

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

УДК 624.21.09:625.745.12.(282.247.32)

К. І. СОЛДАТОВ<sup>1\*</sup>, В. А. МІРОШНИК<sup>2</sup>, С. В. КЛЮЧНИК<sup>3</sup>, Ю. Л. ЗАЯЦЬ<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> Галузева науково-дослідна лабораторія штучних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (096) 527 26 01, ел. пошта kim-kim@i.ua

<sup>2</sup> Галузева науково-дослідна лабораторія штучних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (097) 828 64 87, ел. пошта miroshnik\_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

<sup>3</sup> Галузева науково-дослідна лабораторія штучних споруд, Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (050) 667 40 49, ел. пошта ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

<sup>4</sup> Кафедра «Безпека життєдіяльності», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, Дніпро, Україна, 49010, тел. +38 (067) 704 74 33, ел. пошта zyl41@mail.ru

### АНАЛІЗ СТАНУ НЕСУЧИХ КОНСТРУКЦІЙ АВТОШЛЯХОВОГО ПРОЇЗДУ СУМІЩЕНОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РІЧКУ ДНІПРО У М. ДНІПРО ЗА РЕЗУЛЬТАТАМИ ОБСТЕЖЕННЯ

**Мета.** Метою даної роботи є аналіз причин розладнання роботи залізобетонних плит авто- та трамвайних проїздів в місті їх спираання, незадовільний стан асфальтобетонного покриття та особливо деформаційних швів. **Методика.** Стан основних несучих конструкцій автошляхового проїзду досліджувався візуально з фіксацією конструктивних елементів, вузлів сполучення та дефектів на фото. Проведена інструментальна зйомка плану та профілю по всій довжині мостового переходу та на підходах, виконано випробування міцності бетону неруйнівним способом. **Результати.** Результатом даної роботи є надані рекомендації стосовно причин розладнання роботи залізобетонних плит, деформаційних швів та появи інших дефектів, що впливають на несучу здатність, витривалість та безпеку. **Наукова новизна.** Наукова зацікавленість полягає в тому, що у даному випадку ми маємо чотири несучі елементи, що розташовані поверхово: верхній пояс ферми, поперечні балки, поздовжні балки та залізобетонні плити. Сумісна їх робота не проста, а тому виникають питання забезпечення сумісної їх роботи без розладнання вузлів сполучення. Додаткові проблеми виникають за рахунок наявності двох трамвайних колій. **Практична значимість.** Спираючись на отримані дані та виконаний аналіз причин виникнення дефектів надані рекомендації по усуненню дефектів, заміні деформаційних швів на більш досконалі, підсилення вузла спираання плит та застосуванню більш надійного асфальтобетонного покриття.

*Ключові слова:* обстеження; прогонова будова; автошляховий проїзд; трамвайний проїзд; деформаційні шви; випробування; інструментальна зйомка; суміщений міст

#### Вступ

Міст через річку Дніпро у м. Дніпрі споруджено у період 1954-1956 років під навантаження Н-13 та НГ-60 та Т-13 (трамвай). Міст двоярусний: по нижньому ярусу здійснюється залізничний рух, а по верхньому – автотранспорту та трамваїв. За період експлуатації автошляховий проїзд моста неодноразово обстежувався у 1967, 1978, 1984 та 1990 рр. та декілька разів капітально ремонтувався: у 1968, 1984, 1989 та 2008 рр. Автошляховий проїзд є верхнім ярусом так званої суміщеної мостової споруди (нижній – під рух залізничного транспорту, а верхній – під рух автомобільного транспорту та трамваїв).

Балки автошляхового проїзду спираються на верхні пояси металевих ферм. Плити автошляхового проїзду та трамвайної колії спираються на поздовжні балки, які в свою чергу спираються на поперечні (так звана поверхова проїзна частина). Для сполучення автошляхового проїзду з підходами та розв'язки його з залізничною колією, з обох сторін основних прольотів моста споруджені естакади. Дані естакади виконані по схемі трьохпрогінних нерозрізних прогонових будов. Таким чином загальна схема моста з урахуванням двох естакад буде наступна:  $3 \times 21,8$  (естакада) +  $6 \times 80 + 80$  (розвідний прогін) +  $8 \times 80 + 3 \times 21,8$  (естакада) м. Повна довжина

моста згідно з паспортом становить 1384,8 м. Міст має один розвідний прогін.

У 2008 році на даному мосту було виконано капітальний ремонт, який стосувався в основному автошляхового проїзду. Причина полягала в тому, що в місці об'єднання поперечних та поздовжніх балок виникали значні тріщини в металі обох балок і їх стан був незадовільний. Це впливало на несучу здатність, довговічність та безпеку. В результаті капітального ремонту була запропонована та виконана більш досконала конструкція даного вузла, плити були капітально відремонтовані, а трамвайний проїзд

укладено на спеціальні плити (додаткові). Були замінені деформаційні шви, але їх конструкція виявилась не досконалою. Саме вони в даному випадку виявились слабким місцем. Невдалим виявився і вузол спирання плит автошляхового проїзду на плити трамвайного проїзду (рис. 1), оскільки при проході транспорту консолі плит переміщуються по вертикалі відносно одна одної і в бетоні об'єднання утворюються тріщини, а при значних ударах і сколювання.

На мосту було укладено нове асфальтове покриття (рис. 2).

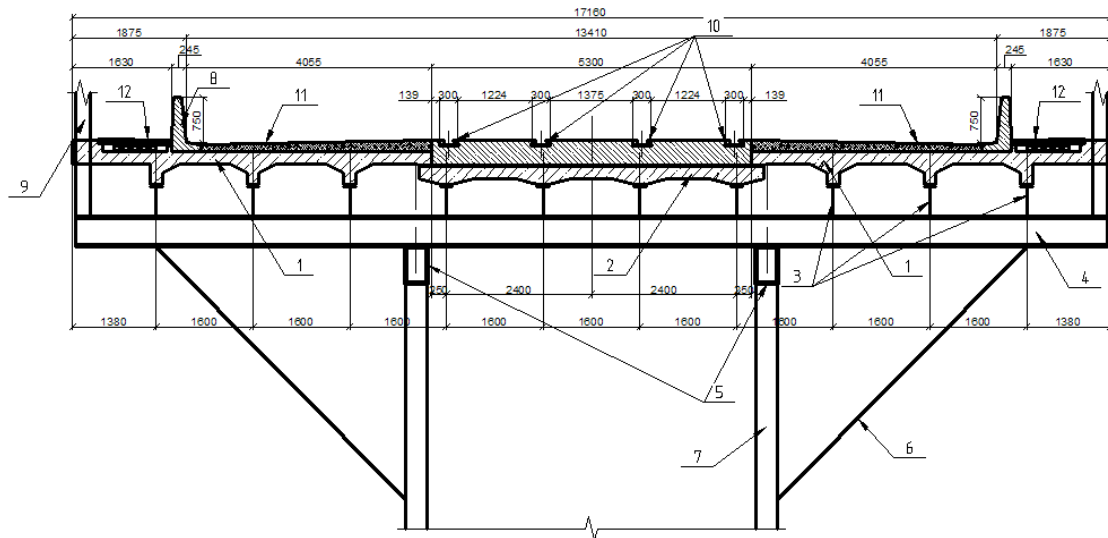


Рис. 1. Схема розташування основних, підтримуючих проїзну частину, елементів:

