



ПІДКОШАНАЯ
Оксана Миколаївна
аспірант кафедри екології та безпеки
життєдіяльності на залізничному
транспорті,
Державний університет
інфраструктури та технологій
pplt79@ukr.net
(м. Київ)

М.С. СТРЕЛЕЦЬКИЙ ПРО МОЖЛИВІ РІШЕННЯ ТРАНСПОРТНИХ ПЕРЕТИНІВ ШИРОКИХ ВОДОЙМ

Член-кореспондент АН СРСР, заслужений діяч науки і техніки РРФСР, доктор технічних наук, професор Микола Станіславович Стрілецький (1885–1967) – визначний вчений у сфері металевих будівельних конструкцій, інженер і педагог радянського періоду. У монографії «Розвідні мости» (1918 р.) він систематизував і класифікував споруди мостів за кінематичними схемами і вперше застосував у розрахунках раціональні графічні методи, а також облік сил інерції. У 1925–1931 рр. М.С. Стрілецький написав фундаментальний «Курс мостів». У цій праці розглядається доцільність застосування на автомобільних дорогах і в гірських місцевостях висячих і вантових конструкцій. У 1928 р. на Міжнародному конгресі у Відні він виступив з генеральною доповіддю з теми динаміки мостів під впливом рухових навантажень. В контексті сказаного важливим є підхід М.С. Стрілецького до проблеми загальної характеристики можливих рішень транспортних перетинів широких водостоків. Дана стаття присвячена висвітленню ролі перетину водних просторів підводним тунелем, висотними мостами, наплавними мостами, переправами.

Ключові слова: залізничні мости, висотні мости, наплавні мости, переправи, М.С. Стрілецький.

M.S. STRELECKYI ABOUT THE POSSIBLE DECISIONS OF A TRANSPORT CROSSING OF WIDE RESERVOIRS

Corresponding member of SA of USSR, honoured worker of science and technique of RSFSR, doctor of engineering sciences, professor Mykola Stanislavovich Streleckyi (1885–1967), is a prominent scientist in the field of metallic building constructions, engineer and teacher of soviet period. In a monography the «Draw bridges» (1918) he systematized and classified building of bridges on kinematics

charts and first applied in calculations rational graphic methods, and also account of forces of inertia. In 1925–1931 M.S. Streleckyi wrote fundamental «Course of bridges». In this labour expediency of application is examined on highways and in mountain localities of hanging and guy constructions. In 1928 on International congress in Vienna he came forward with a general lecture on the topic of dynamics of bridges under act of the motive loading. In the context of what has been said it is important the approach of M.S. Streleckyi to the problem of general description of possible decisions of a transport crossing of wide gullies. This article is sanctified to illumination of role of crossing of water spaces a submarine tunnel, pitch bridges, raft-bridges, ferriages.

Keywords: railway bridges, pitch bridges, raft-bridges, ferriages, M.S. Streleckyi.

Н.С. СТРЕЛЕЦКИЙ О ВОЗМОЖНЫХ РЕШЕНИЯХ ТРАНСПОРТНЫХ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ ШИРОКИХ ВОДОЕМОВ

Член-корреспондент АН СССР, заслуженный деятель науки и техники РСФСР, доктор технических наук, профессор Николай Станиславович Стрелецкий (1885–1967) – выдающийся ученый в сфере металлических строительных конструкций, инженер и педагог советского периода. В монографии «Разводные мосты» (1918) он систематизировал и классифицировал сооружения мостов по кинематическим схемам и впервые применил в расчетах рациональные графические методы, а также учет сил инерции. В 1925–1931 гг. Н.С. Стрелецкий написал фундаментальный «Курс мостов». В этом труде рассматривается целесообразность применения на автомобильных дорогах и в горных местностях висячих и вантовых конструкций. В 1928 г. на Международном конгрессе в Вене он выступил с генеральным докладом по теме динамики мостов под воздействием двигательных нагрузок. В контексте сказанного важным является подход Н.С. Стрелецкого к проблеме общей характеристики возможных решений транспортных пересечений широких водостоков. Данная статья посвящена освещению роли пересечения водных пространств подводным тоннелем, высотными мостами, наплавными мостами, переправами.

Ключевые слова: железнодорожные мосты, высотные мосты, наплавные мосты, переправы, Н.С. Стрелецкий.

