

Интернет-журнал «Транспортные сооружения» <https://t-s.today>

Russian journal of transport engineering

2020, №2, Том 7 / 2020, No 2, Vol 7 <https://t-s.today/issue-2-2020.html>

URL статьи: <https://t-s.today/PDF/04SATS220.pdf>

DOI: 10.15862/04SATS220 (<http://dx.doi.org/10.15862/04SATS220>)

Ссылка для цитирования этой статьи:

Андреев В.Л., Овчинников И.Г. Совершенствование узла сопряжения мостового сооружения с насыпью подхода путем применения криволинейных переходных плит // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2020 №2, <https://t-s.today/PDF/04SATS220.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/04SATS220

For citation:

Andreev V.L., Ovchinnikov I.G. (2020). Improvement of a bridge connection node with embankment by applying curved approach slabs. *Russian journal of transport engineering*, [online] 2(7). Available at: <https://t-s.today/PDF/04SATS220.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/04SATS220

УДК 624.07

ГРНТИ 67.11.31

Андреев Владислав Леонидович

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

Магистрант базовой кафедры АО «Мостострой-11»

E-mail: andreev.vladislav.97@mail.ru

Овчинников Игорь Георгиевич

ФГБОУ ВО «Тюменский индустриальный университет», Тюмень, Россия

ФГБОУ ВО «Пермский национальный исследовательский политехнический университет», Пермь, Россия

Профессор

Доктор технических наук

E-mail: bridgesar@mail.ru

Совершенствование узла сопряжения мостового сооружения с насыпью подхода путем применения криволинейных переходных плит

Аннотация. Статья посвящена совершенствованию узла сопряжения мостового сооружения с насыпью подхода, путем применения криволинейных переходных плит.

Важнейшим требованием при устройстве сопряжения мостового сооружения с насыпью подхода является обеспечение плавности въезда транспортного средства с подходной насыпи на мост на весь период эксплуатации. Однако, со временем, на участках сопряжения мостовых сооружений с подходными насыпями возникают просадки грунта, трещины и выбоины в покрытии. Частично эта проблема решается устройством переходных железобетонных плит, заглубляемых в зоне сопряжения устоя с подходной насыпью.

Несмотря на использование прямых переходных плит в узле сопряжения мостового сооружения и подходной насыпи, наблюдается образование неровностей продольного профиля покрытия, снижающих безопасность дорожного движения, ухудшающих техническое состояние транспортных средств, доставляющих дискомфорт водителю и пассажирам.

С конструктивно-технологической точки зрения, при устройстве участков сопряжения с использованием криволинейных переходных плит, можно добиться более высоких эксплуатационных качеств. Благодаря плавному проезду узла сопряжения транспортным

средством, можно снизить негативные ударно-динамические воздействия, что повысит долговечность конструкции сопряжения и дорожной одежды подхода. Также, повысится безопасность дорожного движения и комфортабельность передвижения по данному участку.

В статье рассматривается несколько возможных конструктивных решений узла сопряжения с использованием криволинейных переходных плит: вогнутой, выпуклой и S-образной. Сравнительный анализ вариантов конструкций узла сопряжения выявит наиболее эффективный конструктив, способный обеспечить плавный проезд узла сопряжения мостового сооружения с подходной насыпью.

Ключевые слова: переходные плиты; узел сопряжения; подходная насыпь; мостовое сооружение; железобетонные плиты; плавность проезда; криволинейная переходная плита

Введение

В современных условиях активного роста автомобилизации, аспекты комфортабельного передвижения имеют большое значение, и поэтому сопряжения мостовых сооружений с подходными насыпями должны быть запроектированы и реализованы так, чтобы обеспечить высокие потребительские свойства транспортных сооружений [1]. Однако, в процессе эксплуатации участков сопряжения мостовых сооружений с подходными насыпями возникают просадки грунта, трещины и выбоины в дорожной одежде на насыпи подходов. Эти повреждения обусловлены разной вертикальной жесткостью устоя с опирающимся на него пролетным строением и дорожной одежды на грунте подходной насыпи, отсыпанном и уплотненном во время строительства сооружения. Частично эта проблема решается устройством переходных железобетонных плит, заглубляемых в зоне сопряжения устоя с подходной насыпью. Несмотря на это, появляются неровности, характеризующиеся углами перелома продольного профиля покрытия, приводящие к возрастанию вертикальных ускорений и возникновению дополнительных ударно-динамических воздействий, что приводит к снижению безопасности дорожного движения, ухудшает техническое состояние транспортных средств, доставляет дискомфорт водителю и пассажирам. Вышеперечисленные проблемы определяют актуальность совершенствования узла сопряжения искусственных сооружений с подходными насыпями. Настоящая исследовательская работа выполняется в рамках магистерской диссертации.

