

УДК 624.21.095
UDC 624.21.095

АНАЛІЗ ІСНУЮЧИХ ПІДХОДІВ ПРОЕКТУВАННЯ ЗОН СПОЛУЧЕННЯ МОСТІВ З НАСИПАМИ

ANALYSIS OF EXISTING APPROACHES DESIGNING ZONES CONNECTING OF BRIDGES WITH EMBANKMENTS



Кушнір Олександр Володимирович, Національний транспортний університет, кафедра дорожньо-будівельних матеріалів і хімії, аспірант, dornii48@gmail.com, +380974432495,

<https://orcid.org/0000-0002-2487-4234>

Анотація. Перші дефекти в перехідній зоні, між прогоновою будовою мостів і насипами підходів, як правило, з'являються дуже швидко. Це було постійною проблемою і для автомобільних і для залізничних мостів. В той же час, в Україні та в інших країнах бувшого радянського союзу, серйозні дослідження, щодо покращення експлуатаційних властивостей цього вузлу не проводили з 1970-х років.

Різниця міцності дорожнього одягу на мостовій прогоновій будові (їздовому полотні) та у зоні насипу дороги є фундаментальним питанням. І вона, ця різна міцність, негативно впливає на експлуатаційний стан транспортних засобів, самої споруди, комфорт пасажирів.

Визначення механізму деградації зони сполучення насипу з мостом та факторів, що впливають на зменшення швидкості деградації дорожнього одягу в зону переходу моста є складною задачею. Нажаль, ця проблема не вирішена. А ремонтні заходи є достатньо витратними і не завжди забезпечують бажаний результат.

У цій статті проведено аналіз доступної літератури щодо проектування, будівництва, ремонту, експлуатації, моніторингу та досліджень зони сполучення мосту з насипом, її їздового полотна. Стаття містить результати літературного огляду, присвячений питанням конструкції та конструкції перехідної плити. В даний час посібники для проектувальників не доступні, що вимагає від практикуючих інженерів та державних департаментів транспорту покладатися на досвід та часте обслуговування. Такий посібник рекомендується розробити для того, щоб розпочати процес стандартизації конструкцій плит для під'їздів до мосту.

Ключові слова: підходи до мостів, дорожній одяг, асфальтобетонне покриття, перехідна плита, стоян, проїзна частина.

Вступ. Основним завданням влаштування перехідних плит у місцях сполучення мостів з автомобільною дорогою є забезпечення плавного переходу від конструкції насипу підходу до більш жорсткої конструкції прогонової будови мосту. В той же час, у процесі експлуатації транспортних споруд виникають різні види дефектів, що значно погіршують безпеку руху та знижують довговічність мостів, а також конструкції дорожнього одягу у зоні спряження [1-5].

Мета і методи. Метою даних досліджень було провести аналіз доступної літератури щодо проектування, будівництва, ремонту, експлуатації, моніторингу та досліджень зони сполучення мосту з насипом, її їздового полотна.

Результати і пояснення. Зрозуміло, що сучасні конструкції сполучення прогонової будови і насипів підходів мостів пройшли великий шлях вдосконалення.

Аналіз різних рішень, щодо поліпшення експлуатаційних якостей вузла сполучення мостів і шляхопроводів з насипом дороги до 2000-х років показує, що всі вони можуть бути поділені на два основні типи, а саме:

- з застосуванням перехідних плит;
- без застосування перехідних плит.

