

**В. О. Попов**  
**О. В. Войцехівський**  
**О. В. Стінський**

## **ПОРІВНЯННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ МЕТОДІВ РЕКОНСТРУКЦІЇ СТАЛЕЗАЛІЗОБЕТОННИХ ОДНОПРОЛІТНИХ МОСТІВ**

Вінницький національний технічний університет

*У статті набув подальшого розвитку метод підсилення сталезалізобетонних однопролітних мостових споруд, що зазнали зносу внаслідок тривалої експлуатації потребують та вимагають розширення. Описано конструктивні рішення та принцип роботи під навантаженням існуючих типових сталезалізобетонних однопролітних мостів. Як приклад розглянуто реальну аварійну мостову споруду у смт. Дашів Гайсинського району Вінницької області, що потребує невідкладної реконструкції. Докладно описано основні конструктивні елементи мосту, та їх технічний стан. Показано можливі раціональні способи розширення та підсилення споруди у двох варіантах. Варіант 1 – підсиленням існуючих сталевих і залізобетонних конструкцій з частковим перекриттям дорожнього руху. Варіант 2 – заміною прогонової будови із повним перекриттям роботи мосту на час виконання будівельно-монтажних робіт. Для першого і другого варіантів розроблено принципові конструктивні схеми реконструкції споруди. Описано технологічну послідовність посилення мостової споруди за обома згаданими методами, проаналізовано переваги та недоліки, а також, оцінено вартісні показники реконструкції кожного з запропонованих варіантів. Доведено, що метод посилення (варіант 1) більш доцільний за необхідності часткової експлуатації споруди під час виконання будівельно-монтажних робіт. Такий метод дозволяє відновити проектну несучу здатність мостової споруди із забезпеченням сучасних габаритних вимог та вимог безпеки руху за менші кошти. Методу повної заміни прогонової будови (варіант 2), не дивлячись на вищу вартість, слід віддавати перевагу у всіх інших випадках, з огляду на динаміку постійного зростання транспортного потоку у нашій державі. При варіанті 2 можна досягти не тільки потрібних габаритних, а й більш високих несучих характеристик мостової споруди за більш короткий термін. Надійність та ефективність кожного з методів підтверджено відповідними міцнісними розрахунками.*

**Ключові слова:** сталезалізобетонний міст, пролітна будова, просторова сталева ферма, напружено-деформований стан, реконструкція.

### **Вступ**

Ця робота є логічним продовженням попередніх досліджень, присвячених раціональним способам реконструкції мостових споруд, розглянутих у [1 – 4].

Відомо, що в Україні, в умовах воєнного стану особлива увага приділяється критичній транспортній інфраструктурі. Навіть другорядні дорожні системи в цей складний час мають стратегічне значення, як альтернативні транспортні артерії для перевезення вантажів різного призначення. Значення автодоріг суттєво підвищується і через неможливість використання традиційних авіаційних та морських шляхів. Найбільш конструктивно складними та відповідальними структурними елементом автодороги є мостові споруди. Результати наукових досліджень, присвячених оцінці ступеня зносу дорожнього фонду показують, що саме мости є найбільш зношеними конструкціями та потребують невідкладних ремонтних заходів [1 – 4]. Тому роботи з модернізації мостів, розпочаті в мирний час, в рамках програми Президента «Велике будівництво», повинні проводитись без зупину і під час воєнного стану для збільшення вантажопідйомності та пропускної здатності автомобільних доріг України, загалом, та мостових споруд, зокрема.

На цей час в Україні частину загального фонду автодорожніх мостів на дорогах місцевого і національного значення складають сталезалізобетонні споруди. Такі споруди утворені металевими пролітними балочними чи фермовими системами, що формують основний опорний «скелет»

споруди та залізобетонних плит, що сприймають безпосередній вплив від дорожнього покриття. Залізобетонні плити або улаштовані вільно обпертими на металевий остов (тоді слід говорити про незалежну поведінку залізобетонної і сталевих складових споруди під навантаженням), або конструктивно зв'язані сталевими болтами з металоконструкціями та працюють спільно у вигляді суцільної сталезалізобетонної прогонової будови. Такі споруди зводилися протягом 50-х ... 60-х років минулого століття.

Яскравим прикладом мостової споруди, виконаної за сталезалізобетонною схемою і зведеної за Радянських часів, є міст через річку Сорока у смт. Дашів Вінницької області на дорозі державного значення Р-33 [4] (рис. 1).