1. Анализ состояния проблемы

Анализ научно-технической литературы и привлеченных Интернет-источников показал, что в последнее время много внимания уделяется использованию интегральных и полу-интегральных устоев на основе зарубежных исследований [2–7]. Применение интегральных устоев на малых мостах позволяет отказаться от необходимости использования деформационных швов и опорных частей. Под руководством профессора Попова В.И. была проделана большая исследовательская работа, выполнено несколько кандидатских диссертаций [8–10] и опубликован ряд научных статей [11–13].

В статье [14] авторами предложена конструкция сопряжения, заключающаяся в усилении рабочего слоя земляного полотна на переходном участке бетонными буронабивными сваями (БНС) в раскатанных скважинах. Анализ эффективности использования буронабивных свай в конструкции узла сопряжения подходной насыпи с железнодорожным мостом с

использованием конечно-элементного программного комплекса Midas GTS NX 2019 представлен в статье [15].

Лапиным А.В. и Пегиным П.А. была проведена обширная работа по анализу особенностей конструктивно-технологических решений устройства сопряжений моста с насыпью, обеспечению и оценке плавности проезда транспортного средства на участке сопряжения [16–18].

Отметим еще ряд публикаций, имеющих отношение к рассматриваемой проблеме [19–20].

2. Постановка цели, определение задач и ожидаемые результаты

Целью настоящей статьи является качественное исследование эффективности применения криволинейных железобетонных переходных плит, для обеспечения плавности проезда зоны сопряжения мостового сооружения с подходной насыпью.

Для достижения поставленной цели, необходимо выполнить следующие задачи:

1. Изучить требования, предъявляемые конструкциям сопряжения.
2. Разработать несколько вариантов конструкций узла сопряжения мостового сооружения с подходной насыпью с использованием криволинейных переходных плит различной формы.
3. Провести конструктивно-технологический анализ каждого из разработанных вариантов конструкций узла сопряжения.
4. Провести сравнительный анализ разработанных конструкций узла сопряжения, для выявления наиболее эффективного варианта.

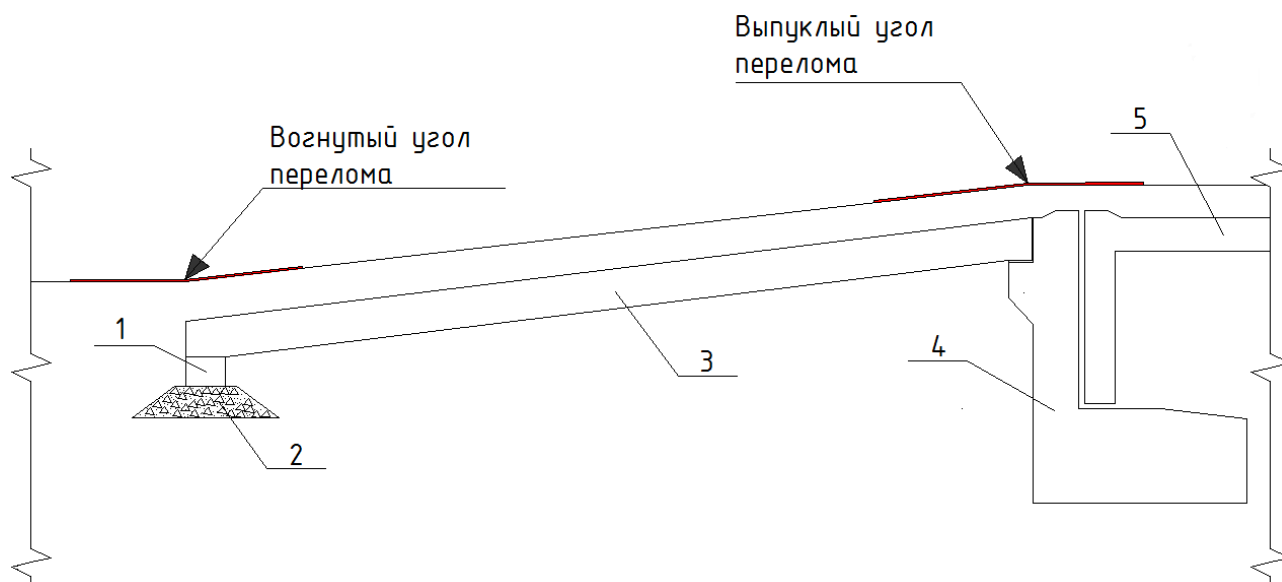
По итогам выполнения вышеперечисленных задач, планируется следующий результат – выявление наиболее эффективного варианта конструкции узла сопряжения, обеспечивающего плавность проезда зоны сопряжения мостового сооружения с подходной насыпью.

