

Онищенко А. М., д.т.н., Ковальчук В. В., д.т.н., Гібаленко О. М., д.т.н., Шалінський В. В., к.т.н., Чиженко Н. П., к.т.н., Гаркуша М. В., к.т.н.
(Національний транспортний університет, м. Київ)

ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДУ АВАНКАМЕРИ ПРОЇЗДУ ГРЕБЛІ «ДНІПРОВСЬКА ГЕС»

У роботі на основі виконаного обстеження мостового переходу аванкамери проїзду греблі «Дніпровська ГЕС» наведено основні пошкодження та дефекти поперечної балки моста через аванкамеру біля деформаційного шва.

За результатами часткового обстеження, встановлено наступні дефекти поперечної балки моста через аванкамеру біля деформаційного шва № 11, а саме: наскрізна корозія стінки поперечної балки над опорною діафрагмою головної балки; наскрізна корозія стінки поперечної балки на консолях та корозія металу, руйнування антикорозійного покриття по всій площі поверхні поперечної балки.

Встановлено, що головною причиною дефектів поперечної балки моста є незадовільний технічний стан вище розміщеного деформаційного шва, внаслідок чого нижче розташовані конструкції протягом тривалого часу піддавались негативному впливу води, яка стікала з проїзної частини.

Надано рекомендації із заміни конструкцій морально та фізично застарілого деформаційного шва із ковзним листом на деформаційний шов D160 виробництва MAURER.

Наведено схему підсилення поперечної балки моста через аванкамеру біля деформаційного шва та подано порядок виконання робіт, щодо підсилення балки.

Для покращення умов огляду нижнього поясу прогонової будови та догляду за спорудою протягом її експлуатації запропоновано збільшення підмостового габариту.

Зміна поперечного ухилу проїзної частини на ділянках віражів створено за рахунок трапецеїдального скосу бокових стінок головних балок та примусової натяжки на укрупнювальній збірці виготовлених за звичайною технологією плоских карт ортотропної плити. При цьому поздовжні ребра можуть легко повертатися у вирізах стінок поперечних балок, а карта плити, без особливих додаткових

напружень, закручується, створюючи необхідний відгін віражу в межах монтажного блоку.

Встановлено, що поперечні балки ортотропної плити на ділянках відгону віражів мають скоси вертикальних стінок біля монтажних стиків із різними кутами відповідно куту повороту проїзної частини.

Ключові слова: мостовий перехід; ГЕС; гребля; експлуатаційна надійність; підсилення.

Вступ. Однією з найвизначніших інженерних споруд, зведених на теренах України, є гребля ДніпроГЕС у м. Запоріжжі, яка введена в експлуатацію у 1932 р. Її особливою рисою являється те, що вона одночасно слугує важливою ланкою у транспортному сполученні між правим та лівим берегами Дніпра у місті завдяки влаштуванню по усій її довжині автодорожнього переїзду (рис. 1), який складається з комплексу нижче перелічених споруд:

- естакада над шлюзами довжиною 352,00 м;
- естакада спряження греблі з лівим берегом довжиною 111,50 м;
- автопроїзд на греблі довжиною 665,00 м;
- міст через аванкамеру довжиною 319,76 м;
- земляна вставка довжиною 136,57 м.

Загальна довжина переїзду складає 1585,82 м. Така конфігурація мостового автопереїзду склалася у 1977 р. після його реконструкції, однією з головних цілей якої було розширення проїжджої частини і влаштування чотирьох смуг руху автотранспорту в обох напрямках замість двох існуючих на той час.



Рис. 1. Автодорожній перехід по спорудах греблі ДніпроГЕС

Конструкція моста через аванкамеру. При будівництві моста у 1977 р. було використано п'ять опор існуючого на той час «старого» моста, частина з яких розташована в зонах з глибинами води до 25–30 м, із зміщенням осі нового моста в плані для збільшення кривизни його до мінімально допустимої за нормами – 125 м (рис. 2–4). Таке рішення обумовило розбивку на прогони та ексцентричне обпирання прогонової будови на опори № 4 (рис. 5).

