потреби в довгостроковому обслуговуванні. Під час облаштування тимчасової водопроектної труби важливе значення має розмір, оскільки річкові потоки можуть спричинити ерозію або перекрити водопроектну трубу, спричинивши несправність тимчасового переходу. Облаштування та демонтаж водопроектних труб на тимчасових і технологічних автомобільних дорогах може завдати шкоди водотокам, а також мостовити перешкоди паводковим потокам і проходу риби, тому є необхідність у визначенні підходів з проектування та облаштування водопроектних труб на тимчасових автомобільних дорогах.

Витрати на впровадження тимчасового переходу крізь потік значно відрізняються залежно від потреб ділянки, типу переходу, потреб у технічному обслуговуванні та інших факторів, що є визначальними для ділянки.

У роботі здійснено аналіз та запропоновано основні підходи з проектування та облаштування водопроектних труб на тимчасових та технологічних автомобільних дорогах в умовах воєнного та післявоєнного часу.

Література

1. Гаркуша М. В. Досвід експлуатації та особливості роботи водопроектних споруд із мета-

2. Shaffer R. M., Haney, H. L., Worrell E. G. Forestry BMP Implementation Costs for Virginia. Forest Products Journal. 1998. Vol. 48. No. 9
3. Aust W. M., Visser J. M. R., Gallagher T., Roberts T., Poirot M. Cost of six different stream crossing options in the Appalachian area. South. J. Appl. For. 2003. 27(1). 66–70.
4. Conrad J. L., Ford W. S., Groover M. C., Bolding M. C., Aust W. M. Virginia Tech forest road and bladed skid trail cost estimation method. South. J. Appl. 2012. For. 36(1). 26–32.
5. Thompson A., Stringer J. Portable skidder bridges. Kentucky Logjam. 2001. 6(4). 2–6.
6. Clarkin K. L., Keller G. R., Warhol T., Hixson S. Low-Water Crossings: Geomorphic, Biological, and Engineering Design Considerations. 2006.
7. McBroom M. W., Beasley R. S., Chang M., Ice G. G. Storm runoff and sediment losses from forest clearcutting and stand re-establishment with best management practices in East Texas, USA. Hydrologic Processes. 2008. 22(10). 1509–1522.
8. Patric J. H. Soil erosion in the eastern forest. Journal of Forestry. 196. 74(10). 671–677.
9. Swift L. W. Jr., Burns R. G. The three Rs of roads: redesign, reconstruction, restoration. Journal of Forestry. 1999. 97(8). 40–44.
10. Anderson C. J., Lockaby B. Research gaps related to forest management and stream sediment in the United States. Environmental Management. 2011. 47(1). 303–313.
11. Aust W. M., Blinn C. R. Forestry best management practices for timber harvesting and site preparation in the eastern United States: an overview of water quality and productivity research during the past 20 years (1982–2002). Water, Air, and Soil Pollution: Focus. 2004. 4. 5–36.
12. Shepard J. P. Water quality protection in bioenergy production: the US system of forestry best management practices. Biomass and Bioenergy. 2006. 30(4). 378–384.
13. Swift L. W., Jr. Forest road design to minimize erosion in the southern Appalachians. In: Blackmon, B.G. Proceedings of forest and water quality: a mid-south symposium. Little Rock, AR: University of Arkansas. 1985. 141–151.
14. Компанія Encodeplus. URL: <https://www.encodeplus.com/> (дата звернення: 05.01.2025).
15. Smolen M. D., Miller D. W., Wyatt L. C., Lichthardt J., Lanier A. L. Erosion and Sediment Control Planning and Design Manual. North Carolina Sedimentation Control Commission; North Carolina Department of Environment, Health, and Natural Resources; and Division of Land Resources Land Quality Section, Raleigh, NC. 1988.