2.1 Требования, предъявляемые к конструкциям сопряжений

Основным требованием при устройстве сопряжения мостового сооружения с насыпью подхода является обеспечение плавности въезда транспортного средства с подходной насыпи на мост на весь период эксплуатации, а также съезда с моста. Критерием обеспечения плавности въезда или съезда являются допустимые вертикальные ускорения, которые испытывает транспортное средство при проезде неровности. Величины этих ускорений связываются с физиологией человека и с сохранностью перевозимых грузов.

Неровность характеризуют углами перелома продольного профиля. При въезде на мост по железобетонной наклонной переходной плите транспортное средство испытывает толчки на двух переломах продольного профиля: у начала переходной плиты (вогнутый угол перелома) и у конца ее – около устоя (выпуклый угол перелома) (рис. 1). Согласно¹ при скорости движения легкового автомобиля 60 км/час вогнутый угол перелома допустим до 12 %, при скорости 100 км/час он не должен превышать 5 %.

¹ Методические рекомендации по устройству сопряжений автодорожных мостов и путепроводов с насыпью / СОЮЗДОРНИИ. – М., 1971 год.



1 – лежень; 2 – щебеночная подушка лежня; 3 – переходная плита; 4 – устой; 5 – пролетное строение

Рисунок 1. Наглядная схема углов перелома
продольного профиля в зоне сопряжения (составлен авторами)

При этом, для обеспечения плавного въезда транспортного средства на мост при устройстве сопряжения моста с насыпью необходимо обеспечить:

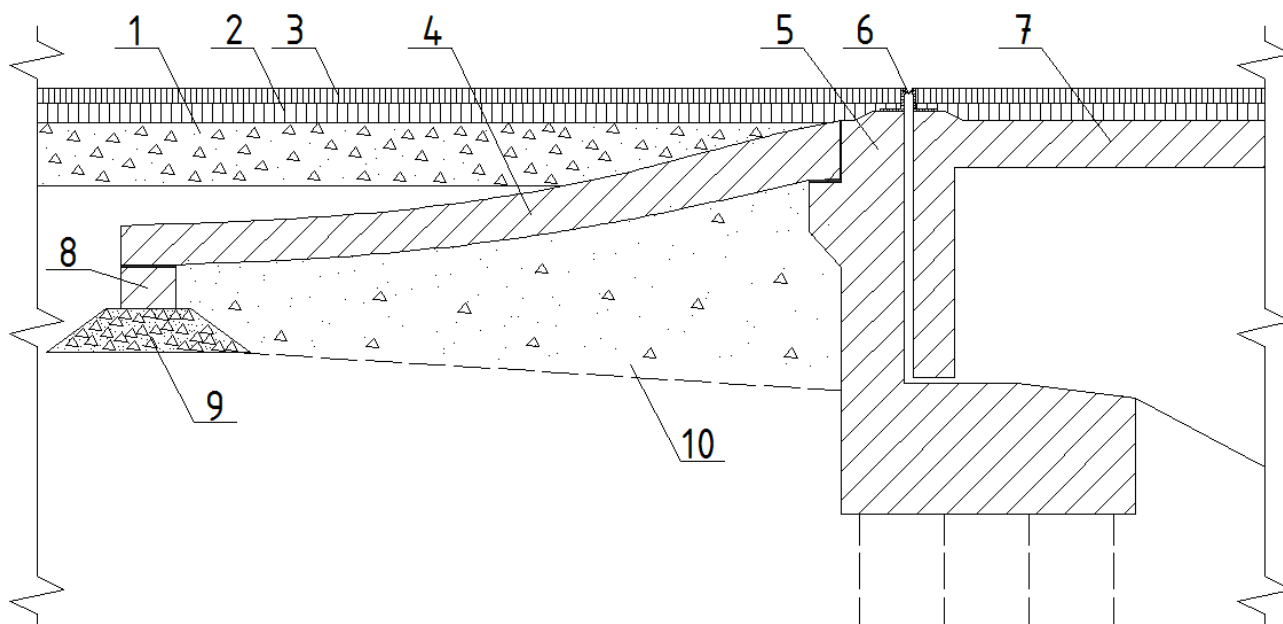
1. коэффициент уплотнения грунта земляного полотна при оптимальной влажности должен быть не менее 0,98–1,0;
2. отвод поверхностных вод с покрытия и из тела земляного полотна, что достигается применением грунтов с коэффициентом фильтрации не менее 2 м³/сут., устройством бортовых лотков и противофильтрационной защиты покрытия и обочин в пределах сопряжений;
3. укладку дорожного покрытия не менее, чем через год после отсыпки земляного полотна, когда произойдут основные осадки тела и основания насыпи (понятно, что это требование почти никогда не удается выполнить);
4. устройство переходных плит, имеющих длину, обеспечивающую перекрытие зоны образования местных просадок и плавный переход от дорожного покрытия подходной насыпи к проезжей части моста.