У 20-х роках ХХ ст. у техніці мостобудування зберігалися основні принципи, прийняті ще в кінці ХІХ – на початку ХХ ст.ст. Опори мостів споруджували масивними, з використанням бутової кладки у камінному облицюванні і на кесонних фундаментах. Бетон і залізобетон використовувалися у незначних обсягах, в основному при будівництві

водопропускних труб і плитних конструкцій мостів прогонами до 6 м. Прогонові споруди багатьох мостів виготовляли в основному з мартенівської сталі, скріплювання заклепками здійснювалося вручну. Ферми монтувалися на суцільних деревних підмостках за допомогою козлових кранів [1].

У ці роки низка вчених та інженерів вели наукову роботу з узагальнення і аналізу накопиченого у світі досвіду будівництва та експлуатації мостів. Це дозволило Науково-технічному комітету Народного Комісаріату шляхів сполучення у 1925 р. розробити під керівництвом професора М.С. Стрілецького нові технічні умови проектування залізничних мостів і створити проекти металевих прогонних споруд розрахунковою довжиною від 27 до 109,2 м [2]. У порівнянні із спорудами, які застосовувалися раніше, ці прогонові споруди мали покращену конструкцію елементів головних ферм і більш раціональний розмір панелей [3]. В результаті проведених досліджень були уточнені величини розрахункового навантаження під час проектування залізничних мостів. Професор М.С. Стрілецький підходив до питань будівництва мостів комплексно: створення металевих конструкцій і аналіз конструкційної форми, питання розрахунку конструкцій і створення методики граничних станів, питання роботи металевих мостів під тимчасом навантаженням [4].

Серед інших, важливих питань, безперечно, питання про перетин широких водойм безпосередньо пов'язане з розвитком транспортної мережі. Цими перешкодами можуть бути морські протоки, русла широких річок (Дніпра, Волги, Лени, Єнісею), а також великі водосховища гідроелектростанцій. Останні найбільш специфічні. Дана специфічність полягає у великій ширині і значній глибині. По суті, це водойми озерного типу, які характеризуються незначною швидкістю течії і достатньо великою висотою хвилі. Розміри водосховищ можуть бути значними – довжиною до 500 км, шириною до 30–40 км. Конфігурація водойм дуже різна і залежить від рельєфу долини річки або від місцевих умов морського приливу. Дуже часто водойми мають у плані трикутну форму, представляючи собою широкий басейн у нижній частині і довгий, більш вузький, підхідний водостік у верхній, однак і в цій частині

ширина і глибина водостоку може бути значно більшою від нормального русла річки.

Безумовно, характерною особливістю таких водостоків є поживлене судноплавство, тому що вони зазвичай є основними водними магістралями, які зв'язують головні промислові пункти країни. Останнє сильно ускладнює облаштування транспортного перетину, особливо при великому вантажному потоці на сухопутній магістралі, і викликає необхідність споруджувати дорогі мостові конструкції, розміщені вище судноплавних габаритів, або будувати розвідні прогони на мостах [5].

Професор М.С. Стрілецький доводив, що найбільш правильним рішенням транспортного перетину широкого водостоку стало б будівництво підводного тунелю. Представляючи собою перетин на різних рівнях, тунель гарантує в нормальних умовах безперервність роботи і необхідну пропускну здатність транспортного руху в обох напрямках. Проте за більшої довжини залізничного тунелю виникають значні труднощі розміщення роздільних пунктів залізничної лінії, оскільки ці пункти повинні перебувати поза тунелем. А це може знизити пропускну здатність залізниці або вимагати спорудження двоколісного тунелю. Крім того, дуже складними мусять бути вентиляційні пристрої довгих підводних тунелів. У той же час велика протяжність підходів до тунелю або тунелів на берегових ділянках збільшує величину переходу і значно підвищує його вартість. Особливо за невеликої довжини тунелю, коли вартість підходів складає велику долю витрат для здійснення усього переходу. Ось чому короткі тунелі не вигідні у порівнянні з іншими видами перетину водойми, а довгі за одноколісного рішення обмежують можливу пропускну здатність перетину і також дуже дорогі. Таким чином, тунельні переходи у звичайних умовах економічно недоцільні.