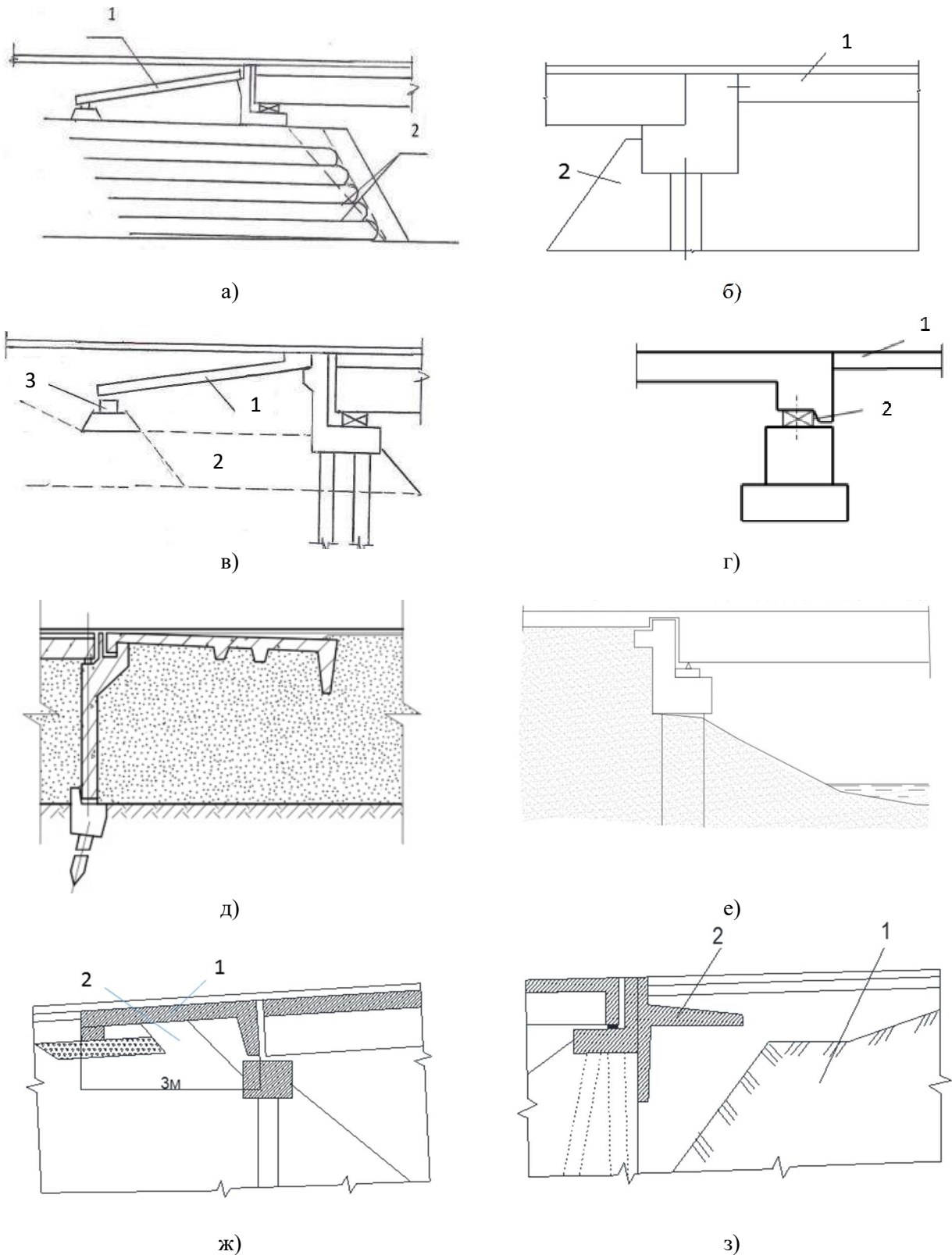


Рисунок 1 - Види сполучень постів з підходами [3, 4, 6]: 1 - перехідна плита; 2 - ґрунт насипу підходів.

Figure 1 - Connection means of overpasses construction with approach [3, 4, 6]: 1 - cross-over plate; 2 - the soil is ramped up.

В статтях сучасних науковців [6, 7, 4] можна зустріти багато інформації щодо позитивного застосування стоянів інтегрального (полуінтегрального) типів. Також, деякі науковці виділяють окрему групу мостів без перехідних плит з поліпшенням властивостей ґрунтів насипу (укріплення

грунту за рахунок додавання добавок, влаштування геосинтетичних прошарків, дренажних систем). В той же час застосування залізобетонних перехідних плит - досить простий і ефективний спосіб забезпечення рівності в місцях сполучення мосту з насипом. Крім цього, це рішення перевірене часом. Таке рішення використовується у вітчизняній практиці з 70-х років минулого століття після впровадження рекомендацій, розроблених в «СоюздорНИИ» [8-11], які використовують з [12].

Відомо багато технічних рішень, спрямованих на зниження зазначених негативних ефектів [3-6] (Рис. 1). Не всі рішення знайшли застосування на практиці, деякі, так і залишилися незатребуваними проектувальниками і будівельниками через відсутність експериментальної перевірки їх ефективності.