2.2 Устройство сопряжений с использованием криволинейных переходных плит

Способ сопряжения мостового сооружения с насыпью подходов с применением железобетонных переходных плит используется в отечественной практике с 70-х годов прошлого века – это прямые железобетонные плиты одним концом опирающиеся на устой моста, а другим концом на сборный или монолитный лежень. В процессе их эксплуатации наблюдается появление неровностей продольного профиля покрытия, вызванных углами перелома, и приводящих к возрастанию вертикальных ускорений и появлению дополнительных ударно-динамических воздействий. Однако, если прямые переходные плиты заменить криволинейными, то можно добиться более высоких эксплуатационных качеств узла сопряжения путем обеспечения более плавного проезда данного участка.

2.2.1 Вогнутая переходная плита

Использование вогнутых переходных плит позволит сгладить первый угол перелома продольного профиля (при въезде на участок, опирающийся на переходную плиту), описанный выше, т. к. продольный профиль начального участка переходной плиты будет совпадать с продольным профилем дорожного покрытия и обеспечит плавный проезд транспортного средства в этой зоне. Данное решение позволит уменьшить горизонтальное воздействие на мостовое сооружение через переходную плиту, путем исключения толчка транспортным средством при плавном проезде данного участка. Схематическая конструкция с использованием вогнутой переходной плиты представлена на рис. 2.



1 – щебеночное или другое основание дорожной одежды; 2 – нижний слой покрытия дорожной одежды; 3 – верхний слой покрытия дорожной одежды; 4 – вогнутая переходная плита; 5 – устой моста; 6 – деформационный шов; 7 – пролетное строение; 8 – монолитный лежень; 9 – щебеночная подушка монолитного лежня; 10 – щебеночно-песчаная подушка вогнутой переходной плиты

Рисунок 2. Схема конструкции узла сопряжения мостового сооружения с насыпью подхода с использованием вогнутых переходных плит (составлен авторами)