1 – плита автопроїзду; 2 – плита трамвайного проїзду; 3 – поздовжні балки; 4 – поперечні балки; 5 – верхній пояс ферми; 6 – підкіс; 7 – елемент ферми; 8 – колесовідбій; 9 – опора освітлення; 10 – трамвайні колії; 11 – автошляховий проїзд; 12 – тротуари

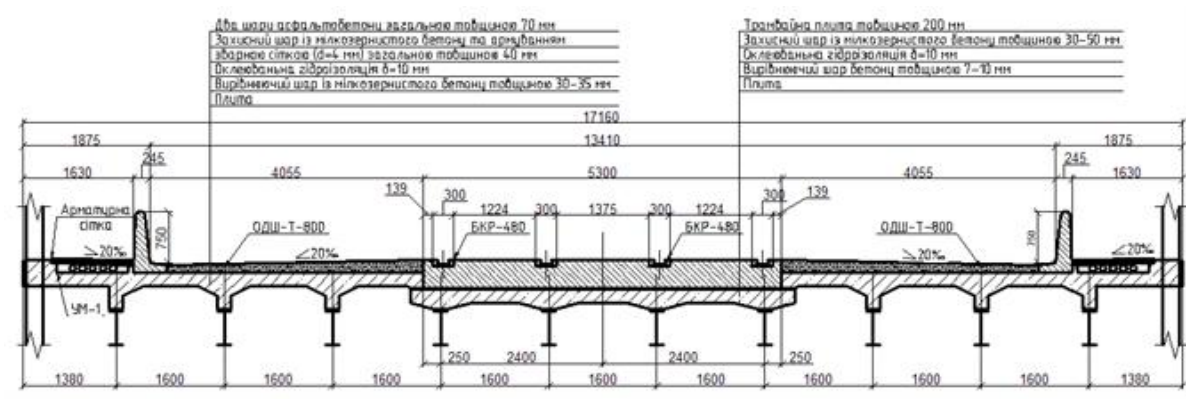


Рис. 2. Покриття по проїзній частині (авто- та трамвайний проїзд)

### Мета

Метою даної роботи є надання рекомендацій з трьох основних положень: запропонувати

більш досконалий деформаційний шов, більш досконалий склад асфальтового покриття та розробити конструкцію підсилення консолей плити трамвайного проїзду для запобігання

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

сколювань по торцях плит. Все це (разом з усуненням інших незначних, але численних дефектів) повинно у сукупності забезпечити довговічну та безаварійну роботу автошляхового проїзду з дуже інтенсивним рухом транспорту в тому числі і великовантажного.

## Методика

Методика виконання даної роботи потребувала залучення всіх спеціалістів галузевої науково-дослідної лабораторії штучних споруд (міст має довжину 1384,8 метри). Обстеження виконувалось візуально згідно [9] з використанням в окремих випадках біноклів, інструментальна зйомка – нівеліром (з одночасним відліком по трьох рейках), вимірювання – лазерною рулеткою та випробування міцності бетону – неруйнівним методом за допомогою склерометра (Шмидт-2). Результати обстеження фіксувались у журналах і додатково на численних фото.

Візуальне обстеження автошляхового проїзду та трамвайної колії дозволило виявити основні дефекти, які у більшості випадків є результатом похибок проектування, неякісного капітального ремонту та незадовільної експлуатації. До дефектів, які є загальними та значно впливають на несучу здатність, безпеку та довговічність, в першу чергу були віднесені (саме

на них зосереджувались при виконанні даної роботи) наступні:

- стан деформаційних швів;
- стан покриття проїзної частини;
- дефекти покриття тротуарів;
- тріщини, сколювання бетону та замощення в місці спирання плит автопроїзду на плити трамвайного проїзду та на металеві позовжні балки;
- забруднення потьоканами іржі поперечних та позовжних балок в місці розташування деформаційних швів та їх корозія.

Кожен з даних дефектів аналізувався з точки зору надання конкретних рекомендацій з поліпшення роботи споруди в цілому.

## Результати дослідження

**Деформаційні шви.** Всі без винятку деформаційні шви не виконують своїх основних функцій (забезпечення плавного проїзду транспортних засобів, водовідведення вологи через жолоби, довговічність самого шва та мінімальний вплив його стану на стан несучих конструкцій). Слід врахувати і той фактор, що всі позовжні балки (10 балок) розрізані в середині кожного прогону для зменшення переміщень і в даному місці розташовано так званий додатковий деформаційний шов. На рис. 3 наведені схеми основного та додаткового деформаційного шва.

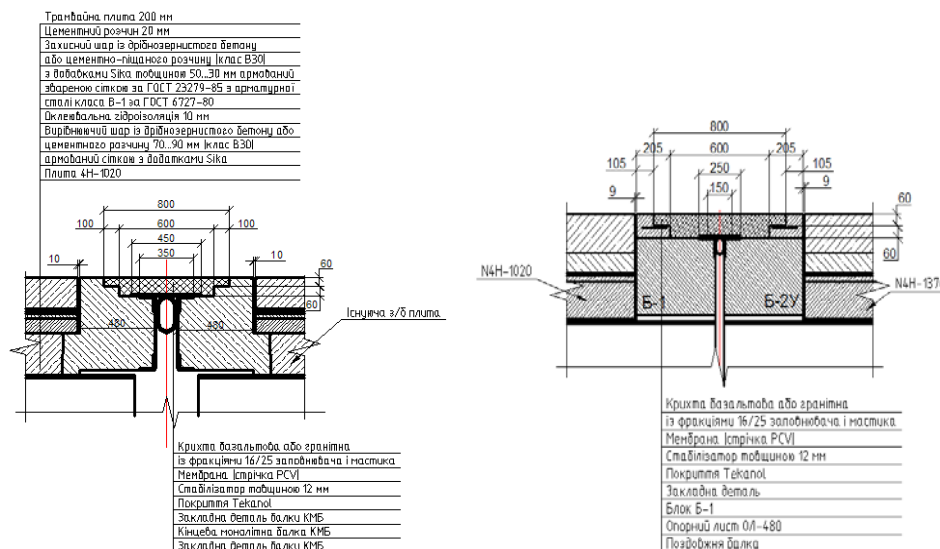


Рис. 3. Основний та додатковий деформаційний шви, що встановлені на мосту

Різниця полягає в тому, що додатковий деформаційний шов перекиває зазор між части-