В Україні мостовики-дорожники користуються [12]. І на це є, як мінімум дві причини:

- в Україні близько 16 тис. мостів з яких більше половини влаштовано з перехідними плитами;
- інших посібників чи нормативних документів, просто не має.

Метод застосування перехідних має, як ряд переваг [8, 9], так свої недоліки.

До переваг можна віднести те, що при застосуванні перехідних плит зазвичай забезпечується плавний перехід від конструкції насипу підходу до більш жорсткої конструкції прогонової будови мосту. Крім цього, це один з дешевших і доступних (простіших) способів, як будівництва так і експлуатації.

Серед недоліків можна назвати, що у разі типового сполучення стояна з насипом підходу перехідною плитою конструктивно забезпечується шарнірне сполучення плити зі шафовою частиною стояна [4, 5]. В той же час, деформаційний шов над стояном сприяє виникненню ударів від коліс транспортних засобів, що рухаються по ньому, а перехідною плитою не гарантовано непопадання води з проїзної частини до конструкції стояна. Шарнірне з'єднання перехідної плити з стояном теж не забезпечує водонепроникнення і, таким чином, вода потрапляє всередину ґрунтового масиву насипу, що викликає його часткове ущільнення, яке проявляється в просіданні насипного ґрунту. Крім того, через динамічний вплив рухомих навантажень ґрунт насипу під перехідною плитою ущільнюється, і інтенсивність горизонтального тиску ґрунту на стоян збільшується.

Так, дослідження «СоюздорНИИ» виконували з розумінням необхідності комплексного підходу до проектування та будівництва мостів з насипами - «міст - земляне полотно - покриття». Але за основний критерій оцінки в 70-х роках приймали плавність проїзду по сполученню, яку визначали допустимими вертикальними прискореннями, яких зазнає автомобіль при проході нерівності. При тому, що сучасна норма згідно з 3.5.1 [15] у місцях сполучення насипу земляного полотна із стояками мостів і шляхопроводів не допускається осідання глибиною більше ніж 4 см.

А розрахунковим типом автомобіля було прийнято легковий, найбільше вертикальне прискорення якого прийнято $2,9 \text{ м/с}^2$.

Сьогодні, маючи велику кількість транспортних споруд з перехідними плитами ми спостерігаємо такі дефекти покриття, як тріщини та просідання, але розглядаємо їх з позицій довговічності. Тобто, властивості системи «міст - земляне полотно - покриття - деформаційний шов», яка здатна довго зберігати працездатність до настання граничного стану при певних умовах експлуатації.

Вирішення будь-якої проблеми слід починати з аналізу. Але для того, щоб виконати якісний аналіз таких дефектів важливо розуміти, ці дефекти виникають в процесі експлуатації, як наслідок не дотримання або недосконалої технології, або вони виникають, як результат помилки проєктанта. В Україні має місце і ще одна причина - великоваговий транспорт, з наднавантаженнями на вісь. Прослідкувати це в Україні видається майже нереальним. Для цього має працювати серйозна система моніторингу, якої не має. А також, у більшості випадків не має даних у паспортах на споруди, які Укравтодор спільно з ДП ДерждорНДІ намагаються розробити. До слова, зроблено багато, а зробити потрібно ще більше.

Суттєвим недоліком вважаю той факт, що в діючих документах [8-10] не достатньо інформації для прийняття технічних рішень інженерами-проєктантами на етапі нового будівництва та капітального ремонту. Деякі рішення, зокрема, щодо заглиблення перехідної плити виглядають не достатньо обґрунтованими.

Згідно одних даних [8-12] залежно від типу покриття, що влаштовується на підходах до мосту, застосовують такі типи перехідні плити - напівзаглиблені (Рисунок 2.б), якщо від верху плити до верху покриття дорожнього одягу відстань 45 мм і плити заглиблені (Рисунок 2.в), якщо від верху плити до верху покриття дорожнього одягу відстань 75 мм. З інших [13, 14], перехідні плити напівзаглиблені, якщо від низу плити до верху покриття дорожнього одягу відстань 45 мм.

Згідно з п. 11 [8] глибину укладання від поверхні покриття до верху перехідною плити у обпирання її на шафову стінку (а) і на кінці плити (б) приймають по табл. 1.

Таблиця 1

Тип переходних плит	Розміри, см	
	а	б
Напівзаглиблені	12	45
Заглиблені	30	70

Довжину переходних плит призначають в залежності від очікуваних осад тіла і основи земляного полотна.