Високі мости за невеликої довжини переходу має такі ж недоліки. Перетин залізничним мостом нижньої, найбільш широкої частини водостоку недоцільний, якщо водна перешкода утворюється верхнім б'єфом і з нижнього

боку обмежується греблею, по якій можливе прокладання залізничних колій або автодорожніх шляхів.

При перетині більш вузьких водотоків труднощів вже менше. Однак і ці «більш вузькі» водні перешкоди слід розглядати як значно більш широкі, ніж звичайні річкові перетини, тобто довжиною біля десятка кілометрів. Рельєф річища такого перетину зазвичай буває терасоподібним, включаючи затоплені пойми з не дуже великими глибинами і русловим простором затопленої річки з дуже великими глибинами.

За великої довжини мостового переходу питання про розміщення роздільних пунктів також є дуже суттєвим. Однак воно вирішується простіше, ніж для тунельного переходу, оскільки крайні ділянки затопленого простору, які мають дуже великі глибини, можна перекрити насипами і на них розмістити роздільні пункти.

М.С. Стрілецький зазначає, що система і спосіб будівництва опор за великої глибини русла є основною і дуже гострою проблемою. Найбільш просте рішення – побудова звичайних масивних опор. Однак більші глибини руслової ділянки (20–30 м) і відповідні глибини опускання опор роблять таке рішення не тільки дуже дорогим, але часто і неможливим. Правильніше буде облаштувати опори на високих або на низьких ростверках на залізобетонних палях.

Судноплавні прогони завжди можна розташувати на ділянках заплавах річки з не дуже великою глибиною, які допускають звичайне будівництво опор (наприклад, за допомогою кесонів), і перекрити глибоку частину річки.

Опори на високих ростверках (нижніх частинах фундаментів споруд) дуже економічні навіть за достатньо великих глибин (20 м). Завдяки цьому найвигідніший прогін мостового переходу може виявитися меншим від судноплавного прогону річки першої категорії.

Більша вартість опор може вимагати будівництва низького мосту з розвідними прогонами. Однак, напруженість судноплавства викликає необхідність будівництва декількох розвідних прогонів з достатньо великим

отвором для одночасного пропуску великої кількості суден. Таке рішення не тільки послаблює пропускну здатність дороги, яка перетинає, що дуже небажано для судноплавства, так як, по суті, зводиться до «пропускного» проходу суден, які змушені чекати відкриття розвідних прогонів. Рішення це неприйнятне для пасажирських суден, які повинні проходити перетин без затримок.

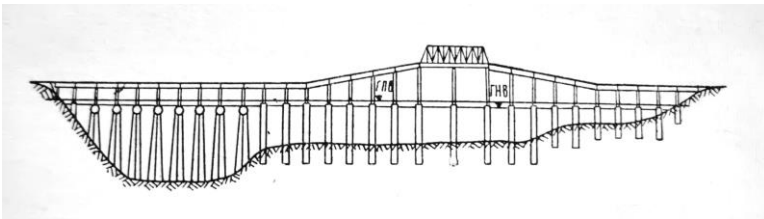
Оскільки пасажирські судна мають високі габарити, кількість їхніх рейсів визначає мінімальну кількість відкриттів розвідних прогонів. При великій кількості пасажирських рейсів це може обмежувати пропускну здатність залізничної колії.

М.С. Стрілецький робить висновок, що при жвавому судноплаванні з чисельними пасажирськими рейсами недоцільно влаштовувати розвідні прогони, особливо для залізничних перетинів. Вчений-інженер також зазначав, що економічний ефект при будівництві розвідних прогонів також є сумнівним. Справді, пропуск усіх суден через розвідні прогони при жвавому судноплаванні неможливий внаслідок надзвичайно великих труднощів для руху дорогою, яка перетинає річку. Будівництво розвідних прогонів тільки для пропуску більш високих суден скорочує висоту опор ненабагато, що при загальній їх висоті 20–30 м (від низу оголовка до верху судноплавного габариту) і більшій вартості основ несуттєво і не виправдовується підвищенням експлуатаційних витрат при роботі розвідного прогону. Звідси витікає технічно-економічне завдання визначення найбільш вигідної відмітки розташування прогонових станцій.