16. Virginia department of forestry (VDOF). Virginia's forestry bestmanagement practices for water quality, 4th ed. Virginia Department of Forestry, Charlottesville, VA. 2002. 216 p.
17. Hillman A. Stream Crossing Inventory and Ranking Guidelines. Minnesota Department of Natural Resources online resources. 2015. Available online: <https://files.dnr.state.mn.us/waters/publications/stream-crossing-guidelines.pdf>
18. Zytkovicz K., Murtada S. Reducing localized impacts to river systems through proper geomorphic sizing of on-channel and floodplain openings at road/river intersections. 2013. Available online: <http://files.dnr.state.mn.us/eco/streamhab/geomorphology/reducing-riparian.pdf>
19. Frizzell R., Zevenbergen L., Navarro R. Stream Channel Restoration at Bridge Sites. Critical Transitions in Water and Environmental Resources Management. 2004. 1–9.
20. Jackson S. D. Ecological Considerations in the Design of River and Stream Crossings. In 2003 Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation.
21. Компанія New Zealand Forest Owners Association. URL: <https://docs.nzfoa.org.nz/live/nz-forest-road-engineering-manual-operators-guide/water-control/single-culvert-river-crossings/> (дата звернення: 05.01.2025).
22. Thompson J. D., Taylor S. E., Yoo K. H., Brinker R. W., Tufts R. A. Water quality impacts of different forest road stream crossings. Proc. of 18th annual meeting of the Council on Forest Engineering. Cashiers, NC. 1995. P. 68–76.
23. Компанія Служба відновлення і розвитку інфраструктури в Миколаївській області. URL: <https://www.facebook.com/mk.ukravtodor/> (дата звернення: 15.10.2024).
24. Компанія Служба відновлення і розвитку інфраструктури в Харківській області. URL: <https://www.facebook.com/kh.ukravtodor/> (дата звернення: 15.10.2024).
25. Компанія Служба відновлення і розвитку інфраструктури в Чернігівській області. URL: <https://www.facebook.com/profile.php?id=61558150212925> (дата звернення: 15.10.2024).
26. ДБН В.2.3-22:2009. Мости та труби. Основні вимоги проектування. Київ, 2009. 42 с. (дата звернення: 15.10.2024).
27. ДСТУ-Н Б В.2.3-34:2016. Настанова з виконання робіт при будівництві мостів та труб. [Чинний від 2017.01.01.]. Київ, 92 с. (дата звернення: 15.10.2024).
28. МР В.2.3-37641918-940:2024. Методичні рекомендації щодо проектування та влаштування тимчасових автомобільних доріг і мостів на них. Київ, 59 с. (дата звернення: 15.10.2024).
29. ДБН В.2.3-4:2015. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. Київ, 91 с. (дата звернення: 15.10.2024).
30. ДСТУ 4100:2021. Безпека дорожнього руху. Знаки дорожні. Загальні технічні умови. Правила застосування. Київ. 144 с. (дата звернення: 15.10.2024).
31. Компанія Catchments & Creeks Pty Ltd. URL: <https://catchmentsandcreeks.com.au/> (дата звернення: 05.01.2025).
32. U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (2015). Stream crossing best management practices (BMPs).
33. ДСТУ 9186:2022. Настанова з проектування земляного полотна автомобільних доріг. Київ. 118 с. (дата звернення: 15.10.2024).
34. ДБН А.3.1-5:2016. Організація будівельного виробництва. Київ. 49 с. (дата звернення: 15.10.2024).
35. ДСТУ-Н Б В.2.3-32:2016. Настанова з улаштування земляного полотна автомобільних доріг. Київ. 98 с. (дата звернення: 15.10.2024).
36. Kailan A. L. Hydraulic Structures, Water Resources Engineering Lectures; Department of Civil Engineering, Al-Mansour University College: Baghdad, Iraq. 2015.
37. Lu C., Ji K., Wang W., Zhang Y., Ealotswe T. K., Qin W., Lu J., Liu B., Shu L. Estimation of the Interaction between Groundwater and Surface Water Based on Flow Routing Using an Improved Nonlinear Muskingum-Cunge Method. Water Resour Manag. 2021. 35. 2649–2666.
38. Uslu O., Lav A. H., Sen Z. Updated Talbot Method for Culvert Design Discharge Prediction. Water. 2024. 16. 1972. <https://doi.org/10.3390/w16141972>
39. Jaeger R., Tondera K., Pather S., Porter M., Jacobs C., Tindale N. (2019). Flow Control in Culverts: A Performance Comparison between Inlet and Outlet Control. Water. 11(7). 1408. <https://doi.org/10.3390/w11071408>
40. Minnesota Pollution Control Agency (MPCA). (2019). Construction stormwater practices: Temporary stream crossing. In Minnesota stormwater manual.
41. Idaho Department of Transportation (IDT). NS-4: Temporary stream crossing. In Best management practices manual. 2014.
42. Morris B., Bolding M., Aust W., McGuire K., Schilling E., Sullivan J. Differing levels of forestry best management practices at stream crossing structures affect sediment delivery and installation costs. Water. 2016. 8(3). 92.
43. McKee S. E., Shenk L. A., Bolding M. C., Aust W. M. Stream crossing methods, costs, and closure best management practices for Virginia loggers. Southern Journal of Applied Forestry. 2012. 36(1). 33–37.