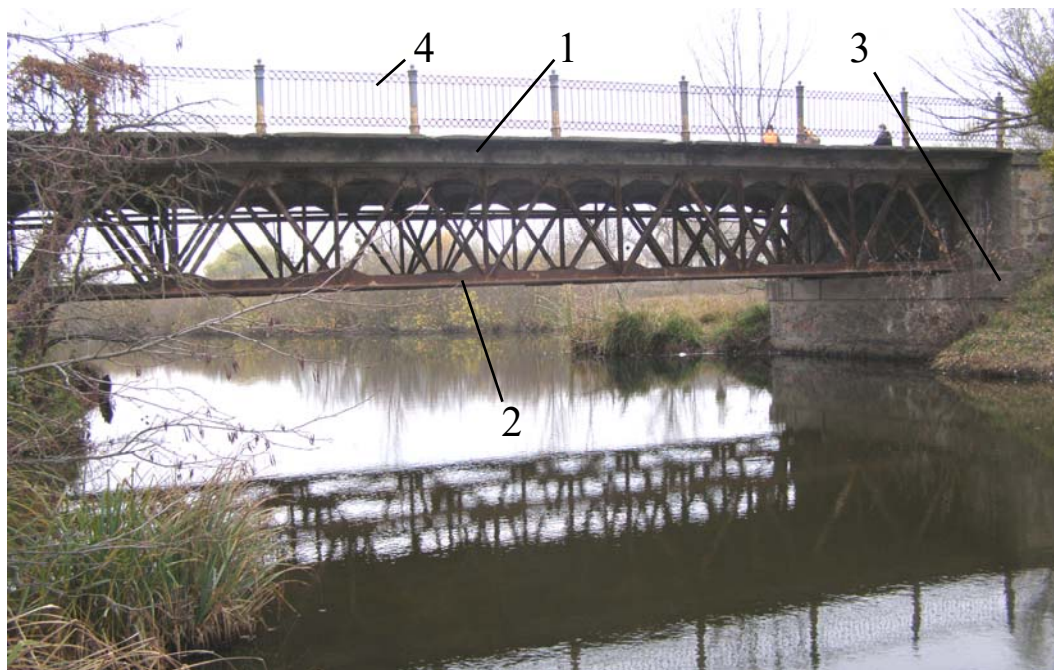


Рис. 1. Загальний вигляд сталезалізобетонного мосту на автодорозі державного значення Р-33 у смт. Дашів до реконструкції. Тут: 1 – залізобетонна двохконсольна прогонова плита, 2 – просторова сталева ферма, 3 – берегова опора, 4 – перильне огородження.

Територія, де збудований об'єкт реконструкції розташований у I кліматичній зоні та, згідно з класифікацією [5] знаходиться у 3-му вітровому, 4-му сніговому та 3-му ожеледному районі. Враховуючи можливі економічні збитки, споруда належить до класу наслідків (відповідальності) – СС-2 (середні наслідки), згідно з [6]. За [7] клас наслідків – II.

Прогонова будова мосту виконана однопролітною, сталезалізобетонною. Монолітна залізобетонна плита прогонової будови прямокутного перерізу з консольним виступом тротуарної частини, має довжину близько 22 м, загальну ширину 8,86 м та товщину під автодорогою 440 мм. Плита опирається на три металеві ферми з паралельними поясами з трикутно-стійочною системою грат висотою 2,1 м, крок ферм 2,76 м. Верхній та нижній пояси ферм виконані таврового перерізу висотою 200...340 мм. Стійки ферм виконані зі спарених кутиків  $\angle 100 \times 75 \times 8$ , що з'єднані між собою у тавр пластинами товщиною 12 мм. Опорні розкоси виконані зі спарених у таври кутиків  $\angle 130 \times 90 \times 10$ , решта розкосів виконані зі спарених кутиків  $\angle 130 \times 90 \times 8$ . Стійкість ферм забезпечується поперечними хрестовими зв'язками улаштованими у вертикальній площині та горизонтальними зв'язками у площині верхніх та нижніх поясів ферм. Робоче армування монолітної прогонової плити через відшарування захисного шару проглядається на існуючій споруді на багатьох ділянках. Під проїзною частиною виявлені арматурні стрижні класу А-I діаметром 10 ... 16 мм, що улаштовані з кроком близько 100 мм. Тротуар улаштований з обох боків проїзної частини у вигляді консольних звисів монолітної плити прогонової будови. Конструкція мосту до реконструкції зображена на рис. 2 та 3.

В результаті інструментальних досліджень стану споруди було виявлено, що, згідно з класифікацією [8], мостова споруда знаходиться в обмежено працездатному стані.