нами прогонової будови шириною всього 50 мм в той час як основний – 150 мм. Але і в першо-

му і в другому випадках закладні деталі овального типу відсутні, а також відсутні і жолоби для відводу води. Основна причина незадовільної їх роботи полягає в тому, що асфальтове покриття над швами деформується і волога по-

трапляє без перешкод до металу деформаційних швів. Корозія металу деформаційних швів при обстеженні встановлена 30...35 %.

На рис. 4 наведено один з прикладів стану такого шва.



Рис. 4. Стан деформаційного шва (вигляд зверху та знизу)

Тріщини в асфальтовому покритті свідчать про те, що даний шов не працює по схемі закритого. З цього приводу не можна не підтримати сказане відомим проектувальником М. М. Корнієвим [18] «...У многих чиновников, связанных со строительством и эксплуатацией мостов, существует представление о том, что деформационные швы это второстепенные элементы пролетного строения. Что ничего плохого не происходит, если деформационные швы текут и при проезде транспорта ощущаются толчки. Такой подход, несомненно, ошибочный, поскольку разрушение пролетных строений при всех прочих равных условиях начинается с деформационных швов. Агрессивная вода, протекающая через шов, интенсивно разрушает торцы пролетных строений, опорные части и ригеля опор. Удары автомобилей по шву разрушают плиту и опорные части. День-

ги, вложенные в качественные деформационные швы, всегда окупаются за счет большей безремонтной эксплуатации моста».

З великого переліку нормативної, методичної та рекомендованої літератури [16, 17, 19, 20, 21], як результат дослідження, запропонована заміна всіх основних деформаційних швів на більш досконалі фірми MAURER. Такі шви з успіхом працюють на мостах у м. Дніпрі. Враховуючи значну вартість швів даного типу, рекомендовано встановити в середині прогонів деформаційні шви закритого типу запропоновані кафедрою «Мости», які отримали позитивну оцінку вказаної вище фірми і рекомендовані для встановлення на мостах, де переміщення торців прогонових будов складають до 50 мм. Загальний вигляд даного шва наведено на рис. 5.

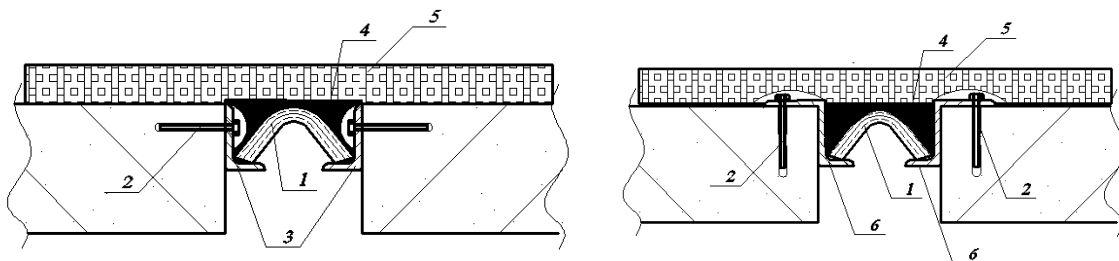


Рис. 5. Запропонований деформаційний шов для влаштування в середині прогонів:  
1 – аркоподібна армована стрічка, 2 – бовти кріплення кутиків, 3 – кутик, 4 – мастика, 5 – асфальтове покриття, 6 – «z-подібний» профіль

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Основна відмінність даного деформаційного шва полягає в тому, що зазор перекривається аркоподібною резино-металевою стрічкою, яка спирається на полки кутиків, що приєднані до торців прогонових будов. Кутики можуть кріпитись як горизонтальними так і вертикальними анкерами. Вартість такого шва (два кутики та транспортерна стрічка) мінімальна [15].

ГК «Стройкомплекс» РФ пропонує цілу низку деформаційних швів, у діапазоні перекриття зазорів від 20 мм до 400 мм: резинові з Т-образним компенсатором (20 мм); одномодульні з гнучким резиновим компенсатором ДШС-60 (60 мм) та ДШС-80 (80 мм); двох- та трьох-модульні ДШС-60 (120...180 мм) та ДШС-80 (160...240 мм); металеві ДШ гребінчастого типу (400 мм). В дужках – рекомендований діапазон переміщень. **Асфальтове покриття.** Незадовільний стан деформаційних швів в свою чергу спровокований в тому числі і незадовільним станом асфальтового покриття [22]. Тип асфальтового покриття за нормами визначається у залежності від регіону та середньої температури за рік. Те, що за останні роки температура в літні місяці значно підвищилась, а зафіксований максимум в Дніпрі складає 40,9 °С ніяк не впливає на вибір типу покриття, оскільки середня температура за рік підвищилась всього на 1 °С.

На даному етапі іде розробка нового ГБН В.2.3-37641918-xxx:201x. В ньому повинні бути внесені зміни до вибору типу покриття на мостах з врахуванням саме температури в літні місяці, коли асфальт «плавиться». Приводом для цього можуть бути вилучені з інформаційних джерел дані по дослідженням у цьому напрямку, а саме:

- проведені виміри температури асфальтового покриття (сірого кольору) при температурі повітря 30 °С зафіксували температуру асфальту 52...55 °С (а якщо асфальт чорний та температура повітря 40 °С вона досягає 70 °С);
- асфальтове покриття чорного кольору поглинає 94...96 % сонячної енергії в той час як білий – 20...30 %;
- додавання в суміш подрібненої алюмінієвої фольги знижує нагрів у 2,5 разів;
- мембранна стрічка темного кольору поглинає у 2 рази більше сонячної енергії ніж світла.

Наведені факти повинні бути приводом відтворення в ГБН різного підходу до норм проектування асфальтового покриття на дорогах та на мостах. Тепло від нагріву асфальту на мосту проникає вниз (плита) на 20 см, в той час як на підходах (дорога) може проникати на необмежену глибину і саме тому температура поверхні асфальту на мосту вища.