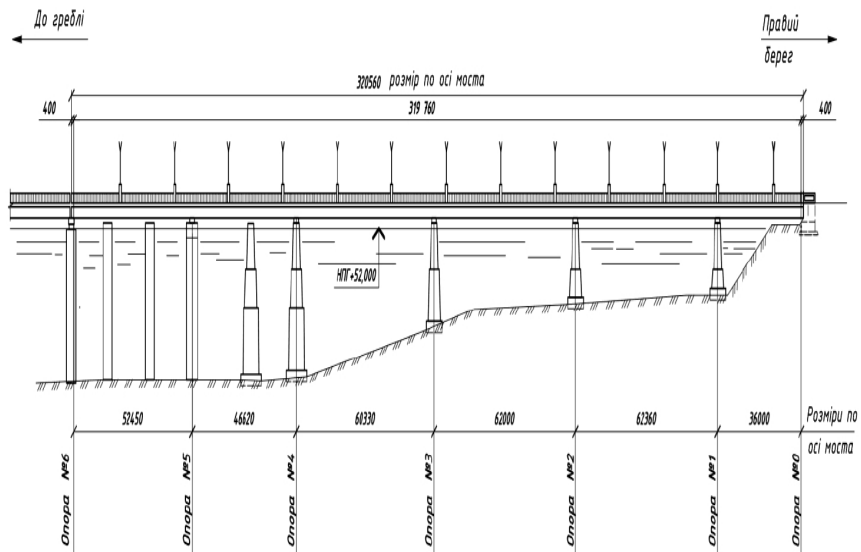


Рис. 2. Загальний вид моста через аванкамеру

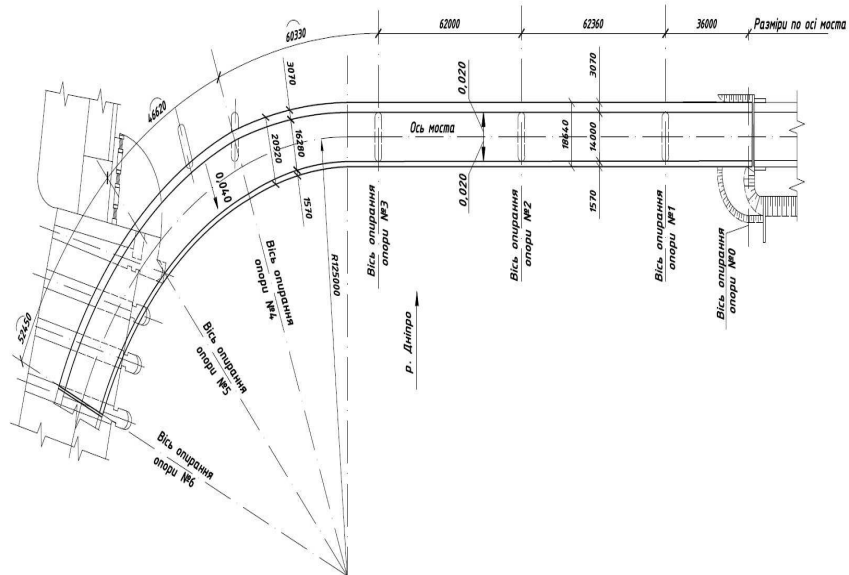


Рис. 3. План моста через аванкамеру

Габарит проїзду на мосту прийнято виходячи з умови пропуску чотирьох смуг руху автотранспорту з швидкістю 60 км/год. Смуги безпеки прийняті по 0,5 м. Повна ширина проїзду між огороженнями безпеки $4 \times 3,5 + 2 \times 0,5 = 15,0$ м. При цьому, ширина проїзду складає 14,0 м. На криволінійній ділянці моста передбачено додаткове розширення габариту проїзду: нормативне по 0,45 м на кожну смугу руху – для можливості пропуску автопоїздів з причепами довжиною до 11,0 м та викликане конструктивними міркуваннями – 0,2 м (для урахування обмеження габариту проїзду прямолінійними блоками прогонової будови, вписаними до кривої по хордам). Повна ширина проїзду між бар'єрами безпеки на криволінійній ділянці моста $15,0 + 4 \times 0,45 + 0,2 = 17,0$ м. Тут ширина проїзду становить 16,28 м. Тротуари несиметричні: з низової сторони для пішохідного руху 2,25 м; з верхової – службовий прохід шириною 0,75 м.