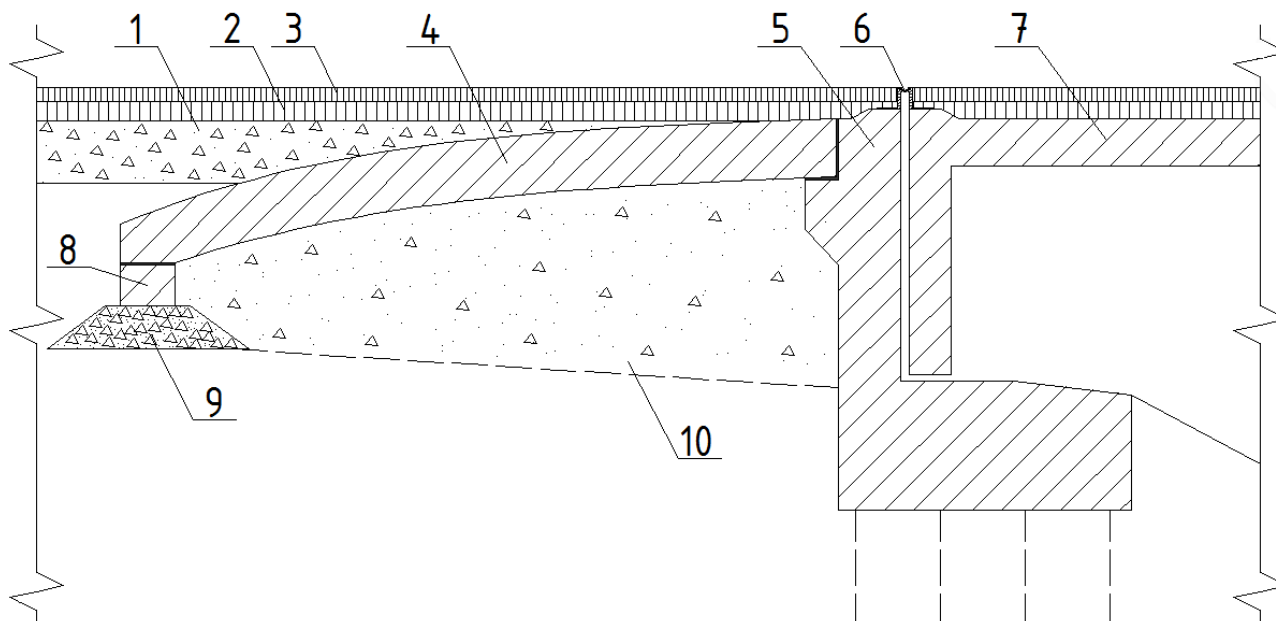
Однако, конструкция сопряжения с использованием вогнутой плиты не только не избавит от второго угла перелома продольного профиля (на устой моста), но и сделает его более «крутым», что увеличит горизонтальное воздействие на мостовое сооружение в зоне второго угла перелома продольного профиля. Также, увеличатся вертикальные ускорения, которые испытывает транспортное средство при проезде данного участка, в связи с этим комфортность эксплуатации транспортного средства будет снижена.

Вывод: конструкция сопряжения с использованием вогнутых переходных плит недостаточно пригодна к эксплуатации.

2.2.2 Выпуклая переходная плита

Использование выпуклых переходных плит позволит сгладить второй угол перелома продольного профиля (на устой моста), описанный выше, т. к. к концу переходной плиты её продольный профиль будет совпадать с продольным профилем плиты пролетного строения и обеспечит плавный проезд транспортного средства в этой зоне. Данное решение позволит уменьшить горизонтальное воздействие на мостовое сооружение путем исключения толчка

транспортным средством при плавном проезде данного участка. Схематическая конструкция с использованием выпуклой переходной плиты представлена на рис. 3.



1 – щебеночное или другое основание дорожной одежды; 2 – нижний слой покрытия дорожной одежды; 3 – верхний слой покрытия дорожной одежды; 4 – выпуклая переходная плита; 5 – устой моста; 6 – деформационный шов; 7 – пролетное строение; 8 – монолитный лежень; 9 – щебеночная подушка монолитного лежня; 10 – щебеночно-песчаная подушка вогнутой переходной плиты

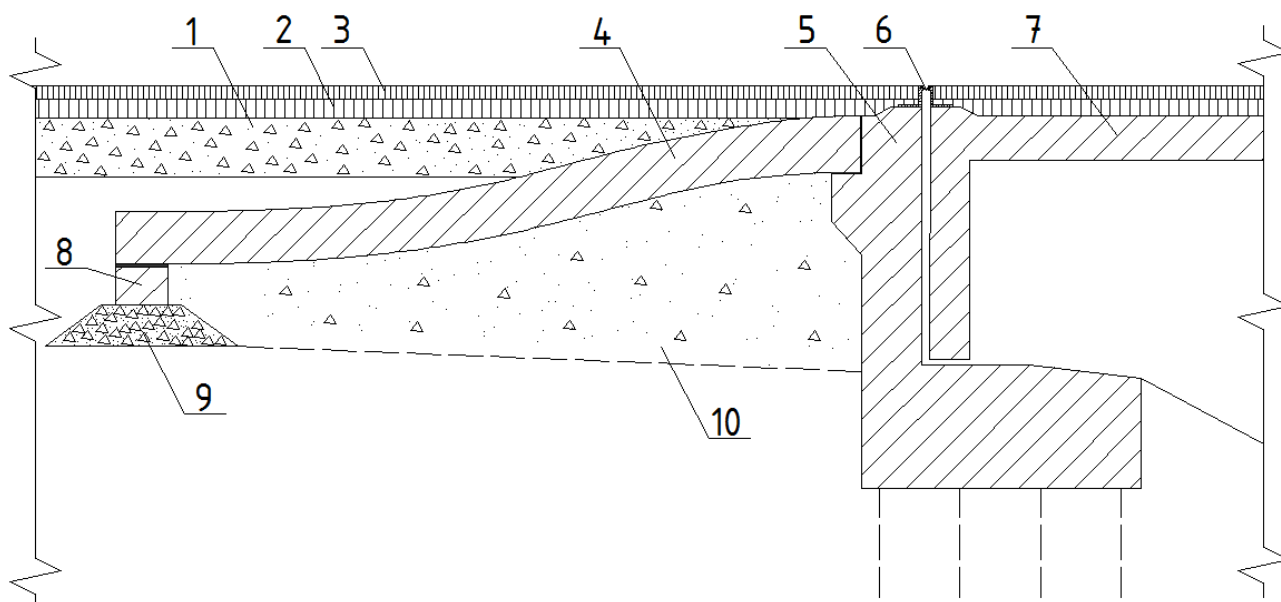
Рисунок 3. Схема конструкции узла сопряжения мостового сооружения с насыпью подхода с использованием выпуклых переходных плит (составлен авторами)