При недостатності даних про фізико-механічні характеристики ґрунтів довжину плит приймають в залежності від висоти насипу і гідрогеологічних умов її заснування по табл. 2.

Таблиця 2

Висота насипу, м	Довжина плит, м, при ґрунтах основания насипу	
	малостискаємих	підвищеної стискаємості
2-4	4	4
4-5	4	6
5-6	4-6	6-8
6-7	6	8
7-8	6	8
Більше 8	8	8

Примітка: До малостискаємих ґрунтів (Табл. 3) відносяться піски вологі і насичені водою, супіски слабозволожені, суглинки твердопластичні і т.п.; до ґрунтів підвищеної стискаємості - супіски вологі, суглинки тугoplastичні і т.п.

Є ще одна суттєва несправедливість, вимоги щодо конструкції дорожнього одягу [9] давно застаріли. На вулиці 2020 рік, у нас сучасна будівельна техніка, ми використовуємо велику кількість сучасних модифікуючих добавок для ДБМ [16], маємо нові вимоги до мінімальних товщини ДБМ в конструкції дорожнього одягу та нові уточнені розрахункові характеристики для матеріалів.

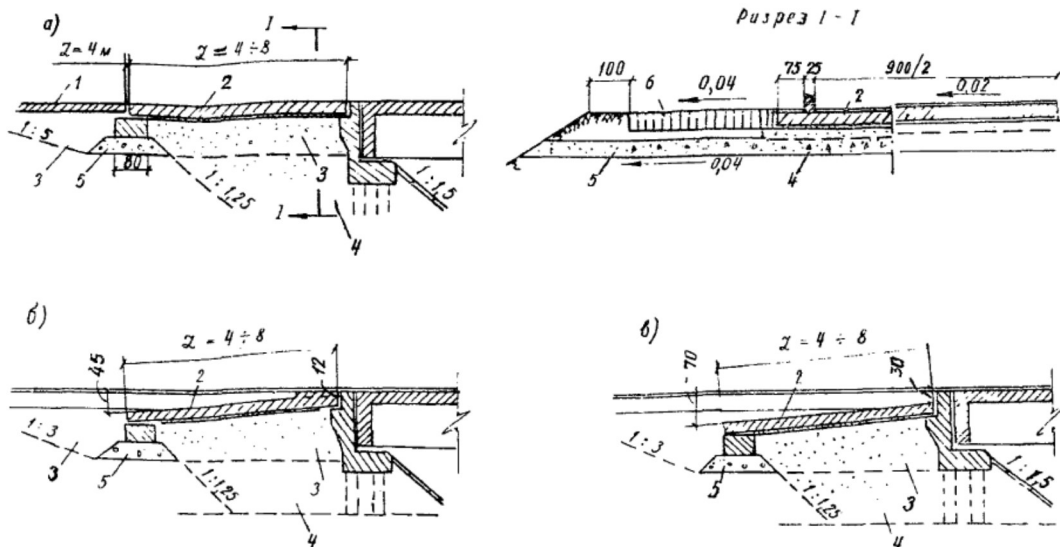


Рисунок 2 – Конструкції сполучення моста з насипом для цементобетонних покриттів (а) і для асфальтобетонних покриттів - напівзаглибленої плити (б), заглибленої плити (в): де 1 - проміжна плита; 2 - переходна плита; 3 - крупно- і середньозернистий пісок; 4 - дренажний ґрунт; 5 - гравійно-щебенева подушка; 6 - укріплений ґрунт або асфальтобетон

Figure 2 – Constructions connection of the bridge with embankment for cement-concrete coatings (a) and for asphalt concrete coatings- semi-insulated plate (b), deepened plate (c): where 1 - intermediate plate; 2 - transition plate; 3 - large and medium grained sand; 4 - drainage soil; 5 - gravel-rubble pillow; 6 - reinforced soil or asphalt concrete

Сполучення мостів з насипом без застосування перехідних плит і спеціальних заходів взагалі не витримують ніякої критики. Навіть в тих випадках, коли ми даємо насипу підходів вистоятися (стабілізуватися) два і більше років, що сьогодні, просто не реально.

В [17, 18] інформації про заглиблені перехідні плити не має.