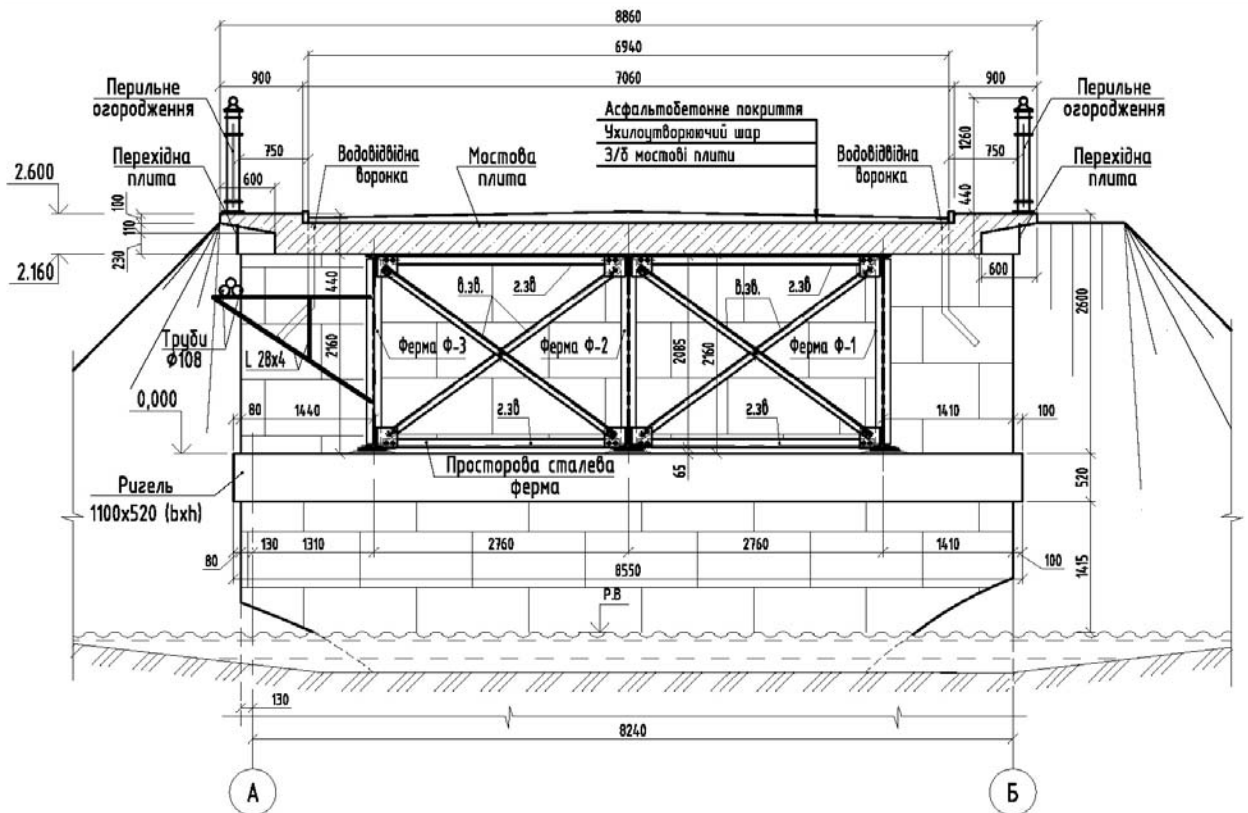


Рис. 2. Конструктивна схема мосту існуючого аварійного мосту у смт. Дашів.



Рис. 3. Конструкція прогонової будови мосту на дорозі Р-33 у смт. Дашів у вигляді просторової ферми з накладною двохконсольною залізобетонною плитою (вид знизу).

Головними проблемами мосту є не забезпечення міцності сталезалізобетонної прогонової конструкції. При нормативних тимчасових впливах для дороги Р-33 (III категорія) інтенсивністю НК-100, А-15 [9] основні несучі конструкції мосту перевантажені.

Ферми вимагають підсилення та зниження корисних динамічних впливів до НК-80 та А-11



[9]. Габарит проїзної частини Г-6,94 м не відповідає вимогам [10, табл. 5.1]. Існуюча ширина тротуару (0,75 м) не відповідає нормативним вимогам (2,25 м). Міцність бетонного каменю залізобетонних плит прогонової будови, встановлена за результатами інструментального обстеження, відповідає класу В15 та не відповідає вимогам [11, табл. 3.4], тобто, мінімум В30 для прогонових конструкцій.

### Постановка проблеми

На цей час завдання підсилення непридатних до нормальної експлуатації прогонових будов мостових споруд, загалом, та сталезалізобетонних споруд, зокрема, здійснюється різними способами [1, 2, 4, 12]. Дотепер універсального ефективного рішення підсилення сталезалізобетонних балочних мостових споруд не існує. У кожного з методів підсилення є як переваги, так і недоліки [12]. Техніко-економічне порівняння варіантів показує, що перевагу має той метод, який дає тривалий позитивний ефект [2]. Іноді оптимальним варіантом виявляється зведення нової мостової споруди, або заміна пролітної будови із збереженням та підсиленням мостових опор. Тому доцільним і актуальним є пошук раціонального конструктивного рішення підсилення прогонової будови сталезалізобетонних мостових споруд на прикладі реальної споруди у смт. Дашів Гайсинського району Вінницької області.

### Основна частина

Виконавши ґрунтовний аналіз чинної нормативної та наукової документації з проектування реконструкції мостових споруд [1 – 12], та зваживши на технічний стан існуючих конструкцій мостової споруди, в яких сталева частина зберіглася непогано, а залізобетонна зазнала критичних ушкоджень, запропоновано два раціональних варіанти його посилення: варіант 1 – посиленням існуючих прогонових конструкцій та варіант 2 – заміною прогонової будови.

Розглянемо перший запропонований варіант реконструкції мосту, принципова схема якого зображена на рис. 4.