Конструкция сопряжения с использованием выпуклой плиты не исключает первый угол перелома, но позволит минимизировать его воздействие, в связи с глубоким заложением плиты в данном месте.

Вывод: конструкция сопряжения с использованием выпуклых переходных плит пригодна к эксплуатации и является хорошей альтернативой современным прямым переходным плитам, но требует совершенствования.

2.2.3 Криволинейная S-образная переходная плита

Использование S-образных переходных плит, представляющих собой по сути дела не плитную, а оболочечную конструкцию, позволит сгладить оба угла перелома продольного профиля (и при въезде на переходную плиту и на устой моста), описанные выше, т. к. продольный профиль начального участка переходной плиты будет совпадать с продольным профилем дорожного покрытия, а к концу переходной плиты её продольный профиль будет совпадать с продольным профилем плиты пролетного строения и обеспечит плавный проезд автомобиля в обеих зонах. Такое решение позволит максимально уменьшить горизонтальное воздействие транспортного средства на мостовое сооружение, путем исключения толчков при плавном проезде обоих участков. Схематическая конструкция с использованием S-образной переходной плиты представлена на рис. 4.



1 – щебеночное или другое основание дорожной одежды; 2 – нижний слой покрытия дорожной одежды; 3 – верхний слой покрытия дорожной одежды; 4 – S-образная переходная плита; 5 – устой моста; 6 – деформационный шов; 7 – пролетное строение; 8 – монолитный лежень; 9 – щебеночная подушка монолитного лежня; 10 – щебеночно-песчаная подушка вогнутой переходной плиты

Рисунок 4. Схема конструкции узла сопряжения мостового сооружения с насыпью подхода с использованием S-образных переходных плит (составлено авторами)

Конструкция S-образной переходной плиты позволяет использовать лучшие качества вогнутой и выпуклой переходных плит и обеспечивает «мягкий» проезд за счет плавно изменяющегося продольного профиля переходной плиты.

Вывод: конструкция сопряжения с использованием S-образных переходных плит повысит эксплуатационные качества узла сопряжения мостового сооружения с подходной насыпью, путем уменьшения негативных ударно-динамических воздействий.

Заключение

В ходе исследования эффективности применения криволинейных железобетонных переходных плит, в статье предложено и на качественном уровне проанализировано три конструкции узла сопряжения мостового сооружения с подходной насыпью. Сравнительный анализ показал, что наиболее эффективной является конструкция сопряжения с использованием S-образной переходной плиты. Конструкция с использованием S-образной плиты исключает оба угла перелома продольного профиля, чем обеспечивается плавный проезд узла сопряжения мостового сооружения с подходной насыпью. Для получения более полных данных об использовании криволинейных переходных плит необходимо моделирование узла сопряжения и расчетный анализ конструкции, а также анализ инерционных сил, возникающих при движении транспортного средства по конструкции сопряжения.

Проблема узла сопряжения остается актуальной на фоне несовершенств типовых решений, используемых с 70-х годов прошлого века, а также появления новых технологий и современных строительных материалов. Совершенствование конструкции узла сопряжения путем изменения только формы переходной плиты – недостаточно для того, чтобы исключить сопряжения из списка проблемных точек мостов и путепроводов. Для решения проблемы необходим комплексный подход: изменение физико-механических свойств грунта, использование свай, создание переходной плиты оболочечного типа с переменной жесткостью,

использование фибробетона для создания переходных плит, повышение жесткости переходных плит путем усиления их продольными ребрами, размещающимися снизу или сверху переходной плиты а также перенос деформационного шва на другую опору, объединение устоя с плитой пролетного строения и т. д. Анализ вариантов и определение наиболее рационального сочетания является целью дальнейшего исследования.