Підвищення низу прогонової будови над розрахунковим горизонтом води верхнього б'єфу прийнято 1,0 м, що більше мінімального, який вимагається нормами для несудохідних та несплавних прогонів – 0,75 м. Збільшений підмостовий габарит прийнято для покращення умов огляду нижнього поясу прогонової будови та догляду за спорудою протягом її експлуатації.

Проект моста розроблено згідно з чинними на той час вимогами та конструктивними вказівками технічних умов на проектування автодорожніх та міських мостів СН 200-62 та СНиП II-Д.7-62. При цьому враховувались наступні тимчасові навантаження – автомобільне навантаження Н-30 та спеціальні навантаження НК-80 і НГ-60 [1–11].

Прогонова будова. Прогонову будову моста виконано металевою суцільнозварною балочною нерозрізною за схемою $36,0 + 62,36 + 62,0 + 60,33 + 46,62 + 52,45 = 319,76$ (по осі моста). Поперечний переріз прогонової будови складається з однієї несної головної балки трапецеїдального коробчастого перерізу та металевої проїзної частини у вигляді ортотропної плити, яка одночасно являється верхнім поясом головної балки. На ділянці трьох останніх прогонів прогонова будова криволінійна в плані з радіусом кривизни 125 м. Для прогонової будови застосовано нове конструктивне рішення, яке дозволило використати опору № 4, яка залишилася осторонь при зміщенні траси. Прогонова будова опирається на неї з ексцентриситетом 9,5 м. Всі опори моста бетонні та залізобетонні.

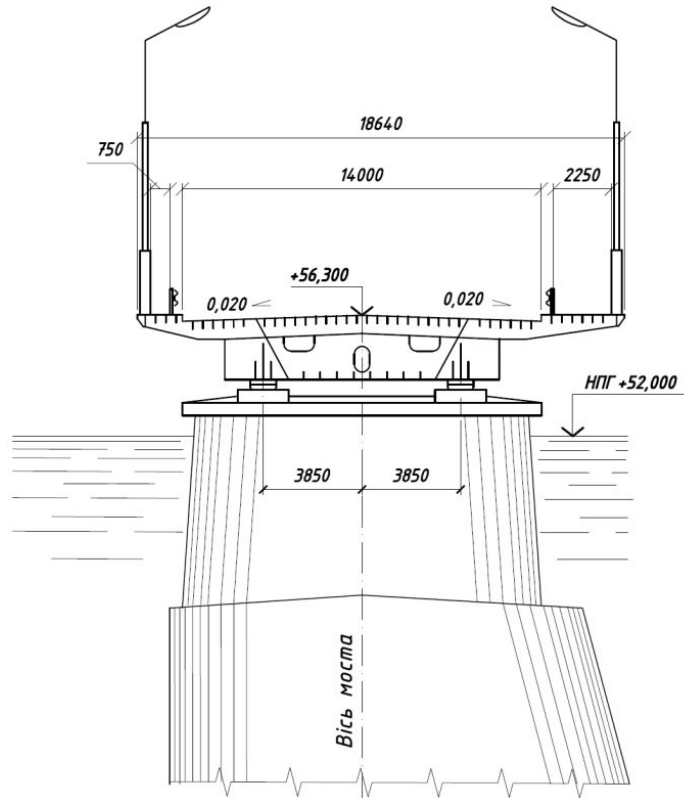


Рис. 4. Поперечний переріз моста через аванкамеру на прямій ділянці

Матеріал конструкцій прогонової будови – низьколегована сталь марки 09Г2С за ГОСТ 19282-73. Всі конструкції суцільнозварні зі зварними монтажними з'єднаннями.

Ортотропна плита і головна балка. Головна балка прогонової будови коробчата, трапецеїдального перерізу, висотою по осі 2500 мм. Висота бокових стінок – змінна. Ширина балки по низу 6000 мм. Поперечний ухил проїзної частини створений за рахунок різної висоти бокових стінок, кут нахилу яких однаковий та становить близько 60 град.