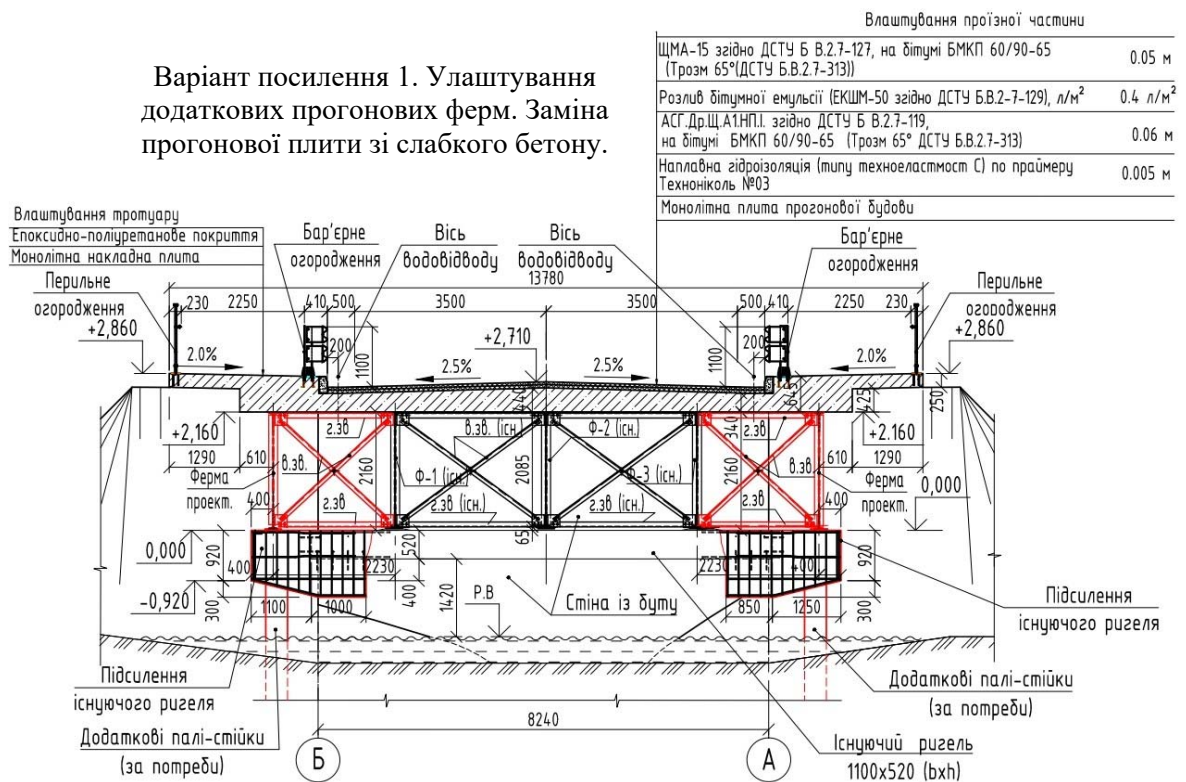


Рис. 4. Принципова схема посилення і розширення прогонової будови мосту по варіанту 1 улаштуванням двох додаткових металевих ферм. Червоним виділено нові металоконструкції.

Перший варіант посилення мосту пов'язаний із посиленням існуючих конструкцій. Берегові опори збільшуються на потрібні величину шляхом улаштування додаткових опорних паль з двох

боків берегових опор, нарощуванням існуючих ригелів, що обпираються на берегові опори та нові палі. На ці нарощені ділянки встановлюються два додаткові ряди плоских металевих ферм, конструктивно подібних до існуючих. Додаткові плоскі ферми зв'язуються з існуючою сталевією прогоною системою горизонтальними та вертикальними зв'язковими системами у єдиний просторовий блок. Підсилюють існуючі ферми у потрібних місцях, відновлюючи їх проектну несучу здатність. Після утворення єдиного просторового блоку з п'яти прогонових ферм існуюча залізобетонна монолітна плита проїзної частини та тротуарів розбирається. Розбирання можна виконувати у одну або дві черги [4].

При варіанті розбирання залізобетонної пролітної плити у одну чергу, тобто, повністю, за один підхід, необхідно повністю перекрити рух на мостовій споруді. При розбиранні пролітної будови по половині перерізу існує можливість залишити обмежений реверсивний рух для пішоходів та легкого автомобільного транспорту. Технологічний варіант з частковим перекриттям руху на мостовій споруді, що реконструюється, використовується рідко через необхідність запровадження і виконання на будмайданчику екстраординарних заходів безпеки при здійсненні будівельно-монтажних робіт через загрозу обрушення частин споруди при розбиранні, а також через необхідність залучення будівельної установи з високою технологічною дисципліною, яких в Україні не так вже і багато.

Вказаний спосіб посилення має як велику перевагу – можливість обмеженої експлуатації споруди під час реконструкції, так і низку значних недоліків – необхідність обмеження вантажопідйомності поширеного мосту з потрібного (НК-100, А-15) до проектного (НК-80, А-11) тимчасового колісного впливу, технологічні складнощі при улаштуванні поширень опорних ригелів у стиснених умовах, проблеми з приєднанням нових сталевих конструкцій до старих, необхідність улаштовувати більш товсту плиту для забезпечення необхідної поперечної водовідвідної розуклонки прогонової будови тощо.

Узагальнена технологічна послідовність робіт з виконання робіт з улаштування підсилення виконується у дві черги:

Перша черга:

- демонтаж існуючого дорожнього покриття, дефектних перильного та бар'єрного огороження існуючого мосту;
- встановлення додаткових палей поблизу берегових опор;
- улаштування бічних нарощень ригель-росверків з об'єднанням існуючих опорних конструкцій з новими палями;
- встановлення додаткових сталевих прогонових ферм на видовжені ригель-ростверки;
- улаштування системи ґрат між існуючими сталевими конструкціями та новими фермами з утворенням єдиного жорсткого просторового сталевих блоку;
- демонтаж половини прогонової залізобетонної плити з обмеженою тимчасовою експлуатацією іншої половини;
- улаштування половини нової залізобетонної прогонової плити (з випусками робочого армування у майбутній шов бетонування), що спирається частково на старі металоконструкції, частково, на ферму поширення та тимчасова експлуатація цієї половини;

Друга черга:

- демонтаж залишків старої залізобетонної плити та улаштування на її місці іншої половини нової прогонової плити;
- улаштування перехідних конструкцій, улаштування дорожнього і тротуарного покриття;
- улаштування бар'єрного та перильного огорожень;
- захист сталевих і бетонних конструкцій мосту від корозії.

Другий варіант посилення мосту широко відомий, застосовується дуже часто для гарантованого відновлення працездатності прогонової будови мостової споруди та сприйняття зростаючих тимчасових навантажень (НК-100, А-15). Цей метод пов'язаний із повною заміною прогонової будови зі сталі залізобетонної на класичну балочну збірно-монолітну конструкцію (рис. 5).

Після реконструкції міст буде являти собою однопрогонову залізобетонну конструкцію зі збірних залізобетонних мостових І-подібних балок та нерозрізної монолітної залізобетонної прогонової плити. Конструкції монолітної плити улаштовані по щитах незійомної збірної залізобетонної опалубки, яка встановлена в шпонках між І-подібними балками. Балки улаштовані по розрізній схемі з деформаційними швами поблизу перехідних плит.