Однак, окрім звичайного балансу економії вартості на опорах і збільшення експлуатаційних витрат, які виникають під час експлуатації розвідного прогону, необхідно врахувати суттєві недоліки розвідного прогону, який подібно до перетину на одному рівні обмежує пропускну здатність обох шляхів, що перетинаються і створює затримку руху. Через ці недоліки застосування розвідних прогонів на великих магістралях нераціональне. Микола Станіславович був переконаний, що для автодорожніх мостів

будівництво розвідних прогонів є більш можливим, але при жвавому суднопластві все ж утруднює рух і тому небажане.

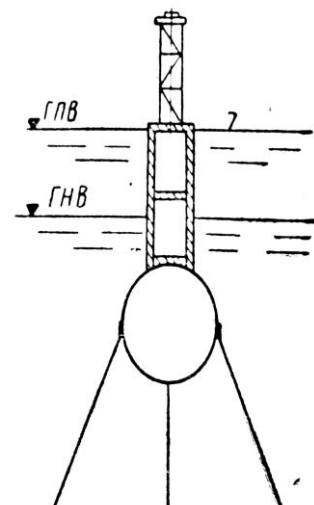
М.С. Стрілецький також вважав, що необхідність переходу при великому вантажному суднопластві до пропускання суден, коли через розвідний прогін пропускається декілька суден, призводить до достатньо довгих періодів відкривання розвідних прогонів і викликає велике накопичення і затримку автомобілів на мосту або на підходах до нього. Тому більш правильним було б побудувати достатньо високий міст, щоб усі вантажні судноплавні рухи відбувалися під прогонами, а розвідні прогони відкривалися б тільки для пасажирських суден, які плавають згідно певного розкладу.



Мал.1 Схема мостового переходу з ділянкою на поплавкових опорах

Однак, Микола Станіславович зауважував, що економічний ефект такого рішення дуже незначний. Таким чином, і для

автодорожнього мосту кращим рішенням буде міст без розвідного прогону. Вчений переконував, що для автодорожнього мосту рішення без розвідного прогону полегшується тим, що за достатньо великої довжини переходу і порівняно великих допустимих ухилів можна будувати високий міст тільки в частині переходу у відповідності з кількістю судноплавних прогонів, а на решті протяжності переходу – низький міст з порівняно невеликими прогонами. Такий варіант можливий також і для залізничних перетинів, але через малі ухили залізничної колії, яка вимагає достатньо довгих ділянок на ухилах, він менш раціональний з експлуатаційної точки зору.



Мал. 2 Схема поплавкової опори

Таким чином, великі ухили автодорожнього мосту дозволяють високу його частину розміщувати над заплавною частиною

переходу при невеликих, але достатніх для судноплавства глибинах (мал. 1). Це полегшує будівництво опор і дозволяє глибоку частину річки перекрити порівняно невеликими прогонами на опорах спеціального типу. Такими опорами є ростверкові і поплавцеві опори. Малі швидкості течії широких водойм і внаслідок цього невеликі льодовикові тиски роблять таке рішення прийнятним. Мабуть, це рішення може дати достатньо економний варіант перетину постійним автодорожнім мостом.

Поплавковими (мал. 2) є опори, побудовані на затоплених поплавках, притягнутих до мертвих якорів. Такі мости, як правило, експлуатуються на перетинах фордів Швеції. Підйомна сила поплавок повинна бути вище від опорних тисків від прогонових споруд і тимчасового навантаження. Тоді напруга у зв'язках, що з'єднують поплавки з якорем, зберігає позитивне розтягувальне значення під час функціонування мосту, і поплавець зберігає постійність свого положення (з точністю до невеликих величин зміни видовжень у тягах), а міст працює як на жорстких опорах. Постійне навантаження прогонової споруди і опор врівноважується плавучістю поплавка; тяги і якоря працюють тільки на реакцію тимчасового навантаження і на горизонтальну складову тиску льоду і вітру (з деяким запасом) і тому будуються прийнятних розмірів.

М.С. Стрілецький підрахував, що розміри поплавка в першу чергу повинні залежати від величини постійного навантаження, що дещо обмежує цю величину і прогін мосту. Підрахунки показують, що при прогонах до 50–60 метрів (для автодорожнього мосту) розміри поплавків прийнятні, і для зменшення ваги доцільно поплавки конструювати металевими. Згідно проведених підрахунків найбільш вигідним є прогін 40–50 м. Очевидно, доцільно мати найбільш полегшену конструкцію опор.