Криволінійна частина моста в плані створена за рахунок вписування монтажних блоків, що мають довжину до 12 м, хордами зі стикуванням на монтажі під кутом.

Ортотропна плита проїзної частини складається з сталевого настилу з листа товщиною 12 мм, поздовжніх ребер з листа 200x12 мм кроком 400 мм у межах проїзної частини та 500 мм у межах тротуарів, та поперечних балок кроком 2000 мм. Перетин поздовжніх ребер

з поперечними балками виконано без приварки їх до стінок балки, з пропуском у вирізи стінок. Таке рішення дозволило знизити концентрацію напружень та покращити умови роботи плити на циклічне тимчасове навантаження. Крім цього, при даному рішенні була можливість застосувати автоматичну зварку при виготовленні плити на заводі.

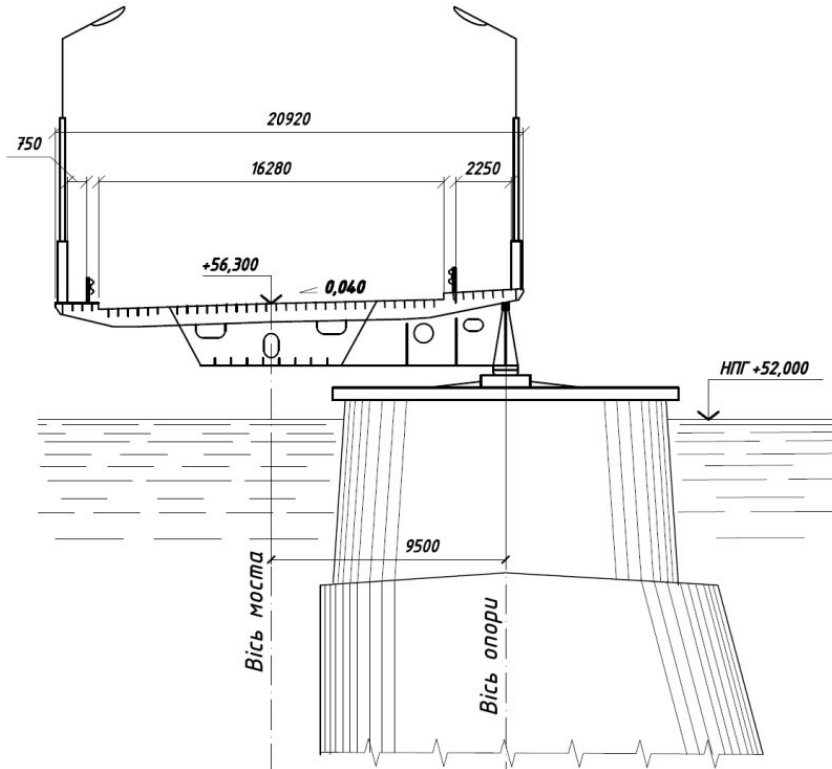


Рис. 5. Поперечний переріз моста через аванкамеру біля опори № 4

Зміна поперечного ухилу проїзної частини на ділянках віражів створено за рахунок трапецеїдального скосу бокових стінок головних балок та примусової натяжки на укрупнювальній збірці виготовлених за звичайною технологією плоских карт ортотропної плити. При цьому поздовжні ребра можуть легко повертатися у вирізах стінок поперечних балок, а карта плити, без особливих додаткових напружень, закручується, створюючи необхідний відгін віражу в межах монтажного блоку. Слід зазначити, що при загальноприйнятому в той час рішенні вузлів перетину поздовжніх ребер та поперечних балок з односторонньою приваркою ребер до стінок, здійснення відгону віражу створило би конструктивні та технологічні труднощі.

Поперечні балки ортотропної плити на ділянках відгону віражів мають скоси вертикальних стінок біля монтажних стиків з різними кутами відповідно куту повороту проїзної частини.

Монтажні стики ортотропної плити проїзної частини прийняті по авторському свідоцтву ДПІ Укрпроектстальконструкція № 431279. Згідно прийнятому конструктивному рішенні ребра не доводяться до стика та замінюються утовщенням настилу до 20 мм. При цьому на монтажі зістиковані автоматичною зваркою тільки листи настилу. З урахуванням кривизни прогонової будови в плані та зварки з блоків, розташованих по хордам, таке рішення виявилось досить доречним.