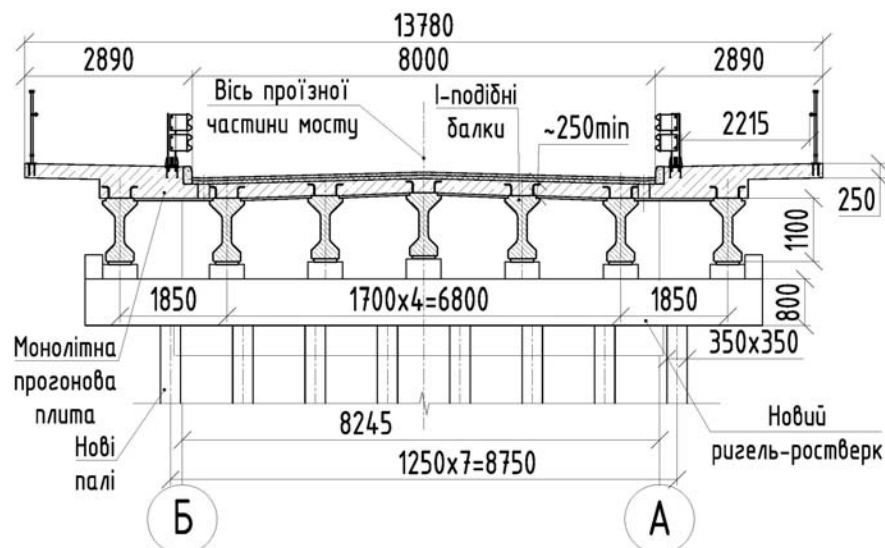


Рис. 5. Проектований переріз мостової споруди після реконструкції за другим варіантом шляхом заміни прогонової будови

Отримана збірно-монолітна прогонова будова в осях «0-1» являє собою плиту із ребрами вздовж прольоту. В цьому варіанті реконструкції заміна опорних ригель-ростверків не достатньої довжини на нові не представляє великих складнощів.

Прогонові балки, що улаштовуються на підферменниках ростверків змінної висоти, які забезпечують проектну розуклонку верхньої поверхні мостової споруди в поперечному напрямку. Між підферменниками і балками встановлюються спеціальні мостові еластомерні опори – деформаційні вкладиші для компенсації горизонтальних та вертикальних зміщень опорних частин балок під час їх роботи під навантаженням.

У порівнянні зі старою сталеві-залізобетонною мостовою спорудою, загальна ширина мосту після капремонту стає більшою на величину близько 5 м. Бетон основних прогонових монолітних конструкцій (монолітної плити, монолітних ригелів-ростверків) з ненапруженою арматурою згідно з вимогами [11, табл. 3.4] приймається за розрахунком в межах В30 ... В40.

У якості робочого напруженого армування I-подібних балок прийнято арматурні джгути з канатів К-7, які встановлюються в нижній зоні балки. Монолітну прогонову плиту рекомендовано армувати двома арматурними сітками, що улаштовані в верхній та нижній зоні. Сітки слід виготовляти з дротів діаметром 16 мм класу А-III (А400), що встановлені з кроком 200 мм (у повздовжньому та поперечному напрямках).

Дорожній одяг проїзної частини мосту в обох варіантах реконструкції повинен бути багатошаровим, середньою товщиною 110 мм.

Узагальнена технологічна послідовність робіт з виконання робіт з улаштування підсилення:

- демонтаж існуючого дорожнього покриття, дефектних перильного та бар'єрного огородження існуючого мосту;
- встановлення додаткових палей поблизу берегових опор;
- улаштування бічних нарощень ригель-ростверків з об'єднанням існуючих опорних конструкцій з новими палями;
- встановлення додаткових сталевих прогонових ферм на видовжені ригель-ростверки;
- улаштування системи ґрат між існуючими сталевими конструкціями та новими фермами з утворенням єдиного жорсткого просторового сталевих блоку;
- демонтаж половини прогонової залізобетонної плити з обмеженою тимчасовою експлуатацією іншої половини;
- улаштування половини нової залізобетонної прогонової плити (з випусками робочого армування у майбутній шов бетонування), що спирається частково на старі металокожні, частково, на ферму поширення та тимчасова експлуатація цієї половини;
- демонтаж залишків старої залізобетонної плити та улаштування на її місці половини нової прогонової плити;
- улаштування перехідних конструкцій, улаштування дорожнього і тротуарного покриття;

- улаштування бар'єрного та перильного огорожень;
- захист сталевих і бетонних конструкцій мосту від корозії.

Для підтвердження надійності та довговічності мостових споруд після реконструкції за обома варіантами було здійснено скінченно елементне моделювання напружено-деформованого стану споруд під дією комплексу технологічних впливів від рухомого складу та кліматичних навантажень. Підібрано раціональні перерізи конструктивних елементів та їх армування згідно з нормативними критеріями.

Техніко-економічне порівняння зазначених варіантів реконструкції сталезалізобетонних мостових споруд у довоєнних цінах на прикладі однопролітного 22 метрового мосту у с. Дашів Вінницької області, який потребує невідкладної реконструкції засвідчує. Вартість першого варіанту реконструкції шляхом посилення сталевих частин і заміни залізобетонної частини у дві черги з неповним перекриттям складає 25 266 тис грн. Термін будівництва – 10,5 міс. Відповідно, вартісні показники другого варіанту із повною заміною пролітної будови – 28 357 тис. грн. та 8,5 міс. будівництва. Різниця у вартості складає близько 11%. Зрозуміло, що вартість мосту із повною заміною прогонових конструкцій буде вищою. Водночас, терміни, потрібні для реконструкції мосту із частковим перекриттям руху транспорту будуть на 19% довші.

