

ДОСЛІДЖЕННЯ КОНСТРУКТИВНИХ ОСОБЛИВОСТЕЙ ПРОГОНОВИХ БУДОВ ЗІ
СТРУНОБЕТОНУ

STUDY OF THE STRUCTURAL FEATURES OF STRING-CONCRETE SPAN
STRUCTURES



*Зеленський Богдан Миколайович, аспірант кафедри
транспортного будівництва та управління майном, Національний
транспортний університет, Київ, Україна,
e-mail: zelenskyi1501@gmail.com*

<https://orcid.org/0000-0002-9949-3209>

Анотація: Аналіз результатів обстежень та досвід експлуатації транспортних споруд свідчать, що у найгіршому стані знаходяться мости з прогоновими будовами зі струнобетонними балками за типовими проектами «ВТП-16», «ВТП-15». Дротяна попередньо напружена арматура цих балок, яка має малий діаметр 3 мм або 5 мм, з часом втрачає переріз і розривається внаслідок корозії. Це призводить до вичерпання залишкового ресурсу струнобетонних балок на багатьох мостах, що в Україні останніми роками спричинило декілька обрушень таких балок.

Конструктивні особливості струнобетонних балок, зокрема використання дротяної попередньо напруженої арматури малого діаметра, відіграють ключову роль у їхньому тривалому функціонуванні та надійності. Кількість таких споруд на дорогах державного значення України сягає близько 500 одиниць, а строк їх експлуатації складає понад 60 років. Відсутність належного обслуговування може призвести до серйозних економічних та безпекових проблем.

Аналіз технічного стану елементів прогонових будов та виявлення дефектів сприяють підвищенню безпеки руху, подовженню строку служби мостів і зменшенню загальних витрат. Ефективне ремонтування і підсилення мостових споруд забезпечують нормальне функціонування транспортної інфраструктури, що є критично важливим для економічного розвитку та безпеки країни.

Ця стаття досліджує різні аспекти експлуатації мостів із струнобетонними балками прогонових будов. Проводиться аналіз причин виникнення дефектів та надаються пропозиції щодо тимчасового збереження стійкості конструкцій що передують виконанню капітального ремонту чи реконструкції.

Конструктивні особливості мостів зі струнобетонними балками виявляють суттєві недоліки, які з часом призводять до серйозних проблем. Дротяна попередньо напружена арматура малого діаметра схильна до корозії, що зменшує її переріз та призводить до розриву. Це, в свою чергу, може спонукати до повного обвалення прогонової будови мосту.

Ключові слова: міст, прогонова будова, струнобетон, технічний стан, дефекти, рекомендації.

Вступ. Сучасний стан транспортної інфраструктури України є критичним фактором, що впливає на економічний розвиток та безпеку країни. Одним з найважливіших елементів цієї інфраструктури є мости, які забезпечують безперервний рух транспорту та зв'язок між різними регіонами.

У кінці 50-х та в 60-х роках в Україні широке розповсюдження набуло будівництво автодорожніх мостів з прогоновими будовами із попередньо напружених струнобетонних балок. Дані

конструкції експлуатуються вже протягом 55-60 років. Під дією впливу зовнішнього середовища, а також в умовах збільшення навантаження та інтенсивності транспортних потоків відбувається процес зносу цих балок, у результаті чого знижується довговічність та несна спроможність конструкції. Результати обстежень та досвід експлуатації транспортних споруд вказують на те, що значна частина мостів, зокрема з прогоновими будовами зі струнобетонними балками за типовими проектами «ВТП-16» і «ВТП-15», перебуває у незадовільному стані.

Особливості конструкцій цих мостів, зокрема використання дротяної попередньо напруженої арматури малого діаметра (3 мм або 5 мм), роблять їх вразливими до корозійних процесів. З часом, під дією агресивних факторів зовнішнього середовища, арматура втрачає свій переріз і руйнується, що призводить до суттєвого зниження несної здатності струнобетонних балок. Ці процеси, в свою чергу, обумовлюють швидке вичерпання залишкового ресурсу мостових конструкцій, що останніми роками спричинило декілька обрушень балок на мостах України.