References

1. Harkusha, M. V. (2024). Dosvid ekspluatatsiyi ta osoblyvosti roboty vodopropusknykh sporud iz metalevykh hofrovanykh konstruktsey na avtomobil'nykh dorohakh. Dorohy i mosty. Kyi'v Vyp. 29. S. 235–250. DOI: <https://doi.org/10.36100/dorogimosti2024.29.235> [in Ukrainian].

2. Shaffer, R. M.; Haney, H. L., Jr.; Worrell, E. G., Aust, W. M. (1998). Forestry BMP Implementation Costs for Virginia. *Forest Products Journal*, Vol. 48.No. 9 [in English].
3. Aust, W. M., Visser, J. M. R., Gallagher, T., Roberts, T., Poirot, M. (2003). Cost of six different stream crossing options in the Appalachian area. *South. J. Appl. For.* 27(1). 66–70 [in English].
4. Conrad, J. L., Ford, W. S., Groover, M. C., Bolding, M. C., Aust, W. M. (2012). Virginia Tech forest road and bladed skid trail cost estimation method. *South. J. Appl. For.* 36(1). 26–32 [in English].
5. Thompson, A., Stringer, J. (2001). Portable skidder bridges. *Kentucky Logjam* 6(4). 2–6. References[in English].
6. Clarkin, K. L., Keller, G. R., Warhol, T., & Hixson, S. (2006). Low-Water Crossings: Geomorphic, Biological, and Engineering Design Considerations [in English].
7. McBroom, M. W., Beasley, R. S., Chang, M., Ice, G. G. (2008). Storm runoff and sediment losses from forest clearcutting and stand re-establishment with best management practices in East Texas, USA. *Hydrologic Processes*. 22(10). 1509–1522 [in English].
8. Patric, J. H. (1976). Soil erosion in the eastern forest. *Journal of Forestry*. 74(10). 671–677 [in English].
9. Swift, L. W. Jr., Burns, R. G. (1999). The three Rs of roads: redesign, reconstruction, restoration. *Journal of Forestry*. 97(8). 40–44 [in English].
10. Anderson, C. J., Lockaby, B. G. (2011). Research gaps related to forest management and stream sediment in the United States. *Environmental Management*. 47(1). 303–313 [in English].
11. Aust, W. M., Blinn, C. R. (2004). Forestry best management practices for timber harvesting and site preparation in the eastern United States: an overview of water quality and productivity research during the past 20 years (1982–2002). *Water, Air, and Soil Pollution: Focus*. 4. 5–36.
12. Shepard, J. P. (2006). Water quality protection in bioenergy production: the US system of forestry best management practices. *Biomass and Bioenergy*. 30(4). 378–384 [in English].
13. Swift, L. W., Jr. (1985). Forest road design to minimize erosion in the southern Appalachians. In: Blackmon, B.G. *Proceedings of forest and water quality: a mid-south symposium*. Little Rock, AR: University of Arkansas. 141–151 [in English].
14. Kompaniya Encodeplus. URL: <https://www.encodeplus.com/> (access date: 05.01.2025) [in English].