Мостове полотно. У якості покриття проїзної частини прийнято утоншений асфальтобетон з добавкою епоксидної смоли. Покриття служить одночасно ізоляцією плити проїзної частини. Товщина покриття – 70 мм.

Бар'єрне огородження складається з сталевих брусів з гнутих профілів, які опираються на металеві стовпи, розташовані з кроком 4 м.

Перила прийняті полегшені із сталевих смуг та профільованої сталі. Перила закріплені приваркою на монтажі до ортотропної плити.

Ліхтарні щогли зварені з труб та розраховані на підвіску до них контактної мережі тролейбуса.

Водовідведення на моста передбачено поперечним стоком води до водовідвідних отворів в бордюрах (нині таке рішення не допустиме згідно чинних норм).

Статичний та динамічний розрахунок моста. По статичній схемі прогонова будова розглядалась як просторово працююча нерозрізна шестипрогонова криволінійна на ділянці балка, яка з ексцентриситетом опирається на опорі № 4. Обпирання прогонової будови прийнято на всіх опорах лінійнорухомим за виключенням опори № 3, де прогонова будова защемлена. Усі опори, за виключенням опори № 4, сприймають кручення. Прогонова будова розглядалась як 15 раз статично невизначена система.

При динамічному розрахунку прогонова будова розглядалась як 5 раз статично невизначена система.

Проблеми експлуатації моста. За результатами часткового обстеження, проведеного у серпні 2019 року була зафіксована низка дефектів поперечної балки моста через аванкамеру біля деформаційного шва № 11:

- наскрізна корозія стінки поперечної балки над опорною діафрагмою головної балки (рис. 6);
- наскрізна корозія стінки поперечної балки на консолях (рис. 7);
- корозія металу, руйнування антикорозійного покриття по всій площі поверхні поперечної балки.

Головною причиною зазначених дефектів являється незадовільний технічний стан вище розміщеного деформаційного шва, внаслідок чого нижче розташовані конструкції протягом тривалого часу піддавались негативному впливу води, яка стікала з проїзної частини. Наразі виконуються роботи із заміни конструкцій морально та фізично застарілого деформаційного шва із ковзним листом на деформаційний шов D160 виробництва MAURER.



Рис. 6. Наскрізна корозія стінки поперечної балки над опорною діафрагмою головної балки



Рис. 7. Наскрізна корозія стінки поперечної балки на консолях

Для уникнення аварійних ситуацій на мосту терміново було розроблено проєкт з ремонту вище зазначеної поперечної балки моста. У зв'язку з об'єктивною неможливістю заміни поперечної балки прийнято рішення щодо її підсилення шляхом приварки сталевих листів товщиною 14 мм та висотою 300 мм з обох сторін стінки балки по усій її довжині (рис. 8).

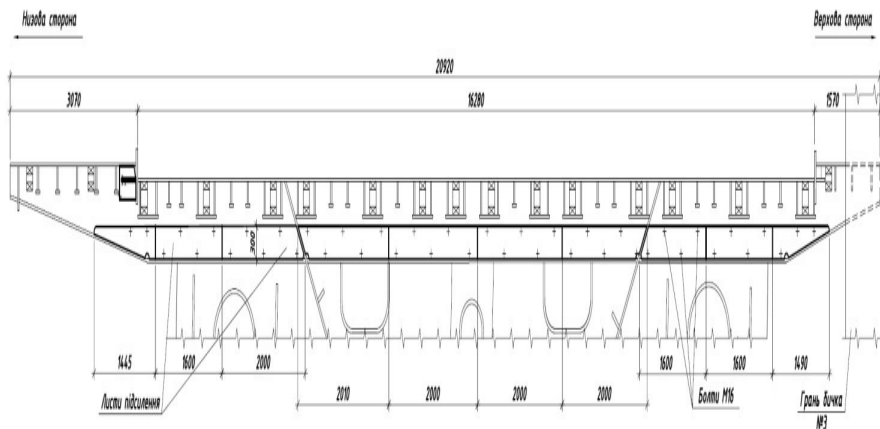


Рис. 8. Схема підсилення поперечної балки моста через аванкамеру біля деформаційного шва № 11