На дорогах державного значення налічується близько 500 мостових споруд з такими конструктивними особливостями, більшість з яких експлуатуються понад 60 років. Належне обслуговування та своєчасний ремонт цих споруд є надзвичайно важливими для виконання умов безпеки руху та уникнення серйозних економічних збитків. Аналіз технічного стану елементів прогонових будов та виявлення дефектів сприяють підвищенню безпеки руху, подовженню строку служби мостів та зменшенню загальних витрат на їх обслуговування.

Матеріали та методи. За основу досліджень взято матеріали обстеження транспортних споруд на території України, що зберігаються в аналітично-експертній системі управління мостами (АЕСУМ). Виконано аналізування літературних джерел за темою досліджень, розглянуто основні вимоги нормативних документів щодо ремонтування залізобетонних конструкцій.

Метою роботи є дослідження конструктивних особливостей прогонових будов зі струнобетону. Виконаний аналіз причин виникнення дефектів та надані пропозиції щодо заходів для тимчасового збереження стійкості конструкцій перед виконанням капітального ремонту або реконструкції. Стаття має на меті підвищення безпеки руху, подовження строку служби мостів та зменшення загальних витрат на обслуговування транспортної інфраструктури.

Виклад основного матеріалу. На основі матеріалів обстеження транспортних споруд на території України, що зберігаються в аналітично-експертній системі управління мостами (АЕСУМ), а також аналізу літературних джерел та нормативних документів щодо ремонту залізобетонних конструкцій, проведено дослідження технічного стану мостів та розроблено класифікацію типових дефектів. Запропоновані заходи щодо тимчасового збереження стійкості конструкцій до проведення капітального ремонту або реконструкції є важливими для забезпечення нормального функціонування транспортної інфраструктури України.

Виконуючи оцінювання впливу наявних дефектів струнобетонних прогонових будов на їх технічний стан потрібно враховувати ряд особливостей:

- напружений стан бетону зберігається аж до втрати міцності перерізу;
- руйнування носить раптовий крихкий характер, водночас можливе лавиноподібне руйнування ряду сусідніх балок;
- у випадку нерівномірного руйнування дротин по ширині плити чи поясу балки з'являється згинальний момент у горизонтальній площині, що додатково є причиною локальному руйнуванню дротин та бетону;
- розрив окремих напружених дротин відбувається у разі корозійного зменшення їх початкового діаметра вдвічі;
- після 20...30 років експлуатації корозія їх армування відбувається навіть за наявності цілісного захисного шару бетону.

У табл. 1 наведено найбільш розповсюджені дефекти струнобетонних балок, які перебувають в різних технічних станах.

Таблиця 1 — Класифікація дефектів струнобетонної прогонової будови за технічним станом
Table 1 — Classification of defects in string-concrete span structures by technical condition