15. Smolen, M. D., Miller, D. W., Wyatt, L. C., Lichthardt, J., Lanier, A. L. (1988). *Erosion and Sediment Control Planning and Design Manual*. North Carolina Sedimentation Control Commission; North Carolina Department of Environment, Health, and Natural Resources; and Division of Land Resources Land Quality Section, Raleigh, NC [in English].
16. Virginia department of forestry (VDOF). (2002). *Virginia's forestry bestmanagement practices for water quality*, 4th ed. Virginia Department of Forestry,Charlottesville, VA. 216 p [in English].
17. Hillman, A. (2015). *Stream Crossing Inventory and Ranking Guidelines*. Minnesota Department of Natural Resources online resources. Available online: <https://files.dnr.state.mn.us/waters/publications/stream-crossing-guidelines.pdf> [in English].
18. Zytovicz, K., Murtada, S. (2013). Reducing localized impacts to river systems through proper geomorphic sizing of on-channel and floodplain openings at road/river intersections. Available online: http://files.dnr.state.mn.us/eco/streamhab/geomorphology/reducin_g-rior.pdf [in English].
19. Frizzell, R., Zevenbergen, L., and Navarro, R. (2004). *Stream Channel Restoration at Bridge Sites*. Critical Transitions in Water and Environmental Resources Management: 1–9 [in English].
20. Jackson, S. D. (2003). Ecological Considerations in the Design of River and Stream Crossings. In *2003 Proceedings of International Conference on Ecology and Transportation* [in English].
21. Kompaniya New Zealand Forest Owners Association. URL: <https://docs.nzfoa.org.nz/live/nz-forest-road-engineering-manual-operators-guide/water-control/single-culvert-river-crossings/> (access date: 05.01.2025) [in English].
22. Thompson, J. D., Taylor, S. E., Yoo, K. H., Brinker, R. W., Tufts, R. A. (1995). Water quality impacts of different forest road stream crossings. P. 68–76 in *Proc. of 18th annual meeting of the Council on Forest Engineering*. Cashiers, NC [in English].
23. Kompaniya Sluzhba vidnovlennya i rozvytku infrastruktury u Mykolayivs'kiy oblasti. URL: <https://www.facebook.com/mk.ukravtodor/> (access date: 15.10.2024) [in Ukrainian].
24. Kompaniya Sluzhba vidnovlennya i rozvytku infrastruktury u Kharkivs'kiy oblasti. URL: <https://www.facebook.com/kh.ukravtodor/> (access date:15.10.2024) [in Ukrainian].
25. Kompaniya Sluzhba vidnovlennya i rozvytku infrastruktury u Chernihivs'kiy oblasti. URL: <https://www.facebook.com/profile.php?id=61558150212925> (access date: 15.10.2024) [in Ukrainian].
26. DBN V.2.3-22:2009. *Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannya*. Kyi'v, 2009. [in Ukrainian].
27. DSTU-N B V.2.3-34:2016. *Nastanova z vykonannya robot pry budivnytstvi mostiv ta trub*. Kyi'v, 2016. [in Ukrainian].
28. MR V.2.3-37641918-940:2024. *Metodychni rekomendatsiyi shchodo proyektuvannya ta vlashtu-vannya tymchasovykh avtomobil'nykh*