### Висновки

Набув подальшого розвитку метод реконструкції сталезалізобетонних автодорожніх мостових споруд. Докладно розглянуто два методи реконструкції мостів, які у своєму теперішньому стані не відповідають чинним нормам за параметрами вантажопідйомності і транспортних габаритів, а саме метод посилення сталевих і бетонних частин та метод повної заміни прогонової будови. Наведений науковий матеріал проілюстрований реальним прикладом непридатної до нормальної експлуатації мостової споруди у смт. Дашів Вінницької області.

Доведено, що метод посилення більш доцільний за умови необхідності часткової експлуатації споруди під час виконання будівельно-монтажних робіт. Такий метод дозволяє відновити проектну несучу здатність мостової споруди (НК-80, А-11) із забезпеченням сучасних габаритних вимог та вимог безпеки руху за менші кошти. Економія у довоєнних цінах складає до 11%.

Методу повної заміни прогонової будови, не дивлячись на вищу вартість, з огляду на динаміку постійного зростання транспортного потоку у нашій державі, слід віддавати перевагу у всіх інших випадках (вантажопідйомність можна збільшити аж до НК-100, А-15, тобто, на 20%). При цьому можна досягти не тільки потрібних габаритних, а і несучих характеристик мостової споруди за більш короткий термін. Економія часу на виконання будівельно-монтажних робіт при реконструкції складає до 19%.

Надійність та ефективність кожного з методів підтверджено відповідними міцнісними розрахунками.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Popov VOLODYMYR, Voitsehivskiy OLEXANDR The effective method of strengthening of reinforced concrete beam bridges by arrangement of the horizontal steel-concrete cover system. Concrete structures for resilient society. Proceeding of the FIB Symposium 2020, 22-24 November, China, Shanghai. Chapter 12. P. 1258 – 1264.
2. В.О. Попов, І.В. Маєвська, А.В. Попова, і М.Я. Жиловський. Метод реконструкції балочних мостів без зупинки їх експлуатації улаштуванням нової збірно-монолітної пролітної будови. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2021-2. С. 5-15.
3. Попов В.О., Войцехівський О.В. Метод підсилення залізобетонних мостових опор улаштуванням бітрапецеїдальної обійми. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. Науково-технічний збірник. Вінниця, ВНТУ, 2022-1. С. 5 – 13.
4. Попов В.О. і Войцехівський О.В. Раціональний метод розширення габариту вузьких сталезалізобетонних мостів з неповним перекриттям руху [Електронний ресурс] / В.О. Попов, О.В. Войцехівський // Тези доповіді на міжнародній конференції «Впровадження інноваційних матеріалів і технологій при проектуванні, будівництві та експлуатації об'єктів транспортної інфраструктури в рамках програми «Велике Будівництво». Київ, 24-25.11.2022.

- Електрон. текст. дані. – 2022. С. 166 – 171. Режим доступу: <https://drive.google.com/file/d/1-kUn6INFk-1P8u0dhA5sKsMBvoHZ6WSv/view>
5. ДБН В.1.2-:2006. Навантаження і впливи. Норми проектування. [На заміну СНиП 2.01.07-85 (крім розділу 10)]. [Чинний від 2007-01-01] – К.: Мінбуд України, 2006. – 71 с. – (Національні стандарти України).
  6. ДБН В.1.2-14-2018. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд: [Чинний від 2019-01-01]. – К., Мінрегіон України, 2018. – 30 с. – (Національні стандарти України).
  7. ДБН В.2.3-22:2009 Мости та труби. Основні вимоги проектування. [На заміну ДБН В.2.3-14:2006]. [Чинний від 2009-11-11] – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. (Національні стандарти України).
  8. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настава з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. Введ. з 1 грудня 2013 р. на заміну ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. К.: Мінбуд України, 2013. – 36 с.
  9. ДБН В.1.2-15:2009 Мости та труби. Навантаження та впливи. [На заміну ДБН В.2.3-14:2006]. [Чинний від 2009-11-11] – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. (Національні стандарти України).
  10. ДБН В.2.3-4:2015 Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво. [На заміну ДБН В.2.3-4:2007]. [Чинний від 2016-04-01] – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – (Національні стандарти України).
  11. ДБН В.2.3-14:2006 Мости та труби. Правила проектування. [На заміну СНиП 2.05.03-84]/ [чинний від 2006-05-06]. К.: Міністерство будівництва, архітектури та житлово-комунального господарства України, 2006. – 217 с. – (Національні стандарти України).
  12. Дементьев, В.А. Усиление и реконструкция мостов на автомобильных дорогах: Учеб. пособие / В.А. Дементьев, В.П. Волокитин, Н.А. Анисимова; под общ. ред. проф. В.А. Дементьева; ВГАСУ. Воронеж, 2006. – 116 с.