Технічний стан елемента	Перелік дефектів для струнобетонних балок	Ступінь зносу, %
3 – Працездатний	Чисельні сколи у розтягнутій зоні конструкції. Чисельні раковини в розтягнутому бетоні. Сліди вилуговування на поверхні захисного шару бетону. Незначні порушення зв'язків між елементами прогонових будов. Водневий показник — $pH=9$. Одиничне розкриття силових тріщин у похилих перерізах або вздовж арматури у разі достатньої міцності захисного шару бетону. Оголення струн без втрати робочого перерізу арматури.	5 — 14
4 – Обмежено працездатний	Тріщини у розтягнутому бетоні з розкриттям понад 0,2 мм. Похилі силові тріщини в опорних зонах. Температурні тріщини в опорних зонах. Недостатня рухомість опорних частин. Пошкодження опорних частин. Угон опорних частин. Сліди вилуговування бетону на плиті проїзної частини. Сліди вилуговування бетону на ребрах балок. Порушення поперечних зв'язків між елементами. Водневий показник — $pH=8$. Оголення та корозія струн зі зменшенням площі армування до 20 %. Обрив струн у такій кількості, що знижує вантажопідйомність до 25 %.	15 — 33
5 – Непрацездатний	Поздовжні тріщини у стисненому бетоні вздовж струн з відшаруванням захисного шару бетону. Обрив струн у такій кількості, що знижує вантажопідйомність на понад 25 %. Сліди іржі біля тріщин. Порушення спільної роботи елементів прогонової будови. Нерівномірний прогин елементів прогонової будови. Водневий показник — $pH=7$.	>34
<p>Примітка 1. Технічний стан елементів вказано згідно з ДСТУ 8909 та ДСТУ 9181. Примітка 2. За наявності корозійного зносу та/або обриву окремих дротин армування, перед прийняттям рішення щодо подальших ремонтних заходів, потрібно провести розрахування вантажопідйомності даної прогонової будови.</p>		

Світлини характерних дефектів струнобетону наведені на рис. 1 – 7.



Рисунок 1 — Силлові тріщини в тілі балки прогонової будови
Figure 1 — Force cracks in the beam body of a span structure



Рисунок 2 — Тріщини на нижній грані балки прогонової будови, утворені внаслідок корозії арматури
Figure 2 — Cracks on the lower face of a girder beam in a span structure caused by corrosion of reinforcement



Рисунок 3 — Руйнування захисного шару бетону із оголенням та корозією струн
Figure 3 — Failure of the concrete protective layer with exposure and corrosion of the strings



Рисунок 4 — Руйнування захисного шару бетону із оголенням та корозією струн спричинене інтенсивним замоканням бетону та недостатньою товщиною захисного шару бетону
Figure 4 — Failure of the concrete protection layer with exposure and corrosion of the strings caused by intensive wetting of the concrete and insufficient thickness of the concrete protection layer



Рисунок 5 — Характерні відколи бетону утворені внаслідок розриву струн
Figure 5 — Characteristic concrete spalling caused by string breakage



Рисунок 6 — Обрив струн балки
Figure 6 — Breakage of the beam strings

Особливу увагу необхідно приділяти тріщинам на струнобетонних балках, а саме через їх характерні особливості порівняно з прогоновими будовами із звичайного залізобетону. Можна виділити наступні типи тріщин, які є характерними для струнобетонних балок:

- тріщини в зонах обпирання балок, які виникають у зв'язку із конструктивними недоліками опорних вузлів балок;
- горизонтальні тріщини на торцевих ділянках балок, які виникають у зв'язку із дією місцевих напружень під анкерами;
- тріщини від усадки в поверхневих шарах бетону, які зазвичай мають хаотичний характер, невелику довжину та незначне розкриття;
- силові тріщини, які виникають від дії головних розтягуючих напружень. Поява таких тріщин свідчить про порушення роботи конструкції;
- поздовжні тріщини в місцях сполучення плити балки до ребра балки;
- поперечні тріщини в плиті, які виникають у зв'язку із надмірним натягом попередньо напруженої арматури;
- поздовжні тріщини в верхньому поясі балки, що виникають від стискаючих напружень які перевищують міцність бетону;
- поперечні тріщини в нижніх поясах попередньо напружених балок, що виникають від недостатнього натягу арматури;
- поздовжні тріщини в зонах розташування попередньо напруженої арматури, що виникають у результаті надмірного натягу.

Невдалим конструктивним рішенням у цих проектах є влаштування з'єднання балок між собою, а саме — по діафрагмам зварними накладками та по закладним деталям, влаштованим поверху плит балок. Ці з'єднання внаслідок потрапляння води з проїзної частини кородують і руйнуються. Погіршує просторову роботу прогонових будов за типовими проектами ВТП-15 і ВТП-16 те, що відбувається просочування води до закладних деталей та накладок діафрагм з проїзної частини, що призводить до їх корозії і розриву.