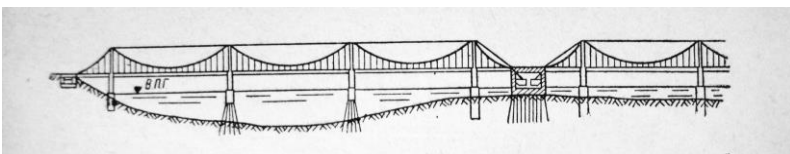
Конструкція опори на високому ростверку схожа у схемі на поплашкову опору: у ній розтягнуті тяги якоря замінюються стиснутими спаями ростверку, поплавки замінюються основою оголовка опори. Підрахунки показали, що для глибоких перетинів (глибиною 20–30 м) поплашкові мости для автодорожнього

сполучення на 10–15 % дешевші від мостів на ростверках. Конструкція і спорудження поплавкового мосту значно простіша, ніж на ростверку, у зв'язку із труднощами занурення палів на високій воді. Однак можливість корозії тяг знижує надійність поплавкового мосту.

Для автомобільного мосту на високих ростверках найбільш вигідними є прогони 50–70 м. Ці прогони можна вільно перекрити нерозрізною балкою; для економії металу доцільне при цьому комплексне рішення металевої балки з плитою проїзної частини, уведеної у роботу балки.

М.С. Стрілецький робить висновок, що перекриття судноплавних прогонів можна здійснювати за допомогою різних конструкцій, наприклад, при їзді понизу, – балкою, аркою із затяжкою або іншими прийомами. Опори судноплавних прогонів, розміщених на заплавних ділянках за особливо невисокої глибини, можуть бути звичайного типу. Однак такий варіант, достатньо правильний за вартістю показників, може виявитися невдалим у відношенні до строків спорудження через високу кількість опор (200–300 опор при довжині мосту 10–15 км).

Таким чином, варіант перетину великих прогонових конструкцій (в першу чергу висячого типу) повинен постійно розглядатися. Як відомо, застосовуючи штучний натяг кабелів або систему з двох кабелів або з нахиленими підвісками, перетин висячого багатопрогонового мосту може виявитися доцільним у зв'язку із зменшенням кількості опор для глибокої частини річки (мал. 3).



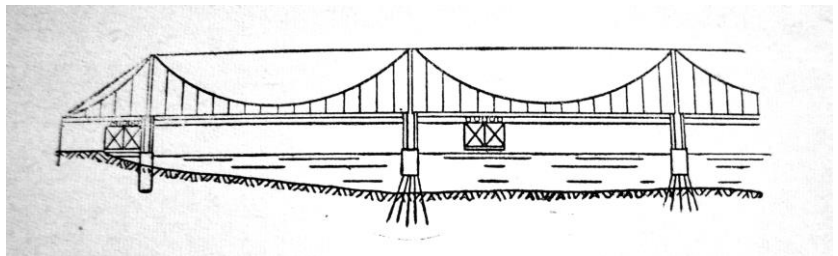
Мал. 3. Схема висячого багатопрогонового моста

За малої ваги, відносно невеликої вартості легеньких висячих мостів і достатньої жорсткості може виникнути питання про застосування їх і для середніх прогонів. М.С. Стрілецький вважав, що найбільш вигідний прогін при опорах на високих ростверках в цьому випадку повинен складати 100–120 м. Даний варіант принципово не відрізнявся від попереднього. Однак тут можливі і звичайні залізобетонні і сталеві системи (аркові і балкові).

Микола Станіславович вважав, що раціональним був перехід до суміщених мостів під залізничний і автомобільний шляхи. В усіх випадках, коли це можливо, застосування сумісного мосту дає найбільш економічне рішення, тому що вартість сумісного мосту при габариті проїзду автомобільної дороги Г-7 на 15 % вище вартості залізничного мосту і набагато менше сумарної вартості залізничного і автодорожнього мостів. Будівництво сумісного мосту вимагає перетину залізничного і автомобільного шляхів, наприклад, при перетині біля великих міст або під час прокладання нової траси. Однак сумісна експлуатація автомобільного і залізничного шляхів на одному мосту може викликати технічні труднощі. Крім того, сумісний міст при пошкодженні припиняє роботу обох перетинів – залізничного і автомобільного, що при широких водних перешкодах і малій кількості перетинів може стати суттєвим недоліком.