#### REFERENCES

1. Popov VOLODYMYR, Voitsehivskiy OLEXANDR The effective method of strengthening of reinforced concrete beam bridges by arrangement of the horizontal steel-concrete cover system. Concrete structures for resilient society. Proceeding of the FIB Symposium 2020, 22-24 November, China, Shanghai. Chapter 12. P. 1258 – 1264.
2. V.O. Popov, I.V. Mayevs'ka, A.V. Popova, i M.YA. Zhylovs'kyu. Metod rekonstruktsiyi balochnykh mostiv bez zupynky yikh ekspluatatsiyi ulashtuvannyam novoyi zbirno-monolitnoyi prolytnoyi budovy. Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi. Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Vinnytsya, VNTU, 2021-2. S. 5-15.
3. Popov V.O., Voytsekhivs'kyu O.V. Metod pidsylennya zalizobetonnykh mostovykh opor ulashtuvannyam bitrapetseidal'noyi oboymy. Suchasni tekhnolohiyi, materialy i konstruktsiyi v budivnytstvi. Naukovo-tekhnichnyy zbirnyk. Vinnytsya, VNTU, 2022-1. S. 5 – 13.
4. Popov V.O. i Voytsekhivs'kyu O.V. Ratsional'nyy metod rozshyrennya habarytu vuz'kykh stalezalizobetonnykh mostiv z nepovnym perekryttyam rukhu [Elektronnyy resurs] / V.O. Popov, O.V. Voytsekhivs'kyu // Tezy dopovidi na mizhnarodniy konferentsiyi «Vprovadzhennya innovatsiynykh materialiv i tekhnolohiy pry proektuvanni, budivnytstvi ta ekspluatatsiyi ob'yektiv transportnoyi infrastruktury v ramkakh prohramy «Velyke Budivnytstvo». Kyiv, 24-25.11.2022. – Elektron. tekst. dani. – 2022. S. 166 – 171. Rezhym dostupu: <https://drive.google.com/file/d/1-kUn6INFk-1P8u0dhA5sKsMBvoHZ6WSv/view>
5. DBN V.1.2-:2006. Navantazhennya i vplyvy. Normy proektuvannya. [Na zaminu SNyP 2.01.07-85 (krim rozdil 10)]. [Chynnyy vid 2007-01-01] – K. : Minbud Ukrayiny, 2006. – 71 s. – (Natsional'ni standarty Ukrayiny).
6. DBN V.1.2-14-2018. Zahal'ni pryntsypy zabezpechennya nadiynosti ta konstruktyvnoyi bezpeky budivel' i sporud: [Chynnyy vid 2019-01-01]. – K., Minrehion Ukrayiny, 2018. – 30 s. – (Natsional'ni standarty Ukrayiny).
7. DBN V.2.3-22:2009 Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannya. [Na zaminu DBN V.2.3-14:2006]. [Chynnyy vid 2009-11-11] – K.: Minrehionbud Ukrayiny, 2009. (Natsional'ni standarty Ukrayiny).



8. DSTU-N B V.2.3-23:2012. Nastanova z otsynyuvannya i prohnozuvannya tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv. Vved. z 1 hrudnya 2013 r. na zaminu DSTU-N B V.2.3-23:2009. K.: Minbud Ukrainy, 2013. – 36 s.
9. DBN V.1.2-15:2009 Mosty ta truby. Navantazhennya ta vplyvy. [Na zaminu DBN V.2.3-14:2006]. [Chynnyy vid 2009-11-11] – K.: Minrehionbud Ukrainy, 2009. (Natsional'ni standarty Ukrainy).
10. DBN V.2.3-4:2015 Avtomobil'ni dorohy. Chastyna I. Proektuvannya. Chastyna II. Budivnytstvo. [Na zaminu DBN V.2.3-4:2007]. [Chynnyy vid 2016-04-01] – K.: Minrehionbud Ukrainy, 2009. – (Natsional'ni standarty Ukrainy).
11. DBN V.2.3-14:2006 Mosty ta truby. Pravyla proektuvannya. [Na zaminu SNyP 2.05.03-84]/ [chynnyy vid 2006-05-06]. K.: Ministerstvo budivnytstva, arkhitektury ta zhytlovo-komunal'noho hospodarstva Ukrainy, 2006. – 217 s. – (Natsional'ni standarty Ukrainy).
12. Dement'ev, V.A. Usylenye y rekonstruktsyya mostov na avtomobyl'nykh dorohakh: Ucheb. posobyе / V.A. Dement'ev, V.P. Volokytyн, N.A. Anysymova; pod obshch. red. prof. V.A. Dement'eva; VHASU. Voronezh, 2006. – 116 s.

**Попов Володимир Олексійович** — к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com). ORCID 0000-0003-2379-7764

**Войцехівський Олександр Владиславович** – к.т.н., доцент кафедри будівництва, міського господарства та архітектури. Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії; завідувач науково-дослідної лабораторії ефективних будівельних конструкцій, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, email: [voicshvinn@gmail.com](mailto:voicshvinn@gmail.com)

**Стінський Олег Володимирович** – Заступник начальника управління-начальник відділу впровадження пріоритетних проєктів регіонального розвитку Департаменту розвитку громад, будівництва та житлово-комунального господарства Хмельницької облдержадміністрації, магістрант кафедри БМГА Вінницького національного технічного університету, м. Хмельницький email: [Olegstin@i.ua](mailto:Olegstin@i.ua)