ЛИТЕРАТУРА

1. Овчинников И.Г. Дефекты и повреждения сопряжения мостового сооружения с подходной насыпью / И.Г. Овчинников; В.Л. Андреев // Современные направления в проектировании, строительстве, ремонте и содержании транспортных сооружений: материалы III международной студенческой конференции. Минск БНТУ 2019. с. 241–243.
2. Arthur P. Yannotti, Sreenivas Alampalli, Harry I. White. New York State Department of Transportation`s Experience with Integral Abutment Bridges // Integral Abutment and Jointless Bridges: Proceedings of the FHWA Conference. – Maryland. – Baltimore. – 2005. – March. – pp. 41–49.
3. Jin, Xiaoqin; Shao, Xudong; Peng, Wanghu; Yan, Banfu. A New Category of Semiintegral Abutment in China // Structural Engineering International. – 2005. – Vol.15. – № 3. – August. – pp. 186–188.
4. Rodolfo F. Maruri, Samer H. Petro. Integral Abutments and Jointless Bridges (IAJB) 2004 Survey Summary // Integral Abutment and Jointless Bridges: Proceedings of the FHWA Conference. – Maryland. – Baltimore. – 2005. – March. – pp. 12–29.
5. Milenko Przulj. Up to Date Concept of Overpasses on Motorway: Proceedings of the 7th International Conference on Short and Medium Span Bridges. – Canada. – Quebec. – Montreal. – 2006. – August. – pp. 124–137.
6. Zordan T., Brisegholla B., Jan Cheng. Analytical Formulation Limit Length of Integral Bridges // Structural Engineering International. – 2005. – Vol.21. – № 3. – August. – pp. 304–310.
7. Zolan Prucz. Integral Abutment Bridge Design / Presentation of Modjeski and Masters, Inc., 2007. – pp. 1–15.
8. Фам Туан Тхань. Совершенствование конструкции сопряжения путепроводов с насыпями подходов в условиях Вьетнама. Автореферат диссертации. М. МАДИ. 2017. 24 с.
9. Нгуен Ван Хиен. Применение интегральных устоев в косых путепроводах в условиях Вьетнама. Автореферат диссертации. М. МАДИ. 2019. 21 с.
10. Нгуен Мань Ха. Особенности работы криволинейных путепроводов с интегральными устоями в условиях Вьетнама. М. МАДИ. 2019. 26 с.
11. Попов В.И. Мосты с интегральными устоями // Дороги. Инновации в строительстве. 2019. № 79 с. 18–23.
12. Попов В.И. Способы сопряжения конструкций путепроводов с насыпями подходов / В.И. Попов; А.А. Прохоров // Интернет-журнал «НАУКОВЕДЕНИЕ» – 2014. – № 5.

13. Попов В.И. Совершенствование конструкции сопряжения путепроводов с насыпью путем применения интегральных устоев // Дороги и мосты: сб. статей / ФГУП «Росдорнии». – 2014. – Вып. 31/1. – С. 166–177.
14. Ланис А.Л., Разуваев Д.А., Ломов П.О. Сопряжение подходных насыпей с мостами и путепроводами // Вестник СибАДИ, 2016, выпуск 2(48). С. 110–120.
15. Церех С.Г., Овчинников И.Г. Статический и динамический анализ сопряжения искусственного сооружения с подходной насыпью // Интернет-журнал «Транспортные сооружения», 2020 №1, <https://t-s.today/PDF/03SATS120.pdf> (доступ свободный). Загл. с экрана. Яз. рус., англ. DOI: 10.15862/03SATS120.
16. Лапин А.В., Пегин П.А. Особенности конструктивно-технологических решений устройства сопряжения моста с насыпью // Новые идеи нового века – 2014. Том 3. с. 326–331.
17. Пегин П.А., Лапин А.В. Оценка плавности проезда транспортного средства на участке сопряжения моста с насыпью. Дальний Восток. – Хабаровск // Изд-во ТОГУ. 2013. – Вып. 13.
18. Пегин П.А., Лапин А.В. Обеспечение ровности дорожного покрытия в пределах сопряжения моста с насыпью. Анализ существующих конструкции сопряжения // Вестн. МАДИ. – 2012. Вып. 3.
19. Соколов А.Д. Армогрунтовые системы автодорожных мостов // Мир дорог. 2014, №76. с. 28–32.
20. Журавлев М.М. Сопряжение проезжей части автодорожных мостов с насыпью / М.М. Журавлев. – М. Транспорт. 1976. 81 с.