Конструктивна форма сумісного мосту не відрізняється від конструктивної форми залізничного мосту, тому що не відрізняються взаємозв'язки режиму його експлуатації з режимом експлуатації судноплавного шляху. Тому така форма перетину М.С.Стрілецьким не розглядалася.

Радикальним рішенням для перекидання через річку великого автомобільного вантажного потоку є будівництво моста-трансбордера (мал. 4). Основна перевага моста-трансбордера – мінімальне зниження суднового ходу. Тому застосування таких мостів доцільно при великому вантажопотоці на водному шляху і меншим на автомобільній дорозі. Міст-трансбордер доцільно застосовувати не тільки при малому автомобільному русі.



Мал. 4. Схема моста – трансбордера

Можливість будівництва подвійних шляхових мостів-трансбордерів була застосована при проектуванні моста-трансбордера через Волгу у Саратові (1921 р.) Це суттєво підвищило пропускну здатність мосту, який перетворився

на підвісну дорогу, пропускна здатність якої залежала тільки від кількості візочків і часу їх навантаження і вивантаження.

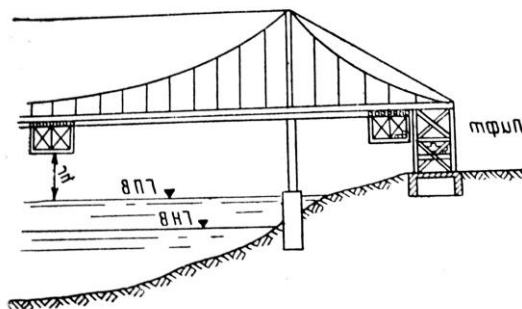
Можливість використання гнучких конструкцій дозволяє широко застосовувати великі прогони, що спрощує перехід при великій його довжині. Однак вартість моста-трансбордера при великій кількості візочків і значному часовому навантаженні достатньо висока, тому цей варіант ледве витримує конкуренцію з іншими варіантами переходу, тим паче, що вартість експлуатації моста-трансбордера також достатньо велика. При цьому необхідно ще відзначити, що перетин мостом-трансбордером, по суті, є перетином на одному рівні.

При більшому судноплаванні регулярність руху візочків різко знижується. Це може викликати необхідність пропуску візочків вище від судноплавних габаритів і значно підняти висоту споруди, що погіршить експлуатаційні умови у зв'язку з необхідністю підйому вантажів до рівня візочків (мал. 5).

Перетином перервної дії М.С. Стрілецький вважав наплавний міст на звичайних плавучих опорах. При міцних опорах (наприклад, залізобетонних) цей перетин слід розглядати як досить такий капітальний.

Мабуть, малі швидкості течії і відсутність льодоходів на широких водоймах дозволяє вважати наплавний міст навіть переходом до цілорічної експлуатації. Але неминучість будівництва достатньо малих прогонів і низько розташованих прогонових споруд дуже утруднює пропускання суден. При пожвавленому русі суден часті відкриття вивідних прогонів і тривалі операції по їхньому уведенні різко змінюють пропускну здатність сухопутної дороги, тому наплавні мости в указаних умовах нераціональні.

Можна розмістити наплавний міст як частину мостового переходу над ділянкою великих глибин із спорудами постійного мосту підвищеного типу або



Мал. 5. Вузол моста – трансбордера високого рівня

з розвідними прогонами на більш мілкіших ділянках, тобто аналогічно мосту на поплашкових опорах. Однак у порівнянні з мостом на поплашкових опорах наплавний міст має недолік: рух по ньому дуже залежить від зміни відміток рівня водойми, які можуть бути значними у водосховищах.

Вартість наплавного мосту капітального типу навряд чи буде набагато дешевше вартості мосту на поплашках, що також не на користь цього варіанту. Підрахунки показують, що різниця вартостей коливається в межах 15–20 %.

Найбільш правильним рішенням для дороги не особливо великої вантажонапруженості за великої ширини водойми буде переправа. Переправа може бути достатньо капітального типу – на самохідних засобах (суднах). Перерив роботи в зимовий час (основний недолік переправи) можливо зменшити, застосовуючи криголами. Під час суворих зим переправу можна компенсувати зимовою льодовою дорогою. Недоліком переправи є також велика вартість експлуатації, достатньо складні і дорогі (через непостійність рівня горизонту вод) пристрої на пристанях, великі амортизаційні витрати на плавучі засоби. Мабуть, експлуатаційні витрати на переправу повинні бути приблизно однаковими з витратами моста-трансбордера, а величина капітальних витрат значно менша. Таким чином, при порівнянні варіантів перетину водойми вантажною дорогою з невеликою пропускною здатністю, а власне моста-трансбордера і переправи, перевага повинна віддаватися переправі. Економічні переваги переправи тим більші, чим ширшою є водна перешкода.