Вищевказані недоліки викликають обриви дротів у балках за цими типовими проектами, руйнування з'єднань діафрагм. В Україні зафіксовано ряд обвалів балок прогонових будов за типовими проектами «ВТП-15», «ВТП-16» навіть від власної ваги. Як правило, руйнуються крайні балки прогонів, які зазнають значного замокання під час відведення води з проїзної частини до її країв, де внаслідок недосконалої системи водовідведення і невдалої конструкції тротуарів вода потрапляє на бічні поверхні цих балок. Хлориди, які знаходяться у протиожеледних матеріалах, підвищують хімічну агресивність води.

Негативним фактором в процесі експлуатації мостів із струнобетонними балками є порушення термінів обстеження таких споруд та відсутність періодичних оглядів експлуатуючою організацією. Також варто зауважити, що дані споруди потребують саме обстеження, а не паспортизації, тому що при складанні технічного звіту з обстеження балансоутримувач отримує детальний опис елементів споруди із аналізом зафіксованих дефектів та відповідний розрахунок вантажопідйомності, на основі якого встановлюється пропускна спроможність споруди та режим руху по ній.

Опираючись на досвід проведення ремонтів на мостах із струнобетонними балками можна сказати, що такі балки технологічно складно піддаються відновленню, що підтверджується зафіксованими під час обстежень відшаруванням ремонтних ділянок, тому необхідно ретельно підходити до способу ремонту таких балок та обов'язково розглядати доцільність повної або часткової заміни прогонової будови під час розроблення проектів ремонту.

Рекомендації щодо ремонту пропонуються **виключно як протиаварійні заходи**, для збереження стійкості конструкції до проведення капітального ремонту або реконструкції, при неможливості їх проведення в умовах обмеженого фінансування. Оскільки строк експлуатації струнобетонних прогонових будов перевищує 50 років, рекомендується виконувати їх заміну. У 2023 році було розпочато розроблення методичних рекомендацій (МР В.3.2–37641918–938:202X) з

ремонтуювання автодорожніх мостів зі струнобетонними балками прогонової будови, які взято за основу даної статті.

В даній статті пропонується розглянути наступні види ремонтування та підсилення струнобетонних балок (плит):

- усунення тріщин;
- відновлення пошкодженої поверхні захисного шару бетону;
- підсилення прогонової будови за допомогою композитних матеріалів;
- підсилення прогонової будови за допомогою зовнішньої напруженої арматури;
- відновлення поверхні захисного шару бетону методом просочування вертикальних та похилих поверхонь композиціями на основі метилметакрилату (ММА).

Під час вибору способу посилення потрібно враховувати, наскільки збільшиться постійне навантаження на існуючу конструкцію та можливість появи нових руйнувань від інших силових впливів у разі усунення першого виду руйнування.

Посилення здійснюється за допомогою сталевих елементів, бетону, залізобетону та полімерних композитних матеріалів у найслабших зонах.

Підсилюючий елемент повинен включитися в роботу, крім цього повинна бути забезпечена спільна робота елемента, що підсилюється, і елемента посилення, водночас потрібно враховувати несну здатність елемента, що посилюється, так і посилюючого елемента. Основний бетон і бетон посилення повинні мати, по можливості, однакові механічні характеристики.