За кордоном в 1997-1999 роках були проведені дослідження [5], які дозволили запропонувати наступні заходи:

1. Прийняти нові порогові обсяги руху, вищі за встановлені раніше, для обов'язкового використання перехідних плит. Новий ліміт 1700 транспортних засобів на день на смугу руху та 250 транспортних засобів на годину на смугу руху, що відображає реальну пропускну здатність.

2. Вимагати використання перехідних плит для мостів при новому будівництві на всіх автодорогах, коли проектний обсяг руху перевищує обидва пороги. Усі проекти повинні бути погоджені з Державним Дорожнім Управлінням та мостовим інженером.

3. Коли перехідні плити влаштовано, їх треба перевірити на предмет відповідності проектного розрахунку та реального трафіку.

4. Перехідні плити потрібно будувати на повну ширину проїзної частини мосту (від бордюру до бордюру) щоб мінімізувати попадання води в насип.

5. Переконайтеся, що довжина перехідної плити сумісна з очікуваним осіданням ґрунтової основи насипу. Більш довгі перехідні плити слід влаштовувати у випадках, що передбачають дуже «м'яку» основу ґрунту та/або високі насипи для забезпечення більш поступового переходу.

6. Перехідні плити мостів побудовані на дорогах з асфальтобетонним покриттям і на неінтегральних мостах влаштовують нижче «червоної лінії» на 50 до 100 мм (глибина для полегшення фрезерування і дозволяє влаштувати дренаж між тротуаром і базовим підходом плити. Запропоновано проект, де кінець перехідної плити заглиблено на 700 мм нижче поверхні і похилий від стояна (рис. 3). Ця деталь дозволяє розміщення повного перекриття покриття на вершині підходу плити і забезпечує дренажування води подалі від задньої стінки.

7. У всі звіти про геологію для всіх проектів мостів включати: повний розрахунковий аналіз надр та надання рекомендацій, щодо поліпшення ґрунту, що стосується будівництва підходів. Влаштування підходів мосту повинні розглядатися, як окреме питання проектування, з врахуванням конкретних ґрунтів, об'ємів руху, типу будови та інших особливостей експлуатації. Повинні бути виділені ресурси для виконання цих завдань, переглянуті та доповнені нормативні вимоги.

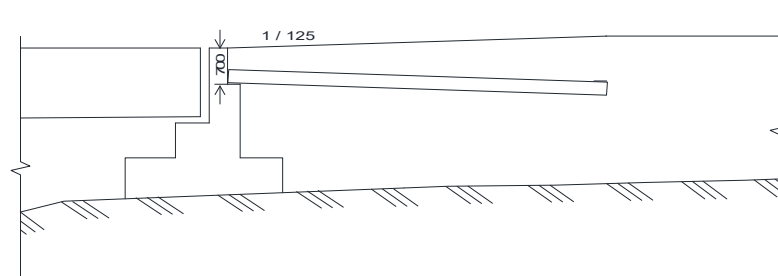


Рисунок 3 - Перехідна плита, та деякі конструктивні особливості [5]
Figure 3 - Proposed Approach Slab Details for Non-Integral Bridges [5]

8. Прийняти технічні характеристики матеріалів заповнювача, для будівництва мостового підходу, спрямовані на мінімізацію осідання насипу.

9. За можливості, влаштовувати нахил перехідної плити мосту до 1/125. Запропоновано цю концепцію впроваджувати поступово протягом 2 або 3 років для моніторингу та оцінки ефективності.

Висновки. Перехідні плити - важливий елемент для довгострокової експлуатації в задовільному стані мостів та шляхопроводів.

Огляд літератури розкриває деякі проблеми застосування перехідних плит мостових споруд та причини їх виникнення (нахил плити), сучасні конструктивні особливості (форма, розміри, способи кріплення плити), висновки, щодо проектування та обслуговування та рекомендації, які були зроблені для покращення експлуатаційних характеристик та терміну служби. У цій статті проведено аналіз

доступної літератури, щодо проектування, будівництва, ремонту, експлуатації, моніторингу та досліджень зони сполучення мосту з насипом, її їздового полотна. Стаття містить результати літературного огляду, присвяченого питанням конструкції дорожнього одягу та конструкції перехідної плити. Перехідні плити можуть бути різних геометричних розмірів і влаштовуватись з різним нахилом в тілі насипу, а це вимагає від проєктантів застосовувати індивідуальні рішення для дорожнього одягу. В даний час посібники для проєктувальників не доступні, що вимагає від інженерів-проєктантів та державних дорожніх служб покладатися на досвід та часте обслуговування. Такий посібник рекомендується розробити для того, щоб розпочати процес стандартизації конструкцій зон сполучення мостів з насипами.