Очевидно, що при збільшенні довжини переправи пропускна здатність її зменшується при даній кількості переправних засобів. Це не знижує значення переправи, яка, мабуть, повинна бути найбільш доцільним варіантом для багатьох випадків і єдиним рішенням для перетину для перетину широкої частини водойми. Слід відзначити, що перетин цієї частини водойми дорогами більшої вантажонапруженості дуже мало вірогідний, що також збільшує в цих умовах значущість переправи.

Основне застосування повинні отримати переправи для автомобільних доріг, для яких їх можна розглядати як найбільш правильне рішення, зокрема при дуже великому діапазоні довжини переправи. Пропускна здатність переправ можна забезпечити різними плавучими засобами. Капітальні затрати будуть меншими, ніж для інших типів перетинів, оскільки приставні споруди переправи автомобільної дороги порівняно нескладні. Експлуатаційні витрати досить значні, однак їх можна знизити за рахунок економії пального при перевезенні автомобілів на достатньо більшій довжині переправ. Основну долю експлуатаційних витрат займають амортизаційні витрати на переправні засоби, які зменшуються з підвищенням будівництва переправи.

М.С. Стрілецький наголошував, що будівництво переправ при перетині широкого водогону залізницею представляє дуже великі труднощі. Однак, в той же час, суттєва різниця у вартості порівняння з вартістю постійного мосту робить її дуже раціональною у перший період роботи при малій вантажонапруженості. Таким чином, переправа повинна розглядатися як тимчасове рішення: встановлення раціонального строку її служби представляє складне і важко вирішуване завдання. Основне правило залізничного руху – безперебійність – вимагає застосування на переправі суден криголамного типу.

Микола Станіславович також зауважував, що в зимових умовах переправу можна замінити дорогою по льоду. Цей тип перетину в даний час добре вивчений на багатьох річках, причому він застосовувався і для автомобільних і для залізничних перетинів. Однак при постійно діючому перетину будівництво льодової дороги доцільно лише для автомобільного руху, щоб замінити зимовий перерив в роботі переправи на плавучих засобах. Правильна організація робіт з підготовки льодової дороги на початку зимового періоду і використання плавучих засобів переправи криголамного типу, здатних працювати за малої товщини льоду на початку зими, завжди можуть забезпечити безперервну роботу перетину.

В суворих кліматичних умовах льодова дорога може служити і для залізничного перетину, яскравим прикладом чого були Байкальська переправа і

переправа через Амур біля м. Комсомольська. Однак, не дивлячись на достатню міцність льоду, будувати залізницю по льоду недоцільно у зв'язку з частими переривами у її роботі через розриви льодового покриву, необхідності мати мостове майно, яке не швидко збирається для перекриття тріщин і має дуже високі експлуатаційні витрати. Тому такі рішення можливі на перших стадіях роботи перетину.

Ненадійність роботи льодової дороги як елемента залізничної траси внаслідок утворення ополонки викликає гостру необхідність організації безперервної роботи переправи на плавучих засобах. Все це робить дуже дорогими переплавні засоби, хоча і підвищує економічно раціональний строк роботи переправи. До того ж можливе перекидання засобів з однієї переправи на іншу після завершення строку роботи першої для подальшого використання переправних засобів. Можливий також такий строк експлуатації переправи, який лімітується вантажонапруженістю залізниці і нераціональністю уведення нових дорогих переправних засобів за порівняно невеликого строку експлуатації переправи. Ці роздуми призводять до думки, що строк роботи залізничної переправи повинен плануватися достатньо великим.