Способи посилення струнобетонних балок і плит індивідуальні та мають свою специфіку. Їх класифікують залежно від схеми руйнування:

- 1) посилення розтягнутої зони:
 - приклеювання сталевих пластин;
 - попередня напруга зовнішніми пасмами;
 - приклеювання ламінату з полімерних композитних матеріалів;
- 2) посилення стиснутої зони:
 - збільшення площі поперечного перерізу обіймою, сорочкою;
 - посилення додатковою арматурою у стислій зоні;
 - обмеження поперечних деформацій;
 - встановлення дублюючих елементів;
 - застосування полімербетонних композицій;
- 3) посилення зони зрізу від дії поперечних сил:
 - збільшення площі поперечного перерізу обіймою, сорочкою;
 - встановлення додаткової поперечної арматури у вигляді хомутів, стрижнів, планок тощо;
 - застосування полімербетонних композицій;
 - застосування рулонних композитних матеріалів;
- 4) посилення закручення, місцевого стискання та продавлювання:
 - збільшення площі поперечного перерізу обіймою, сорочкою;
 - встановлення додаткової замкнутої поперечної арматури;
 - поширення площі опираювання;
 - застосування рулонних композитних матеріалів.

Під час розроблення технічних рішень щодо ремонтування орієнтуються на сучасні матеріали і технології, які забезпечують цілісність та роботу конструкції до проведення робіт з капітального ремонтування або реконструювання. Вибір ремонтного матеріалу здійснюється з урахуванням таких чинників:

- ступінь відповідальності елементів конструкції, включаючи залежність несної здатності споруди від їх цілісності;
- глибина руйнувань;

– умови експлуатування, такі як температурний режим, вологість і агресивність середовища, динамічні дії;

- естетичні вимоги;
- положення і доступність конструкції;
- обсяг виконання робіт.

У будь-якому випадку на вибір матеріалів може також вплинути вид проведеного ремонтування: конструкційний або неконструкційний, при яких можливо виконання таких робіт, як:

- усунення дефектів і герметизація тріщин, виявлених у ході спорудження об'єкта;
- косметичне ремонтування залізобетонних конструкцій;
- поточне ремонтування конструкцій, що не вимагає відновлення їх несної здатності;
- ремонтування конструкцій з відновленням їх несної здатності;
- ремонтування конструкцій із збільшенням їх несної здатності по відношенню до несної здатності, закладеної в проекті споруди.

Рекомендовані методи ремонтування залежно від технічного стану елемента наведені у табл. 2.

Таблиця 2 — Рекомендовані методи ремонтування залежно від технічного стану елемента
Table 2 — Recommended repair methods depending on the technical condition of the element

Технічний стан елемента	Методи ремонтування
3 – Працездатний	<ul style="list-style-type: none"> – відновлення пошкодженої поверхні захисного шару бетону; – усунення тріщин; – ремонтування діафрагмових з'єднань.
4 – Обмежено працездатний	<ul style="list-style-type: none"> – підсилення прогонової будови за допомогою композитних матеріалів; – підсилення прогонової будови за допомогою зовнішньої напруженої арматури; – відновлення поверхні захисного шару бетону методом просочування вертикальних та похилих поверхонь композиціями на основі ММА.
5 – Непрацездатний	<ul style="list-style-type: none"> – заміна пошкоджених балок (плит); – улаштування тимчасових опор-підпірок для запобігання обваленню; – дозволено використання методів підсилення наведених для прогонової будови, що перебуває у 4 технічному стані за умови виконання розрахунку вантажопідйомності та за їх результатами зниження вантажопідйомності окремих балок (плит) не перевищує 30 %.

Усунення тріщин

Вибір методу усунення тріщин у струнбетонних балках прогонових будов транспортних споруд завжди повинен розпочинатись із встановлення причини виникнення тріщини та визначення її характеру. Під час усунення тріщин потрібно дотримуватись наступних принципів:

– зашпарування тріщин проводять лише після їх стабілізації. Щоб переконатись у цьому, за необхідності, на тріщини встановлюють гіпсові або плексигласові маяки і стежать за розвитком тріщин;

– зашпарування є доцільним лише за умови усунення причин виникнення тріщин;

– тріщини, що виникають тільки від рухомого навантаження, доцільно зашпарувувати в момент їх максимального розкриття (для цього на прогонові будови встановлюють тимчасове навантаження);

– особливу увагу потрібно приділяти найбільш небезпечним тріщинам на відкритих зверху поверхнях бетону, у зоні попередньо напруженої арматури, та тріщинам шириною розкриття $> 0,3$ мм.