Перепади в літніх та зимових температурах, а також вібрації (особливо від трамваїв) приводять до відшарування вирівнюючого шару бетону. З-за еластичності асфальту в літній період тріщини не утворюються, але сам шар асфальту починає рухатись, що призводить до утворення напливів та поглиблень.

Деформації дорожнього покриття на мостах пов'язані з двома основними факторами: станом гідроізоляції [10, 23] та деформаційних швів. З джерел Інтернет та експлуатаційних організацій відомо, що дорожні організації з всього фінансування дорожніх будівельних робіт на експлуатацію мостів виділяють 4 %, а решту на дороги [11]. Капітальний ремонт дорожнього покриття на мостах виконується через 15 і більше років [12], але без ремонту гідроізоляції та деформаційних швів це викинуті гроші. Підвищення температури влітку вище проектної (для асфальтового покриття) приводить до його розм'якшення і як наслідок до напливів та поглиблень в проїзній частині. Це впливає на комфортність їзди, безпеку та створення умов для легкого проникнення вологи на плити і далі на інші елементи. Напливи досягають 10...12 см, а поглиблення ідуть на всю товщину асфальтового покриття (рис. 6).

У даному випадку рекомендовано застосування більш жорсткого складу асфальтової суміші [1, 2, 7, 8, 13, 14] з врахуванням в нормах як основного фактору не середньої температури в даному регіоні за рік, а максимальних температур в літній період з застосуванням спеціальних складів асфальтової суміші, бо саме в ці місяці іде деформація покриття [3-6].

**Покриття тротуарів.** Не зовсім вдалим виявився і проект влаштування покриття тротуарів. Даний тип покриття застосовують зарубіжні фірми і по відгуках воно добре себе зарекомендувало. Але при обстеженні тротуарів було відмічено, що виконане методом запилення захисне покриття добре себе поводить тільки у випадку чіткого дотримання технології.



Рис. 6. Тріщини, напливи та поглиблення в асфальтовому покритті проїзної частини

Вочевидь, роботи по запыленню захисного шару проводилось на не зовсім суху поверхню. При високих температурах волога перетворюється у пар, шукає вихід назовні і знаходить вихід по тріщинах. Окремі ділянки висихають нерівномірно і покриття коробиться. По всій довжині тротуарів були відмічені тріщини усадочного характеру розкриттям 0,1...0,2 мм в даному покритті (рис. 7).



Рис. 7. Відшарування захисного шару (запылення) покриття тротуарів

Для збереження даного покриття необхідно усунути причину відшарування, тобто закрити всі наявні тріщини методом запылення тим же самим складом для неможливості просочування вологи через тріщини і це треба зробити у період, коли тріщини абсолютно сухі.

**Вузол обпирання плит.** Більш масовим дефектом можна вважати розлаштування з утворенням поздовжніх тріщин стику між торцем плит автошляхового проїзду в місці їх обпирання на плиту трамвайного проїзду.

Якщо розглянути поперечний переріз проїзної частини, то можна бачити один конструктивний недолік, який приводить до появи тріщин та сколювань в бетоні плит, замоканню бетонної поверхні та верхнього поясу поздовжніх балок. Залізобетонні плити спираються на 10

поздовжніх металевих балок. Плити автошляхових проїздів спираються відповідно на 1, 2, 3 та 8, 9, 10 поздовжні балки. Плити трамвайного проїзду спираються на 4, 5, 6, 7 поздовжні балки. Консолі залізобетонних плит автошляхових проїздів безпосередньо не спираються на поздовжні балки 4 та 7, а на невеликі консоли плит трамвайного проїзду. При проїзді транспортних засобів в різних сполученнях, між двома консолями виникають переміщення різного напрямку (вниз та вгору) у залежності від того які сполучення одноразової дії транспортних засобів ми маємо. А їх багато (математично це сумарна кількість сполучень з 4 елементів по 1, по 2, по 3 та по 4). В такій ситуації тріщини в місці сполучення плит закономірні. Даний дефект зафіксовано на всіх, без винятку, прогонових будовах по всій довжині (рис. 8).



Рис. 8. Тріщини різного розкриття та сколювання

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

Переміщення вверх-вниз приводять додатково до сколювань плит в місцях сполучення. Різниця полягає тільки в товщині розкриття тріщин по швах, відшарувань бетону та сколювань (рис. 9).



Рис. 9. Сколювання бетону, замокання по шву та по плиті з вилугуванням

Додатковим фактором є наявність нещільного прилягання поверхні окремих плит автошляхового проїзду до плити трамвайного проїзду.

Тріщини, як правило, мають розкриття від 4...5 мм до 8...9 мм. Відшарування бетону на висоту до 10 см, а сколювання по розмірах до 8...10 см. Нижче наведені декілька прикладів даного дефекту.

У багатьох випадках крім сколювань та тріщин наявні значні потьоки між плитами. Це вже наслідок наявності тріщин у асфальтовому покритті через які протікає волога (зливи, талий сніг) і далі заходить в місце спирання плит і знаходить вихід на зовні. Цей дефект значно серйозніший, оскільки іде інтенсивне замокання не тільки бетону (він теж втрачає міцність), а й робочої арматури плити з корозією. Розпушення арматури при корозії приводить до значних сколювань бетону (рис. 10).



Рис. 10. Тріщини, відшарування бетону з оголенням арматури

Якщо прослідити даний дефект зверху, то у всіх випадках наверху (проїзна частина) маємо значні пошкодження покриття, поглиблення та значні напливи. Під колесами автотранспорту залишається шар не більше 2... 3 см, через який волога без перешкод потрапляє на плити. Весь

асфальт, що вижимается колесами транспорту заповнює три напливи висотою до 10...14 см (два з боків та один посередині).

**Поздовжні та поперечні балки.** При обстеженні стану основних несучих конструкцій автошляхового проїзду (поздовжні та поперечні металеві балки) відмічено їхній хороший стан на всіх прогонах за винятком підйомного прольоту (потребують фарбування). Всі балки на інших прольотах пофарбовані, не мають дефектів силового характеру (тріщин, розладнання болтових з'єднань), що є дуже позитивним моментом вдалого перепроектування.

Але в тих місцях, де розташовані деформаційні шви картина декілька інша. Незадовільний стан всіх без винятку деформаційних швів (основних та додаткових) безпосередньо впливає на стан крайніх поперечних балок та балок розташованих всередині прольоту (додатковий деформаційний шов) і поздовжніх на відстані до 1,5 м в обидві сторони від деформаційного шва.