М.С. Стрілецький наголошує, що тип перетину залежить від місця його розташування. Однак, для широких перетинів, інколи унікальних, географічні умови мають менше значення з точки зору вибору принципового рішення, ніж для інших видів перетинів. Дуже суттєвим є послідовні зміни типу перетину при підвищенні вантажонапруженості дороги. Можна із впевненістю сказати, що на широких перетинах спочатку повинна бути переправа як для автомобільної дороги, так і для залізниці, не дивлячись на меншу раціональність переправи для останньої. Наступним етапом розвитку споруд для залізниці повинен бути постійний міст на жорстких опорах. Крайне різке підсилення слід розглядати як усунення основної причини, через яку широкі водотоки, на яких тривалий час зберігаються переправи, дуже різко перешкоджають розвитку залізничної мережі. Перехід на більш дешеві типи мостових переходів, у вигляді низьких мостів з розвідними прогонами, не є

доцільним через малий економічний ефект і суттєві утруднення для подальшого підвищення пропускної здатності доріг. Основна увага повинна бути звернута на полегшення опор.

Для автомобільних доріг другою стадією також є постійний міст, але більш полегшеного типу. Розвідні прогони і тут не слід рекомендувати. Поплавкові мости, як граничні для полегшення опор, можна вважати доцільними. Можна застосовувати і висячі багатопрогонові конструкції на полегшених опорах.

Високі мости-трансбордери висячої системи при невеликому русі на дорозі і значному судноплаванні можна застосовувати, але все-таки переправа в цьому випадку буде більш доцільною і економічно вигідною.

Список використаних джерел

1. Стрелецкий Николай Станиславович. *Железнодорожный транспорт: Энциклопедия* / гл. ред. Н. С. Конарев. Москва : Науч. изд-во «Большая Российская энциклоп.», 1995. С. 555.
2. Стрелецкий Н. С. Метод расчета конструкций зданий и сооружений по предельным состояниям, применяемым в СССР, и основные направления его развития. *Н. С. Стрелецкий. Избранные труды* / под ред. Е. И. Беленя. Москва : Стройиздат, 1975. С. 242–256.
3. Баженов В. А. Ворона Ю. В., Пельмутер А. В. Будівельна механіка і теорія споруд. Нариси з історії. Київ : Каравела, 2016. 428 с.
4. Стрелецкий Н. С. Конструкции пролётных строений мостов / *Металлические конструкции. Специальный курс*. Москва : Стройиздат, 1965. 366 с.
5. Стрелецкий Н. С. Общая характеристика возможных решений транспортных пересечений широких водотоков. *Н. С. Стрелецкий. Избранные труды* / под ред. Е. И. Беленя. Москва : Стройиздат, 1975. С. 402–412.

References

1. Konarev, N. S. ed. (1995). *Streletskiy Nikolay Stanislavovich. Zheleznodorozhnyiy transport: ntsiklopediya* [Streletsky Nikolai Stanislavovich. Railway transport: Encyclopaedia]. Moskov : Nauch. izd-vo «Bolshaya Rossiyskaya entsiklop.», 555. [in Russian].
2. Belen', E. I. ed. (1975). *Streletskiy, N. S. Metod rascheta konstruktsiy zdaniy i sooruzheniy po predelnyim sostoyaniyam, primenyaemyim v SSSR, i osnovnyie napravleniya ego razvitiya* [Streletsky N. S. Method of calculating the structures of buildings and structures for limiting states used in the USSR, and the main directions

of its development]. *N. S. Streletskiy. Izbrannyye trudyi* [N. S. Streletsky. Selected works]. Moskov : Stroyizdat, 242–256. [in Russian].

3. Vorona, Iu. V., Pelmuter, A. V., and Bazhenov, V. A. (2016). *Budivselna mekhanika i teoriia sporud. Narysy z istorii* [Construction mechanics and the theory of structures. Essays on history]. Kiev : Karavela, 428. [in Russian].

4. Streletskiy, N. S. (1965). *Konstruktsii prolyotnyih stroeniy mostov. Metallicheskie konstruktsii. Spetsialnyiy kurs* [Construction of spans of bridges. Metal structures. Special course]. Moskov : Stroyizdat, 366. [in Russian].

5. Belen', E. I. ed. (1975). *Streletskiy N. S. Obschaya harakteristika vozmozhnyih resheniy transportnyih peresecheniy shirokih vodotokov. N. S. Streletskiy. Yzbrannyye trudyi*. [General characteristics of possible solutions for traffic intersections of wide watercourses. N. S. Streletsky. Selected works]. – Moskov : Stroyizdat, 402–412. [in Russian].

Рецензент:

Кучер В.І., д.і.н., проф.

Надійшла до редакції 13.08.2017 р.