Ремонтування тріщин залежно від їх кількості, величини розкриття та впливу на міцність і довговічність, може проводитись без поновлення та з поновленням несної здатності.

Якщо поява тріщини не впливає на несну здатність, її ремонтують засобами герметизації, тобто захищають арматуру від корозії. Для поновлення цілісності перерізу і тим самим поновлення несної здатності застосовують глибинне ін'єктування.

Заповнення тріщин полімерцементними розчинами називають герметизацією. Герметизація може бути:

– поверхнева — покриття сітки дрібних тріщин з розкриттям до 0,5 мм захисними плівками;

– глибинна — наповнення в тріщини за допомогою шприців на глибину (2–3) см спеціальними атмосферостійкими та еластичними герметиками.

Ін'єктування тріщин у бетоні — це метод ремонтування, який використовується для відновлення міцності та герметичності бетонних конструкцій.

Відновлення пошкодженої поверхні захисного шару бетону

Якщо конструкція має окремі сколи, раковини та порушення захисного шару, кожний з дефектів ліквідують окремо за допомогою цементних розчинів.

Етапи ремонтування пошкодженої ділянки з оголенням арматури:

1. Підготовлення поверхні.
2. Нанесення антикорозійного захисту арматури.
3. Грунтування поверхні.
4. Ремонтнування бетону
5. Шпаклювання поверхні.
6. Нанесення захисного шару покриття

Метод підсилення балок композитними матеріалами

Метод підсилення композитними матеріалами є ефективним способом ремонтування пошкоджених поверхонь мостових балок. Цей метод дозволяє підвищити міцність і стійкість конструкції за допомогою застосування композитних матеріалів, таких як скловолокно або вуглецеве волокно, які наклеюють на пошкоджену поверхню.

Основні кроки ремонтування мостових балок методом наклеювання композитних стрічок виконують наступним чином:

1. Підготовлення поверхні.
2. Оброблення поверхні.
3. Вирізання композитних стрічок.
4. Наклеювання композитів.
5. Затвердіння та фіксація.
6. Оброблення та фінішування.

Підсилення балок зовнішньою напруженою арматурою

Метод підсилення мостових балок зовнішньою напруженою арматурою полягає у встановленні арматурних матеріалів, таких як сталь або композити, ззовні балок моста. Це підвищує їх міцність, несну здатність та строк служби без значного втручання в існуючу конструкцію.

Відновлення поверхні захисного шару бетону методом просочування вертикальних і похилих поверхонь композиціями на основі метилметакрилату

Особливістю композицій на основі ММА є низька в'язкість (1 ÷ 15) сантипуаз і велика змочувана здатність, що дозволяє за рахунок капілярного підсосу просочувати пори і заповнювати

тріщини та інші несучільності бетону, навіть за наявності забруднень у вигляді піску, пилу, води і мастила.

Висновки. Аналіз технічного стану мостів зі струнобетонними балками прогонових будов, проведений в рамках даного дослідження, виявив низку критичних проблем, які впливають на їхню надійність та безпечну експлуатацію. Основною причиною дефектів є корозія арматури, що спричиняє зниженню несної здатності струнобетонних балок. Корозійні процеси активізуються через вплив агресивного зовнішнього середовища та недостатню захищеність арматури. Відсутність належного обслуговування та своєчасного ремонту призводить до накопичення дефектів і прискорення деградації конструкцій.

Зниження несної здатності балок через корозію арматури створює серйозні ризики для безпеки руху. Необхідно впроваджувати регулярні обстеження технічного стану струнобетонних балок з метою своєчасного виявлення дефектів та визначення ступеня їхньої критичності.