Волога, що проникає через деформаційний шов приводить до значної корозії металу самих швів і цей бруд і іржа стікають на поздовжні та поперечні балки, що вже зараз приводить до відшарування фарбового покриття, корозії (поки що поверхової) балок.

Фото, що наведені нижче, є цьому підтвердженням (рис. 11, 12, 13).

Крім того можна бачити, що цей дефект має місце і на елементах головних ферм. Волога та бруд стікає на верхній пояс ферм і далі нижче на інші елементи.

Верхні пояси поздовжніх балок № 4 та № 7 мають початкову корозію верхнього поясу у тих випадках, якщо тріщина має значне розкриття. Це в свою чергу обумовлено тим в якому стані знаходиться покриття проїзної частини в даному місці. Волога та бруд без перешкод проникає до місця обпирання плит і далі виходить зовні через тріщину. Таким чином стан даних поздовжніх балок та плит залежить тільки від стану покриття.

Що стосується самих тріщин, то їх вплив на несучу здатність плит має місце тільки в тому випадку, якщо це призводить до сколювань торців плит. Наявність самої тріщини, як вже було сказано, є закономірною. Тріщини більшого розкриття мають місце в тих випадках, коли плита автопроїзду не має щільного спирання на

плиту трамвайного проїзду і при проході транспорту вона «грає». Дані тріщини повинні бути розкриті повністю, виконане підклинювання металевими пластинами відповідної товщини і далі закрити тріщину.

Рекомендовано сколювання відновлювати бетонною сумішшю, а самі тріщини розшити та заповнити герметиком. Цю роботу треба виконати після капітального ремонту покриття проїзної частини.



Рис. 11. Стан поздовжніх та поперечних балок поза зоною розташування деформаційних швів



Рис. 12. Приклади стану поздовжніх та поперечних балок в зоні розташування деформаційних швів



## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА



Рис. 13. Замокання та вилигування, тріщини, відшарування бетону

Для заробки поздовжніх тріщин між плитами запропоновані матеріали і технології провідних європейських виробників будівельної хімії в цій галузі, а саме: DRIZORO (Іспанія), SIKА (Швейцарія), MC-BAUCHEMIE (Німеччина), DEITERMANN (Німеччина). Більшість з них пройшла перевірку і позитивно себе зарекомендувала. В даному випадку все вирішує вартість. На сьогоднішній день існує можливість закрити тріщини методом інектування з застосуванням високотекучих в'язких низькоструктурованих полімерних композитних матеріалів. Для цих робіт рекомендовані:

- поліоліні та амініні матеріали концернів "DRIZORO" (Іспанія) і "МАРЕІ" (Італія);
- ремонтні розчини фірм "Мапей", Мапегроут-Т40 або Мапегроут-430 рекомендовані для відновлення сколювань бетону по торцях плит;
- епоксидні смоли Ceresit CD 32 (Німеччина) для герметизації стабілізованих тріщин з розкриттям до 3-х мм (більшість тріщини є саме такими);
- поліуретанової смоли більш підходять для нашого випадку, оскільки тріщини активні і знаходяться під впливом динамічних навантажень, то пропонується використовувати матеріал Ceresit CD 33 (Німеччина);
- тіоколові герметики АМ-0,5; Гидром-2; КМ-0,5; У-30МЭС-5 представляють пастоподібну масу чорного кольору з двох або трьох компонентів. Основний виробник близького

зарубіжжя – завод гумових технічних виробів (м. Казань, РФ);

- акрилові герметики еластичні, тому вони можуть бути застосовані для малорухомих, а не тільки для стаціонарних стиків тріщин. Сохне такий матеріал протягом доби;

- поліуретанові герметики відрізняються підвищеною стійкістю до дії хімічних сполук – солей, кислот, лугів та інших речовин. Мають високу швидкість висихання (первинна захисна плівка утворюється вже через півтори години після нанесення);

- герметики на основі тіоколу відрізняються високою міцністю і можуть бути застосовані в діапазоні температур від -55 до +130 градусів, а також підвищеною стійкістю до впливу зовнішніх атмосферних факторів, допускають незначну деформацію обробленої поверхні. Шов, заповнений такою речовиною, застигає приблизно через 2-3 доби;

- силіконові герметики найбільш універсальні, вони прекрасно витримують експлуатацію обробленої поверхні при температурі від -50 до +200 градусів. Первинне схоплювання шва відбувається приблизно через 30 хвилин, а повне затвердіння – через добу;

- бітумні герметики до складу яких входить бітум та гума. До переваг бітумних герметиків відносять вологостійкість, хорошу адгезію та низьку вартість.

У даному випадку тріщини мають велику протяжність та значну рухливість, а тому необхідно застосовувати герметик з підвищеною еластичністю. Послідовність робіт за даною технологією пропонується наступна:

- демонтаж пошкодженого бетону вздовж тріщин (розшивка);
- очистка поверхні після демонтажу стислим повітрям;
- очистка та антикорозійний захист арматури (якщо вона оголена);
- відновлення пошкоджених фрагментів бетону (сколювань) або заповнення швів відповідним герметиком;
- вирівнювання, шпаклювання та фарбування поверхні.

### Наукова новизна та практична значимість

Наукова зацікавленість полягає в тому, що у даному випадку ми маємо чотири несучі елементи, що розташовані поверхово: верхній пояс ферми, поперечні балки, поздовжні балки та

залізобетонні плити з асфальтовим покриттям. Сумісна їх робота не проста, а тому виникають питання забезпечення сумісної їх роботи при якій би не виникали розладнання особливо в вузлах сполучення. Що стосується спирання поздовжніх балок на поперечні, то як видно з результатів обстеження, ця проблема вирішена з високою якістю. Це досягнуто принципово іншою конструкцією вузла спирання, яка була відтворена при капітальному ремонті у 2008 році. Досягти такого результату з деформаційними швами не вдалося і тому при наступному капітальному ремонті пропонуються нові деформаційні шви двох типів які вже добре себе зарекомендували на інших об'єктах. Також надані рекомендації по корегуванню складу верхнього шару покриття на тротуарах та асфальтового покриття по проїзній частині.