Перелік посилань.

1. Кушнір О. В. Забезпечення довговічності дорожнього одягу на підходах до мостів з асфальтобетонним покриттям
2. Пегин П. А. Обеспечение ровности дорожного покрытия и безопасности движения транспортных средств в местах сопряжения моста с насыпью / Пегин П. А., Лапин А. В. // ВЕСТНИК. Московский автомобильно-дорожный государственный технический университет (МАДИ). - 2012. - № 3(30). - С. 92-95.
3. Попов В. И. Способы сопряжения конструкций путепроводов с насыпями подходов / Попов В. И., Прохоров А. А. // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ». - 2014. - № 5(24). <http://naukovedenie.ru>
4. Попов В.И. Совершенствование конструкции сопряжения путепроводов с насыпью путем применения интегральных устоев <http://web.snauka.ru/issues/2017/03/79830>
5. C. Gallage, B. Dareeju, S. Dhanasekar State-of-the-art: track degradation at bridge transitions
6. Muttoni A., Dumont A.-G., Burdet O., Savvilitidou M., Einpaul J., Nguyen M.L., Experimental verification of integral bridge abutments, Rapport OFROU, Switzerland, 2013, 86 p.,
7. Damien Dreier, Dr., Civil Eng.; Olivier Burdet, Dr., Civil Eng.; Aurelio Muttoni, Prof., Dr., Civil Eng.; EPFL-IBETON, Lausanne, Switzerland. Contact: damien.dreier@a3epfl.ch DOI: 10.2749/101686611X12994961034174 Transition Slabs of Integral Abutment Bridges
8. Методические рекомендации по проектированию и строительству сопряжений автодорожных мостов и путепроводов с насыпью / Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт (СОЮЗДОРНИИ). - Москва. - 1971
9. Методические рекомендации по проектированию и строительству сопряжений автодорожных мостов и путепроводов с насыпью / Государственный всесоюзный дорожный научно-исследовательский институт (СОЮЗДОРНИИ). - Москва. - 1975 (Діючий)
10. ДБН В.2.3-14:2006 Споруди транспорту. Мости та труби. Правила проєктування [Чинний від 2005-09-03]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 20 с. – (Національні стандарти України)
11. ДБН В.2.3-22:2009. Споруди транспорту. Мости та труби. Основні вимоги проєктування [Чинний від 2005-09-03]. – К.: Держспоживстандарт України, 2008. – 20 с. – (Національні стандарти України)
12. Типовые конструкции, изделия и узлы зданий и сооружений Серия 3.503.І-96 Сопряжение автодорожных мостов и путепроводов с насыпью, ВЫПУСК О-І, Конструкции сопряжения материалы для проектирования
13. <https://helpiks.org/9-12198.html>,
14. <http://delostroiika.ru/wood-stroi/construction/3426-proezhaya-chast-dlya-avtodorozhnyh-mostov-i-sopryazhenie-ih-s-nasypami.html>
15. ДСТУ 3587-97 Безопасность дорожного движения Автомобильные дороги, улицы и железнодорожные переезды / Требования к эксплуатационному состоянию
16. Каталог сучасних матеріалів для будівництва, ремонтів та експлуатаційного утримання автомобільних доріг загального користування / ДерждорНДІ, Київ 2011 111 с

17. ВСН 5-78 Інструкція з проектування і будівництва підвалин автодорожніх мостів і шляхопроводів, обсіпаних місцевими ґрунтами з урахуванням умов Молдавської РСР
18. СНиП 2.05.03-84 Мосты и трубы

ANALYSIS OF EXISTING APPROACHES DESIGNING ZONES CONNECTING OF BRIDGES WITH EMBANKMENTS

Kushnir Alexander Vladimirovich, National Transport University, Department of Road Construction Materials and Chemistry, postgraduate student, dornii48@gmail.com, +380974432495, <https://orcid.org/0000-0002-2487-4234>

Abstract. The first defects in the transition zone between run structure of bridges and embankments of approaches, usually, appear very quickly. This was a constant problem and for road and rail bridges. At the same time, in Ukraine and in other countries of the former Soviet Union, serious studies have not been conducted to improve the performance of this unit since the 1970s.