Порядок виконання робіт, за яким наразі проводяться відповідні ремонтні роботи, наступний:

- очистка поверхні балки від бруду та сміття;
- металоконструкції, що підсилюються, очищаються від окислів, іржі, окалини та жирових плям відповідно до ГОСТ 9.402-80*. Всі металеві поверхні конструкцій при цьому підлягають абразивно-струменевому очищенню до ступеня не менше Sa 2,5 у відповідності до міжнародного стандарту ISO 8501-1;
- встановлення листів підсилення стінки поперечної балки в проєктне положення. Елементи підсилення із заздалегідь висвердленими отворами при цьому встановлюються із внутрішньої сторони коробки моста;
- закріплення листів підсилення у проєктному положенні за допомогою струбцин;
- висвердлювання наскрізних отворів у стінці балки та листах підсилення зовнішньої сторони коробки моста по існуючим отворах внутрішніх листів підсилення;
- встановлення болтів у висвердлені отвори та стягування за їх

допомогою листів підсилення і стінки балки задля досягнення щільного прилягання між собою. При цьому, забезпечується вертикальність стінки поперечної балки та листів підсилення;

- першочергове зварювання листів підсилення між собою з обох сторін поперечної балки. Після цього – приварка листів підсилення до стінки і полки існуючої поперечної балки. При цьому, зварні шви виконуються переривчастими 100 мм через 300 мм у кілька заходів, щоб отримати суцільні зварні шви;

- виконання антикорозійного захисту металоконструкцій.

Висновки. Виходячи з вище викладеного можна зробити наступні висновки: 1. Вище висвітлені проблеми зі станом поперечної балки моста через аванкамеру вкотре підтверджують, що застаріла конструкцій деформаційних швів із ковзним листом являється недосконалою та вимагає заміни на сучасні конструкції, які добре себе зарекомендували у світовій практиці мостобудівництва. 2. Зволікання із заміною старих деформаційних швів на нові може стати причиною початку руйнування нижче розташованих конструкцій моста, в першу чергу – прогонових будов.

1. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проектування. 2. ДБН В.2.3-14-2006. Мости та труби. Правила проектування. 3. ДБН В.2.3-26:2010. Споруди транспорту. Мости та труби. Сталеві конструкції. Правила проектування. 4. ДБН В.1.2-15:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Навантаження і впливи. 5. ДБН В.2.3-6:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Обстеження і випробування. 6. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2012. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів. 7. ДБН В.1.2-14-2018. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель і споруд. 8. ДБН А.2.2-3-2014. Склад та зміст проектної документації на будівництво. 9. ДБН А.3.2-2-2009. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. 10. ДСТУ 8855:2019. Будівлі та споруди. Визначення класу наслідків (відповідальності). 11. СОУ 45.2 - 00018112-026:2008. Споруди транспорту. Дефекти автодорожніх мостів. Класифікація.

REFERENCES:

1. DBN V.2.3-22:2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Osnovni vymohy proektuvannia. 2. DBN V.2.3-14-2006. Mosty ta truby. Pravyla proektuvannia. 3. DBN V.2.3-26:2010. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Stalevi konstruktsii.

Pravyla proektuvannia. **4.** DBN V.1.2-15:2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Navantazhennia i vplyvy. **5.** DBN V.2.3-6:2009. Sporudy transportu. Mosty ta truby. Obstezhennia i vyprobuvannia. **6.** DSTU-N B V.2.3-23:2012. Nastanova z otsiniuvannia i prohnozuvannia tekhnichnoho stanu avtodorozhnikh mostiv. **7.** DBN V.1.2-14-2018. Systema zabezpechennia nadiinosti ta bezpeky budivelnykh ob'ektiv. Zahalni pryntsypy zabezpechennia nadiinosti ta konstruktyvnoi bezpeky budivel i sporud. **8.** DBN A.2.2-3-2014. Sklad ta zmist proektnoi dokumentatsii na budivnytstvo. **9.** DBN A.3.2-2-2009. Okhorona pratsi i promyslova bezpeka u budivnytstvi. Osnovni polozhennia. **10.** DSTU 8855:2019. Budivli ta sporudy. Vyznachennia klasu naslidkiv (vidpovidalnosti). **11.** SOU 45.2 – 00018112-026:2008. Sporudy transportu. Defekty avtodorozhnikh mostiv. Klasyfikatsiia.