### Висновки

На основі виконаної роботи, враховуючи незначний термін експлуатації автошляхового проїзду після капітального ремонту (8 років), можна засвідчити, що з розроблених проектів капітального ремонту (трамвайна колія, залізобетонні плити, поздовжні та поперечні балки, деформаційні шви, тротуари та водовідведення) більш менш позитивний результат отримано від втілення наступних проектів:

- по водовідведенню за рахунок встановлення проектної кількості водовідвідних трубок відповідного діаметру та забезпечення стоку за рахунок поздовжнього та поперечного ухилів;
- по влаштуванню тротуарів таке рішення можна вважати позитивним при чіткому виконанні технології;
- більш вдалим був проект вузлів спирання поздовжніх балок та поперечні та поперечних на верхній пояс ферм (дефекти відсутні);
- найбільш невдалим було рішення по застосуванню означених вище деформаційних швів і тому при розробці проекту капітального ремонту вони повинні бути замінені на більш досконалі і які пройшли перевірку часом;
- що стосується покриття, то тут необхідно принципово підійти до вирішення даного питання не тільки для даного моста, а взагалі для мостів з відображенням цих положень в новому проекті ГБН.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ВБН В.2.3-218-008-97. Споруди транспорту. Проектування і будівництво жорстких та з жорсткими прошарками дорожніх одягів. Зміна № 2 [Текст]. – Надано чинності 2010-12-15. – Київ : Укравтодор, 2010. – 11 с.
2. ДБН Б В.2.3-4:2007. Автомобільні дороги. Частина І. Проектування. Частина ІІ. Будівництво [Текст]. – Надано чинності 2007-10-31. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2007. – 91 с.
3. ДСТУ Б В.2.7-119:2011. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон дорожній та аеродромний. Технічні умови [Текст]. – Надано чинності 2011-12-30. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2012. – 59 с.
4. ДСТУ Б В.2.7-127:2015. Суміші асфальтобетонні і асфальтобетон щебенево-мастикові. Технічні умови [Текст]. – Надано чинності 2015-08-10. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2015. – 30 с.
5. ВБН В 2.3-218-186-2004. Споруди транспорту. Дорожній одяг нежорсткого типу [Текст]. – Надано чинності 2005-01-01. – Київ : Укравтодор, 2004. – 154 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-89-99 (ГОСТ 12801-98). Будівельні матеріали. Матеріали на основі органічних в'язучих для дорожнього і аеродромного будівництва. Методи випробувань [Текст]. – Надано чинності 2000-01-01. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2000. – 75 с.
7. ДБН В.2.3-4-2000. Споруди транспорту. Автомобільні дороги. Видання офіційне зі змінами 1, 2, 3 [Текст]. – Надано чинності 2000-07-01. – Київ : Державний комітет будівництва, архітектури та житлової політики України, 2000. – 114 с.
8. ГБН Г.1-218-182:2011. Ремонт автомобільних доріг загального користування. Види ремонтів та перелік робіт [Текст]. – Надано чинності 2011-12-01. – Київ : Укравтодор, 2011. – 10 с.
9. ДСТУ-Н Б В.2.3-23:2009. Настанова з оцінювання і прогнозування технічного стану автодорожніх мостів [Текст]. – Надано чинності 2009-11-11. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – 54 с.
10. ВБН В.2.3.-218-197.2005. Споруди транспорту. Проектування та влаштування гідроізоляції залізобетонних мостових споруд [Текст]. – Надано чинності 2005-05-27. – Київ : Укравтодор, 2005. – 23 с.
11. ВБН Д.2.1-218-048-2002. Відомчі кошторисні норми на проектно-вишукувальні роботи. Обстеження мостів [Текст]. – Надано чинності 2003 06 19. – Київ : Укравтодор, 2002. – 14 с.
12. ВБН Г.1-218-050-2001. Міжремонтні строки експлуатації дорожніх одягів та покриттів на

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

- автомобільних дорогах загального користування [Текст]. – Надано чинності 2001-12-26. – Київ : Укравтодор, 2001. – 9 с.
13. ДСТУ-Н Б В.2.3-38:2016. Настанова з влаштування захисних шарів зносу покриття дорожнього одягу автомобільних доріг [Текст]. – Надано чинності 2016-06-14. – Київ : Укравтодор, 2016. – 29 с.
  14. ВБН В.2.3-218-178-2004. Влаштування поверхневих обробок покриття автомобільних доріг на основі бітумних емульсій [Текст]. – Надано чинності 2004-11-23. – Київ : Укравтодор, 2004. – 20 с.
  15. Пат. 111245. Україна, МПК E01D 19/00. Деформаційний шов [Текст] / Солдатов К. І., Ключник С. В. (Україна) ; заявник та патентовласник Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту ім. акад. В. Лазаряна. – № u 201603377 ; заявл. 01.04.2016 ; опубл. 10.11.2016, Бюл. № 21. – 4 с.
  16. Деформационные швы автодорожных мостов [Текст] : учеб. пособие / И. Г. Овчинников, В. В. Раткин, В. Н. Макаров, А. А. Пискунов. – Казань : КГСА, 2003. – 137 с.
  17. Ефанов, А. В. Основные требования, предъявляемые к современным конструкциям деформационных швов мостовых сооружений [Текст] / А. В. Ефанов // Проблемы железнодорожного транспорта в условиях реформирования отрасли: сб. тезисов докладов науч.-практ. конф. – Саратов : ОАО «Приволжское книжное издательство», 2004. – С. 34-36.
  18. Корнеев, М. М. Стальные мосты. Теоретическое и практическое пособие по проектированию [Текст] / М. М. Корнеев. – Киев, 2003. – 547 с.
  19. Методические рекомендации по проектированию и устройству конструкций деформационных швов в автодорожных и городских мостах и путепроводах [Текст]. – Москва : Союздорнии, 1980. – 85 с.
  20. Рекомендации по ремонту и уходу за деформационными швами в малых и средних мостах. Минавтодор РСФСР [Текст]. – Москва : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1989. – 52 с.
  21. Шестериков, В. И. Ремонт деформационных швов эксплуатируемых автодорожных мостов [Текст] / В. И. Шестериков // Строительство и эксплуатация автомобильных дорог. – Москва : ЦБНТИ Минавтодора РСФСР, 1976. – Вып. 5. – 51 с.
  22. ГБН В.2.3-218-534:2011. Споруди транспорту. Оцінювання стану бетонного покриття автомобільних доріг [Текст]. – Надано чинності 2011-01-18. – Київ : Укравтодор, 2011. – 21 с.
  23. ГБН В.2.3-218-003:2010. Технологія улаштування гідроізоляції проїзної частини автодорожніх мостів і шляхопроводів із застосуванням полімерних матеріалів та водонепроникного бетону [Текст]. – Надано чинності 2010-08-16. – Київ : Укравтодор, 2010. – 42 с.