- dorih i mostiv na nykh. Kyi'v, 2024. [in Ukrainian].
29. DBN V.2.3-4:2015. Avtomobil'ni dorohy. Chastyna I. Proektuvannya. Chastyna II. Budivnytstvo. Kyi'v, 2015. [in Ukrainian].
 30. DSTU 4100:2021. Bezpeka dorozhn'oho rukhu. Znaky dorozhni. Zahal'ni tekhnichni umovy. Pravyly zastosuvannya. Kyi'v, 2021. [in Ukrainian].
 31. Kompaniya Catchments & Creeks Pty Ltd. URL: <https://catchmentsandcreeks.com.au/> (access date: 05.01.2025) [in English].
 32. U.S. Army Corps of Engineers (USACE). (2015). Stream crossing best management practices (BMPs) [in English].
 33. DSTU 9186:2022. Nastanova z proyektuvannya zemlyanoho polotna avtomobil'nykh dorih. Kyi'v, 2022. [in Ukrainian].
 34. DBN A.3.1-5:2016. Orhanizatsiya budivel'noho vyrobnytstva. Kyi'v, 2016. [in Ukrainian].
 35. DSTU-N B V.2.3-32:2016. Nastanova z ulashuvannya zemlyanoho polotna avtomobil'nykh dorih. Kyi'v, 2016. [in Ukrainian].
 36. Kailan, A. L. (2015). Hydraulic Structures, Water Resources Engineering Lectures; Department of Civil Engineering, Al-Mansour University College: Baghdad, Iraq [in English].
 37. Lu, C., Ji, K., Wang, W., Zhang, Y., Ealotswe, T.K., Qin, W., Lu, J., Liu, B., Shu, L. (2021). Estimation of the Interaction between Groundwater and Surface Water Based on Flow Routing Using an Improved Nonlinear Muskingum-Cunge Method. *Water Resour Manag.* 35. 2649–2666 [in English].
 38. Uslu, O., Lav, A. H., Sen, Z. (2024). Updated Talbot Method for Culvert Design Discharge Prediction. *Water* 2024. 16. 1972. <https://doi.org/10.3390/w16141972> [in English].
 39. Jaeger, R., Tondera, K., Pather, S., Porter, M., Jacobs, C., & Tindale, N. (2019). Flow Control in Culverts: A Performance Comparison between Inlet and Outlet Control. *Water*, 11(7). 1408. <https://doi.org/10.3390/w11071408> [in English].
 40. Minnesota Pollution Control Agency (MPCA). (2019). Construction stormwater practices: Temporary stream crossing. In *Minnesota stormwater manual* [in English].
 41. Idaho Department of Transportation (IDT). (2014). NS-4: Temporary stream crossing. In *Best management practices manual* [in English].
 42. Morris, B., Bolding, M., Aust, W., McGuire, K., Schilling, E., Sullivan, J. (2016). Differing levels of forestry best management practices at stream crossing structures affect sediment delivery and installation costs. *Water*, 8(3). 92 [in English].
 43. McKee, S. E., Shenk, L. A., Bolding, M. C., & Aust, W. M. (2012). Stream crossing methods,

costs, and closure best management practices for Virginia loggers. *Southern Journal of Applied Forestry*, 36(1), 33–37 [in English].

Гаркуша Микола Васильович, к.т.н., доц. каф. мостів, тунелів та гідротехнічних споруд, mykola.harkusha@ntu.edu.ua, тел. +38 096-628-79-05, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5388-0561> Національний транспортний університет, вул. М. Омеляновича-Павленка, 1, м. Київ, 01010, Україна.

Approaches to the Design and Installation of Culverts Pipes on Temporary Roads

Abstract. Problem. Currently, there are no clear requirements for the construction of temporary roads and culverts on them. **Objectives.** The goal is to analyze the design and installation of culverts on temporary highways. **Methodology.** To achieve the set goal, it is necessary to analyze the main approaches to the design and installation of culverts on temporary roads, both in Ukraine under wartime and post-war conditions, and to analyze existing foreign experience. **Results.** The paper analyzes and proposes basic approaches to the design and installation of culverts on temporary highways in wartime and post-war conditions. **Originality.** The paper examines the most common approaches to designing and installing culverts on temporary roads. **Practical value.** The importance of transport facilities, associated with their strategic location, necessitates the search for modern construction solutions that combine rapid implementation, low cost, and satisfactory service life. It is worth noting that the construction of temporary crossings over a watercourse using culverts is a fast and effective method of ensuring transport connections and establishing logistical routes, which is used for both civilian and military purposes. Therefore, there is a need to establish approaches to the design and installation of culverts on temporary highways. The paper analyzes the main approaches to the design and installation of culverts on temporary highways, both in Ukraine in wartime and post-war conditions, and analyzes existing foreign experiences.

Key words: ford, culvert, water crossing, temporary road, temporary bridge, transport structure.

Harkusha Mykola, Ph.D., Associate Professor, Department of Bridges, Tunnels and Hydraulic Structures, mykola.harkusha@ntu.edu.ua, tel. +38 093-889-56-46, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5388-0561> National Transport University, 01010, Ukraine, Kyiv, M. Omelyanovicha-Pavlenka Street, 1.