Onyshchenko A. M., Doctor of Engineering, Kovalchuk V. V., Doctor of Engineering, Hibalenko O. M., Doctor of Engineering, Shalynskyi V. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Chyzhenko N. P., Candidate of Engineering (Ph.D.), Harkusha M. V., Candidate of Engineering (Ph.D.)
(National Transport University, Kyiv)

ENSURING OPERATING RELIABILITY OF THE BRIDGE CROSSING OF THE DNIPROVSKA HPP DRIVES

The main damages and defects of the transverse beam of the bridge through the advance chamber near the deformation seam are presented on the basis of the performed inspection of the bridge crossing of the advance chamber of the Dnieper Hydroelectric Power Station dam passage.

According to the results of the partial inspection, the following defects of the transverse beam of the bridge through the pre-chamber near the deformation seam № 11 were found, namely: through corrosion of the transverse beam wall above the support diaphragm of the main beam; through corrosion of a wall of a crossbeam on consoles and corrosion of metal, destruction of an anticorrosive covering on all area of a surface of a crossbeam.

It was found that the main cause of defects in the transverse beam of the bridge is unsatisfactory technical condition of the above-placed deformation seam, as a result of which the lower structures for a long time were negatively affected by water flowing from the roadway.

Recommendations for replacing the structures of morally and physically obsolete expansion joints with sliding sheet with expansion joints D160 made by MAURER are given.

The scheme of reinforcement of the transverse beam of the bridge through the pre-chamber near the deformation seam is given and the order of works on reinforcement of the beam is given.

To improve the conditions of inspection of the lower belt of the girder structure and care for the structure during its operation, it is proposed to increase the bridge size.

The change of the transverse slope of the carriageway in the sections of the turns is created due to the trapezoidal bevel of the side walls of the main beams and forced tension on the enlarging assembly of flat maps of orthotropic plates made by conventional technology. In this case, the longitudinal ribs can be easily rotated in the cut-outs of the walls of the transverse beams, and the plate map, without special additional stresses, twists, creating the necessary deflection of the bend within the mounting block.

It is established that the transverse beams of the orthotropic slab in the areas of distillation of turns have bevels of vertical walls near the mounting joints with different angles according to the angle of rotation of the carriageway.

***Keywords:* bridge crossing; hydroelectric power station; dam; operational reliability; reinforcement.**

Онищенко А. Н., д.т.н., Ковальчук В. В., д.т.н., Гибаленко А. Н., д.т.н., Шалинский В. В., к.т.н., Чиженко Н. П., к.т.н., Гаркуша Н. В., к.т.н.
(Национальный транспортный университет, г. Киев)

ОБЕСПЕЧЕНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НАДЕЖНОСТИ МОСТОВОГО ПЕРЕХОДА АВАНКАМЕРЫ ПРОЕЗДА плотини «ДНЕПРОВСКАЯ ГЭС»

В работе на основе выполненного обследования мостового перехода аванкамеры проезда плотини «Днепровская ГЭС» приведены основные повреждения и дефекты поперечной балки моста через аванкамеры у деформационного шва.

Установлено, что главной причиной дефектов поперечной балки моста является неудовлетворительное техническое состояние

выше размещенного деформационного шва, вследствие чего ниже расположенные конструкции в течение длительного времени подвергались отрицательному воздействию воды, стекающей с проезжей части.

Даны рекомендации по замене конструкций морально и физически устаревшего деформационного шва со скользящим листом на деформационный шов D160 производства MAURER.

Приведена схема усиления поперечной балки моста через аванкамеру возле деформационного шва и представлен порядок выполнения работ по усилению балки.

***Ключевые слова:* мостовой переход; ГЭС; плотина; эксплуатационная надежность; усиление.**