К. І. СОЛДАТОВ<sup>1\*</sup>, В. А. МИРОШНИК<sup>2</sup>, С. В. КЛЮЧНИК<sup>3</sup>, Ю. Л. ЗАЯЦ<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> ОНИЛ искусственных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (096) 527 26 01, эл. почта kim-kim@i.ua

<sup>2</sup> ОНИЛ искусственных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (097) 828 64 87, эл. почта migoshnik\_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

<sup>3</sup> ОНИЛ искусственных сооружений, Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (050) 667 40 49, эл. почта ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

<sup>4</sup> Кафедра «Безопасность жизнедеятельности», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, Днепр, Украина, 49010, тел. +38 (067) 704 74 33, эл. почта zyl41@mail.ru

## АНАЛИЗ СОСТОЯНИЯ НЕСУЩИХ КОНСТРУКЦИЙ АВТОДОРОЖНОГО ПРОЕЗДА СОВМЕЩЕННОГО МОСТА ЧЕРЕЗ РЕКУ ДНЕПР В Г. ДНЕПРЕ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ОБСЛЕДОВАНИЯ

**Цель.** Целью данной работы является анализ причин расстройства работы железобетонных плит авто- и трамвайных проездов в месте их опирания, неудовлетворительное состояние асфальтобетонного покрытия и особенно деформационных швов. **Методика.** Состояние основных несущих конструкций автодорожного проезда исследовалось визуально с фиксацией конструктивных элементов, узлов соединения и дефектов на многочисленных фото. Проведена инструментальная съемка плана и профиля по всей длине мостового перехода и на подходах, выполнено испытание прочности бетона неразрушающим способом. **Результаты.**

© К. І. Солдатов, В. А. Мірошник, С. В. Ключник, Ю. Л. Заяць, 2018

Результатом данной работы являются предоставленные рекомендации относительно причин расстройств работы железобетонных плит, деформационных швов и появления других дефектов, которые влияют на несущую способность, выносливость и безопасность. **Научная новизна.** Научная заинтересованность заключается в том, что в данном случае мы имеем четыре несущих элемента, которые расположены этажно: верхний пояс фермы, поперечные балки, продольные балки и железобетонные плиты. Совместимая их работа не простая, а потому возникают вопросы обеспечения совместимой их работы без расстройств узлов опирания. Дополнительные проблемы возникают за счет наличия двух трамвайных путей. **Практическая значимость.** Опираясь на полученные данные и выполненный анализ причин возникновения дефектов, представлены рекомендации по устранению дефектов, замене деформационных швов на более совершенные, усиления узла опирания плит и применению более надежного асфальтобетонного покрытия.

*Ключевые слова:* обследование; пролетное строение; автодорожный проезд; трамвайный проезд; деформационные швы; испытание; инструментальная съемка; совмещенный мост

K. I. SOLDATOV<sup>1\*</sup>, V. A. MIROCHNIK<sup>2</sup>, S. V. KLUTCHNIK<sup>3</sup>, Y. L. ZAYATS<sup>4</sup>

<sup>1\*</sup> Industrial research laboratory of artificial structures, Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryana Str., 2, Dnepr, Ukraine, 49010, tel. +38 (096) 527 26 01, e-mail kim-kim@i.ua

<sup>2</sup> Industrial research laboratory of artificial structures, Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryana Str., 2, Dnepr, Ukraine, 49010, tel. +38 (097) 828 64 87, e-mail miroshnik\_vetal@mail.ru, ORCID 0000-0002-8115-0128

<sup>3</sup> Industrial research laboratory of artificial structures, Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryana Str., 2, Dnepr, Ukraine, 49010, tel. +38 (050) 667 40 49, e-mail ssser05@ukr.net, ORCID 0000-0001-7771-8377

<sup>4</sup> Department «Life Safety», Dnepropetrovsk national university of railway transport named after academician V. Lazaryan, Lazaryana Str., 2, Dnepr, Ukraine, 49010, tel. +38 (056) 373 15 81, e-mail: zyl41@ukr.net

## ANALYSIS OF THE CONDITION OF THE BEARING STRUCTURES OF THE ROAD TRAVELPASS OF THE COMBINED BRIDGE ACROSS THE DNIPRO RIVER IN THE DNIPRO CITY ACCORDING TO THE SURVEY RESULTS

**Purpose.** An aim of the work is an analysis of reasons of discord of work of reinforce-concrete slabs of highway- and tram-car passages in the place of their leaning, unsatisfactory state of asphalt layer and especially expansion joints. **Methodology.** The state of basic load carrying structures of highway passage was investigated visually with fixing of structural elements, joints and defects on numerous photos. The instrumental survey of plan and profile is conducted on all length of bridge transition and on approaches, the test of durability of concrete is executed by a non-destructive method. **Findings.** A performance yielded are the given recommendations in relation to reasons of discord of work of reinforce-concrete slabs, expansion joints and appearance of other defects, that influence the bearing capacity, endurance and safety. **Originality.** The scientific interest is based on that in this case we have four bearing elements that are located storied: upper belt of truss, cross-beams, stringers and reinforce-concrete slabs. Their coupled work is not simple, and that is why there are questions of providing of their joint work without the support joints failure. Additional problems arise up due to the presence of two tram-car ways. **Practical value.** Based on the obtained data and executed analysis of reasons of defects, given the recommendation on the removal of defects, replacement of expansion joints on more perfect ones, strengthening of knot of slab supports and to application of more reliable asphalt layer.

*Keywords:* inspection; flight structure; road passage; tram passage; expansion joints; test; instrumental survey; combined bridge

### REFERENCES

1. VBN V.2.3-218-008-97. *Sporudy transportu. Proektuvannja i budivnyctvo zhorstkykh ta z zhorstkymy prosharkamy dorozhnykh odjaghiv. Zmina № 2* [Constructions of transport. Design and construction of rigid and rigid layers of road clothes. Change No. 2]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2010. 11 p.
2. DBN B V.2.3-4:2007. *Avtomobiljni doroghy. Chastyna I. Proektuvannja. Chastyna II. Budivnyctvo* [Roads. Part I. Design. Part II. Construction]. Kyjiv, Minreghionbud Ukrainy Publ., 2007. 91 p.