**V. Popov  
O. Voitshivskiy  
O. Stinskiy**

## **COMPARISON OF THE EFFICIENCY OF RECONSTRUCTION METHODS OF STEEL-CONCRET SINGLE-SPAN BRIDGES**

Vinnitsia National Technical University

*The paper contains developed the method of strengthening steel-reinforced concrete single-span bridge structures that have undergone wear and tear due to long-term operation and require expansion. Have been described the structural solution and the principle of operation under load of the existing typical steel-reinforced concrete single-span bridges. As an example have been considered real emergency bridge structure in the village of Dashiv of the Haysyn district of the Vinnitsia region, in need of urgent reconstruction. Have been described in detail its main structural elements and technical condition. Have been shown possible rational ways of expanding and strengthening the structure in two variants. Variant 1 – reinforcement of existing steel and reinforced concrete structures with partial blocking of road traffic. Variant 2 – replacement of the span structure with a complete shutdown of the bridge for the duration of the construction and installation works. Have been developed basic constructive schemes for the reconstruction of the structure for the first and second variants. Have been described the technological sequence of strengthening the bridge structure according to both mentioned methods, have been analyzed the advantages and disadvantages and have been estimated the cost indicators of the reconstruction of each of the proposed variants. Have been proven that the strengthening method (variant 1) is more appropriate if it is necessary to partially operate the structure during construction and installation works. This method makes it possible to restore the design load-bearing capacity of the bridge structure with the provision of modern dimensional requirements and traffic safety requirements for less cost. The method of complete replacement of the span structure (variant 2), despite the higher cost, should be preferred in all other cases according to dynamics of constant growth of traffic flow in our country. With variant 2, it is possible to achieve not only the required dimensions, but also higher load-bearing characteristics of the bridge structure in a shorter period of time. The*

reliability and efficiency of each of the methods is confirmed by the corresponding strength calculations.

**Key words:** steel-reinforced concrete bridge, span structure, spatial steel truss, stressed-deformed state, reconstruction.

**Popov Vladimir O.** – Ph.D. Docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, email: [v.a.popov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.popov.vntu@gmail.com)

**Voitsehivskiy Oleksandr V.** – Ph.D. docent of department of civil engineering, architecture and municipal economy, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Head of research laboratory of effective building structures, Vinnytsia national technical university, Vinnytsia city, email: [voicshvinn@gmail.com](mailto:voicshvinn@gmail.com)

**Stinskiy Oleg V.** – Deputy Head of Department, Head of the Department for the Implementation of Priority Regional Development Projects of the Community Development Department department of construction and housing and communal services Khmelnytsky Regional State Administration, undergraduate of the department DCEAME, Vinnytsia national technical university, Khmelnytsky city, email: [Olegstin@i.ua](mailto:Olegstin@i.ua).

**В. А. Попов**  
**А. В. Войцеховский**  
**О. В. Стинский**

## **СРАВНЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ МЕТОДОВ РЕКОНСТРУКЦИИ СТАЛЕЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ОДНОПРОЛЕТНЫХ МОСТОВ**

Винницкий национальный технический университет

*В статье получил дальнейшее развитие метод усиления сталежелезобетонных однопролетных мостовых сооружений, которые, вследствие длительной эксплуатации, получили значительные повреждения и требуют расширения. Описаны конструктивные решения и принцип работы под нагрузкой существующих типовых сталежелезобетонных однопролетных мостов. В качестве примера рассмотрена реальное аварийное мостовое сооружение в пгт. Дашев Гайсинского района Винницкой области, требующие безотлагательной реконструкции. Подробно описаны конструктивные элементы моста и их техническое состояние. Указаны возможные рациональные способы расширения и усиления сооружения в двух вариантах. Вариант 1 – усилением существующих стальных и железобетонных конструкций с частичным перекрытием дорожного движения. Вариант 2 – заменой пролетного строения с полным перекрытием работы моста на время выполнения строительно-монтажных работ. Для первого и второго вариантов разработаны принципиальные конструктивные схемы реконструкции сооружения. Описано технологическую последовательность усиления мостового сооружения по обоим упомянутым методам, проанализировано преимущества и недостатки, а также, оценены показатели стоимости реконструкции каждого из предложенных вариантов. Доказано, что метод усиления (вариант 1) более рационален при необходимости частичной эксплуатации сооружения во время выполнения строительно-монтажных работ. Такой метод позволяет восстановить проектную несущую способность мостового сооружения и обеспечить современные габаритные требования и требования безопасности движения за меньшую стоимость. Методу полной замены пролетного строения (вариант 2), не смотря на более высокую стоимость, следует отдавать предпочтение во всех других случаях, исходя из динамики постоянного возрастания транспортного потока в нашем государстве. При варианте 2 можно достичь не только необходимых габаритных, но и более высоких несущих характеристик мостового сооружения за более короткий срок. Надежность и эффективность каждого из методов подтверждена соответствующими прочностными расчетами.*

**Ключевые слова:** сталежелезобетонный мост, пролетное строение, пространственная стальная ферма, напряженно-деформированное состояние, реконструкция.

**Попов Владимир Алексеевич** — к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Факультет строительства, гражданской и экологической инженерии, Винницкий национальный технический университет, г. Винница, email: [v.a.porov.vntu@gmail.com](mailto:v.a.porov.vntu@gmail.com)

**Войцехівський Олександр Владиславович** – к.т.н., доцент кафедры строительства, городского хозяйства и архитектуры, Факультет строительства, гражданской и экологической инженерии; заведующий научно-исследовательской лабораторией эффективных строительных конструкций, Винницкий национальный технический университет, г. Винница, email: [voicshvinn@gmail.com](mailto:voicshvinn@gmail.com)

**Стинский Олег Владимирович** – Заместитель начальника управления-начальник отдела внедрения приоритетных проектов регионального развития Департамента развития громад, строительства и жилищно-коммунального хозяйства Хмельницкой облгосадминистрации, магистрант кафедры СГХА Винницкого национального технического университета, г. Хмельницкий email: [Olegstin@i.ua](mailto:Olegstin@i.ua)