Запропоновано заходи з тимчасового підсилення конструкцій, включаючи застосування сучасних матеріалів та технологій для запобігання подальшому руйнуванню та забезпеченню стійкості споруди до проведення капітального ремонту чи реконструкції.

Перелік посилань

1. ДБН В.1.2-14:2018 Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд.
2. ДБН В.2.3-6:2009 Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування.
3. ДСТУ 8814:2018 Транспортні споруди. Мости автодорожні. Терміни та визначення понять.
4. ДСТУ 8908:2019 Автодорожні мости. Класифікація дефектів.
5. ДСТУ 9181:2022 Настанова з оцінювання та прогнозування технічного стану автодорожніх мостів.
6. ДСТУ 9214:2023 Автомобільні дороги. Терміни та визначення понять.
7. МР В.3.2-37641918-938:202X Методичні рекомендації з ремонтування автодорожніх мостів зі струнобетонними балками прогонової будови.

STUDY OF THE STRUCTURAL FEATURES OF STRING-CONCRETE SPAN STRUCTURES

Bohdan Zelenskyi, PhD student, National Transport University, Kyiv, Ukraine, e-mail: zelenskyi1501@gmail.com, tel.+380985833340, <https://orcid.org/0000-0002-9949-3209>.

Summary. The analysis of inspection results and experience in the operation of transport facilities show that bridges with string-concrete girders according to the standard designs VTP-16 and VTP-15 are in the worst condition. The wire prestressing reinforcement of these beams, which has a small diameter of 3 mm or 5 mm, loses its cross-section over time and breaks due to corrosion. This leads to the exhaustion of the residual service life of string-concrete girders on many bridges, which has caused several collapses in Ukraine in recent years.

The structural features of string-concrete girders, including the use of small-diameter prestressed wire reinforcement, play a key role in their long-term operation and reliability. The number of such structures on Ukrainian roads of national importance reaches about 500 units, and their service life is more than 60 years. Lack of proper maintenance can lead to serious economic and safety problems.

Analysing the technical condition of bridge span elements and identifying defects helps to improve traffic safety, extend the service life of bridges and reduce overall costs. Effective repair and strengthening of bridge structures ensure the normal functioning of the transport infrastructure, which is critical for the economic development and security of the country.

This article investigates various aspects of the operation of bridges with string-concrete girders. The causes of defects are analysed and proposals are made to temporarily preserve the stability of structures prior to major repairs or reconstruction.

The structural features of bridges with string-concrete girders reveal significant shortcomings that eventually lead to serious problems. Small-diameter wire prestressing reinforcement is prone to corrosion, which reduces its cross-section and leads to rupture. This, in turn, can lead to a complete collapse of the bridge span.

Keywords: bridge, span structure, string-concrete, technical condition, defects, recommendations.

References

1. Constitution of Ukraine: Adopted at the fifth session of the Verkhovna Rada of Ukraine on June 28, 1996. Amended by the Law of Ukraine dated December 8, 2004 No. 2222 IVI. As of January 1, 2006. - К., 2006. - 124 p. [in Ukrainian].
1. DBN B.1.2-14:2018 System of ensuring the reliability and safety of construction facilities. General principles of ensuring the reliability and structural safety of buildings and structures [in Ukrainian].
2. DBN B.2.3-6:2009 Transport facilities. Bridges and pipes. Inspection and testing [in Ukrainian].
3. DSTU 8814: 2018 Transport facilities. Road bridges. Terms and definitions of concepts [in Ukrainian].
4. DSTU 8908: 2019 Road bridges. Classification of defects [in Ukrainian].
5. DSTU 9181: 2022 Guidelines for assessment and forecasting of the technical condition of road bridges [in Ukrainian].
6. DSTU 9214: 2023 Roads. Terms and definitions of concepts [in Ukrainian].
7. MR B.3.2-37641918-938:202X Methodical recommendations for the repair of road bridges with string-concrete girders of the span structure [in Ukrainian].