## МОСТИ ТА ТУНЕЛІ: ТЕОРІЯ, ДОСЛІДЖЕННЯ, ПРАКТИКА

3. *DSTU B V.2.7-119:2011. Sumishi asfaljtobetonni i asfaljtobeton dorozhnij ta aerodromnyj. Tekhnichni umovy* [Mixtures of asphalt concrete and asphalt concrete road and airfield. Specifications]. Kyjiv, Minregionbud Ukrainy Publ., 2012. 59 p.
4. *DSTU B V.2.7-127:2015. Sumishi asfaljtobetonni i asfaljtobeton shhebenevo-mastykovi. Tekhnichni umovy* [Mixtures of asphalt concrete and asphalt concrete rubble-mastic. Specifications]. Kyjiv, Minregionbud Ukrainy Publ., 2015. 30 p.
5. *VBN V 2.3-218-186-2004. Sporudy transportu. Dorozhnij odjagh nezhorstkogho typu* [Constructions of transport. Road clothes of a non-rigid type]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2004. 154 p.
6. *DSTU B V.2.7-89-99 (GhOST 12801-98). Budiveljni materialy. Materialy na osnovi orghanichnykh v'jazhuchykh dlja dorozhnjogho i aerodromnogho budivnyctva. Metody vyprobuvanj* [Building materials. Materials based on organic binders for road and airfield construction. Test methods]. Kyjiv, Minregionbud Ukrainy Publ., 2000. 75 p.
7. *DBN V.2.3-4-2000. Sporudy transportu. Avtomobiljni doroghy. Vydannja oficijne zi zminamy 1, 2, 3* [Constructions of transport. Roads. Official publication with changes 1, 2, 3]. Kyjiv, Derzhavnyj komitet budivnyctva, arkhitektury ta zhytlovoji polityky Ukrainy Publ., 2000. 114 p.
8. *GhBN Gh.1-218-182:2011. Remont avtomobilnykh dorozh zagaljnogho korystuvannja. Vydy remontiv ta perelik robit* [Repair of public roads. Types of repairs and a list of works]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2011, 10 p.
9. *DSTU-N B V.2.3-23:2009. Nastanova z ocinjuvannja i prohnozuvannja tekhnichnogho stanu avtodorozhnykh mostiv* [Guidelines for estimating and forecasting the technical condition of road bridges]. Kyjiv, Minregionbud Ukrainy Publ., 2009. 54 p.
10. *VBN V.2.3.-218-197.2005. Sporudy transportu. Proektuvannja ta vlashtuvannja ghidroizoljaciji zalizobetonnykh mostovykh sporud* [Constructions of transport. Design and installation of waterproofing of reinforced concrete bridges]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2005. 23 p.
11. *VBN D.2.1-218-048-2002. Vidomchi koshtorysni normy na proektno-vyshukuvaljni roboty. Obstezhennja mostiv* [Departmental cost estimates for design and survey works. Inspection of bridges]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2002. 14 p.
12. *VBN Gh.1-218-050-2001. Mizhremontni stroky ekspluataciji dorozhnykh odjaghiv ta pokryttiv na avtomobilnykh dorogakh zagaljnogho korystuvannja* [Inter-repair periods of road and road maintenance]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2001. 9 p.
13. *DSTU-N B V.2.3-38:2016. Nastanova z vlashtuvannja zakhysnykh shariv znosu pokryttja dorozhnjogho odjaghu avtomobilnykh dorozh* [A guide to placing protective layers of wear on the road surface of road vehicles]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2016. 29 p.
14. *VBN V.2.3-218-178-2004. Vlashtuvannja poverkhnevnykh obrobok pokryttja avtomobilnykh dorozh na osnovi bitumnykh emulsijs* [Arrangement of surface treatments covering roads on the basis of bituminous emulsions]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2004. 20 p.
15. Pat. 111245. UA, MPK E01D 19/00. Deformacijnyj shov [Strain seam]: K. I. Soldatov, S. V. Kljuchnyk (UA); zajavnyk ta patentovlasnyk Dnipropetrovs'kij nacional'nyj universytet zaliznychnogho transportu im. akad. V. Lazarjana (UA). - № u 201603377; zajavl. 01.04.2016; opubl. 10.11.2016, Bjul. № 21. 4 p.
16. Ovchynnykov Y. Gh., Ratkyn V. V., Makarov V. N., Pyskunov A. A. Deformacionnye shvy avtodorozhnykh mostov [Expansion joints of road bridges]: ucheb. posobyje. Kazanj, KGhSA Publ., 2003. 137 p.
17. Efanov A. V. Osnovnye trebovanuja, pred'javljajemye k sovremennym konstrukcijam deformacionnykh shvov mostovykh sooruzhenij [Basic requirements for modern structures of expansion joints of bridge structures]. *Problemy zheleznodorozhnogho transporta v uslovyjakh reformyrovannja otrasly: sb. tezysov dokladov nauch.-prakt. konf. Saratov, OAO «Pryvolzhskoe knyzhnoe yzdateljstvo»* Publ., 2004. pp. 34-36.
18. Korneev M. M. Stal'nye mosty. Teoreticheskoe i prakticheskoe posobie po proektirovaniju [Steel bridges. Theoretical and practical manual design]. Kiev, 2003. 547 p.
19. Metodicheskie rekomendacii po proektirovaniju i ustrojstvu konstrukcij deformacionnykh shvov v avtodorozhnykh i gorodskih mostah i puteprovodah [Guidelines for the design and construction of expansion joints in road and urban bridges and overpasses]. Moskow, Sojudornii Publ., 1980. 85 p.
20. Rekomendacii po remontu i uhodu za deformacionnymi shvami v malyh i srednih mostah. Minavtodor RSFSR [Recommendations for the repair and care of expansion joints in small and medium]. Moskow, CBNTI Minavtodora RSFSR Publ., 1989. 52 p.
21. Shesterikov V. I. Remont deformacionnykh shvov jekspluatiruemykh avtodorozhnykh mostov [Repair of expansion joints of used road bridges]. *Stroitel'stvo i jekspluatacija avtomobil'nyh dorozh – Construction and operation of roads*. Moskow, CBNTI Minavtodora RSFSR Publ., 1976, Vyp. 5. 51 p.

22. *GhBN V.2.3-218-534:2011. Sporudy transportu. Ocynjuvannja stanu betonmogho pokryttja avtomobilnykh dorigh* [Constructions of transport. Assessment of the condition of concrete pavement of roads]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2011. 21 p.
23. *GhBN V.2.3-218-003:2010 Tekhnologhija ulashtuvannja ghidroizoljaciji projiznoji chastyny avtodorozhnykh mostiv i shljakhoprovodiv iz zastosuvannjam polimernykh materialiv ta vodonepronyknogho betonu* [Technology of arrangement of waterproofing of travel part of road bridges and overpasses with the use of polymeric materials and waterproof concrete.]. Kyjiv, Ukravtodor Publ., 2010. 42 p.

Надійшла до редколегії 19.10.2018.

Прийнята до друку 26.11.2018.