The difference between the strength of the roadway on the bridge structure (driveway) and in the embankment area is a fundamental issue. And it, this different strength, adversely affects the operational condition of the vehicles, the structure itself, passenger comfort.

Determination of the mechanism of degradation of the bridge embankment area and the factors that influence the reduction of the speed of degradation of the roadway to the bridge crossing area. Unfortunately, this problem is not resolved. And repairs are expensive and do not always provide the desired result.

This article analyzes available literature on the design, construction, repair, operation, monitoring, and research of the bridge and embankment area of the bridge. The article contains the results of a literature review on the design and construction of the transition plate. Design guides are currently not available, which requires practicing engineers and state transportation departments to rely on experience and frequent service. It is recommended that this guide be developed to begin the process of standardizing slab structures for entrances to the bridge.

Keywords: approaches to bridges, road clothes, asphalt concrete coats, transition plate, stoyan, roadway.

References

1. Kushnir O.V. Provision of durability of road clothing on approaches to bridges with asphalt concrete
2. Pegin P.A., Ensuring the smoothness of the road surface and the safety of traffic of vehicles in the places where the bridge is connected with the embankment / Pegin PA, Lapin AV // VESTNIK. Moscow Highway State Technical University (MADI). - 2012. - № 3 (30). 92 P. 92-95.
3. Popov V.I. Methods of pairing of overpass structures with embankments of approaches / Popov V.I., Prokhorov A.A. // Internet-magazine "Naukovodeniye". - 2014. - No.5 (24). <http://naukovodeniye.ru>
4. Popov VI Improvement of design of interfacing of overpasses with embankment by application of integral stands <http://web.snauka.ru/issues/2017/03/79830>
5. C. Gallage, B. Dareeju, S. Dhanasekar State-of-the-art: track degradation at bridge transitions https://www.researchgate.net/publication/277294173_State-of-the-art_track_degradation_at_bridge_transitions
6. Muttoni A., Dumont A.-G., Burdet O., Savvilotidou M., Einpaul J., Nguyen M.L., Experimental verification of integral bridge abutments, Rapport OFROU, Switzerland, 2013, 86 p.
7. Damien Dreier, M.D., Civil Eng .; Olivier Burdet, M.D., Civil Eng .; Aurelio Muttoni, Prof., MD, Civil Eng .; EPFL-IBETON, Lausanne, Switzerland. Contact: damien.dreier@a3epfl.ch DOI: 10.2749 / 101686611X12994961034174 Transition Slabs of Integral Abutment Bridges
8. Methodical recommendations for the design and construction of conjugations of road bridges and embankments with embankment / State All-Union Road Research Institute (SOUZDORNII). - Moscow. - 1971
9. Methodical recommendations for the design and construction of conjugations of road bridges and embankments with embankment / State All-Union Road Research Institute (SOYUZDORNII). - Moscow. - 1975 (Active)
10. DBN B.2.3-14: 2006 Transport facilities. Bridges and pipes. Design Rules [Valid from 2005-09-03]. - K .: State Consumer Standard of Ukraine, 2008. - 20 p. - (National Standards of Ukraine)
11. DBN B.2.3-22: 2009. Transport facilities. Bridges and pipes. Basic design requirements [Effective on 2005-09-03]. - K .: State Consumer Standard of Ukraine, 2008. - 20 p. - (National Standards of Ukraine)

12. Typical Structures, Products and Units of Buildings and Structures Series 3.503.I-96 Coupling of Road Bridges and Overpasses with Bulk, ISSUE O-I, Coupling Designs Design Materials
13. <https://helpiks.org/9-12198.html>,
14. <http://delostroika.ru/wood-stroi/construction/3426-proezzhaya-chast-dlya-avtodorozhnyh-mostov-i-sopryazhenie-ih-s-nasyuyami.html>
15. DSTU 3587-97 Road Safety Highways, Streets and Railway Crossings / Performance Requirements
16. Directory of modern materials for construction, repair and maintenance of public highways / State Research Institute, Kyiv 2011 111 p.
17. VSN 5-78 Instruction on the design and construction of the foundations of road bridges and overpasses strewn with local soil taking into account the conditions of the Moldavian SSR
18. SNIP 2.05.03-84 Overpasses and Underpasses