Andreev Vladislav Leonidovich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
E-mail: andreev.vladislav.97@mail.ru

Ovchinnikov Igor Georgievich

Industrial university of Tyumen, Tyumen, Russia
Perm national research polytechnic university, Perm, Russia
E-mail: bridgesar@mail.ru

Improvement of a bridge connection node with embankment by applying curved approach slabs

Abstract. The article is devoted to improving the bridge connection node with embankment by application of curved approach slabs.

The most important request by arranging of bridge connection with embankment is to ensure soft entry of transport from the approach embankment to the bridge for the entire period of operation. However, overtime on the road sections of bridge connection with embankment appear soil collapsing, cracks and birdbaths in the carpet. This problem is partially solved by the installation of reinforced-concrete approach slabs buried in the connection zone between the abutment and the approach embankment.

Despite the use of straight approach slabs in the bridge-connection node with embankment, the formation of bumps of grade profile is observed, they reduce road safety, worsen the technical condition of vehicles, cause discomfort to the driver and passengers.

From the structural and technological point of view, request by arranging of bridge connection by curved approach slabs higher functional quality can be achieved. Due to the soft passage of bridge connection node, it is possible to reduce the negative shock-dynamic effects, which will increase the durability of the connection node and approach road pavement.

The article presents several possible to use bridge connection node structures through the use of curved approach slabs: concave, convex and S-shaped. A comparative analysis of bridge-connection structural versions will reveal the most effective construct that can ensure soft passage of the bridge connection node with approach embankment.

Keywords: approach slabs; bridge-connection node; approach embankment; bridge/bridgework; reinforced-concrete slabs; soft passage; curved approach slab

REFERENCES

1. Ovchinnikov I.G., Andreev V.L. (2019). Defekty i povrezhdeniya sopryazheniya mostovogo sooruzheniya s podkhodnoy nasyp'yu. [*Defects and damage to the interface between the bridge structure and the embankment.*] Minsk: Belarusian National Technical University, pp. 241–243.
2. Arthur P. Yannotti, Sreenivas Alampalli, Harry I. White (2005). *New York State Department of Transportation's Experience with Integral Abutment Bridges.* Baltimore, Maryland, pp. 41–49.
3. Jin Xiaoqin, Shao Xudong, Peng Wanghu, Yan Banfu (2005). A New Category of Semiintegral Abutment in China. *Structural Engineering International*, 3(15), pp. 186–188.
4. Rodolfo F. Maruri, Samer H. Petro (2005). *Integral Abutments and Jointless Bridges (IAJB) 2004 Survey Summary.* Baltimore, Maryland, pp. 12–29.

5. Milenko Przulj (2006). *Up to Date Concept of Overpasses on Motorway*. Canada, Quebec, Montreal, pp. 124–137.
6. Zordan T., Brisegholla B., Jan Cheng (2005). Analytical Formulation Limit Length of Integral Bridges. *Structural Engineering International*, 3(21), pp. 304–310.
7. Zolan Prucz (2007). *Integral Abutment Bridge Design*. pp. 1–15.
8. Fam Tuan Tkhan' (2017). Sovershenstvovanie konstruktssii sopryazheniya puteprovodov s nasyp'yami podkhodov v usloviyakh V'etnama. [*Improving the design of the interface between viaducts and embankments of approaches in Vietnam.*] Moscow: Moscow State Automobile and Road Technical University, p. 24.
9. Nguen Van Khien (2019). Primenenie integral'nykh ustoev v kosykh puteprovodakh v usloviyakh V'etnama. [*The use of integrated foundations in oblique overpasses in Vietnam.*] Moscow: Moscow State Automobile and Road Technical University, p. 21.
10. Nguen Man' Kha (2019). Osobennosti raboty krivolineynykh puteprovodov s integral'nymi ustoyami v usloviyakh V'etnama. [*Features of the work of curved overpasses with integrated abutments in Vietnam.*] Moscow: Moscow State Automobile and Road Technical University, p. 26.
11. Popov V.I. (2019). Bridges with integral abutments. *Roads. Building Innovation*, 79, pp. 18–23 (in Russian).
12. Popov V.I., Prokhorov A.A. (2014). Connection means of overpasses construction with approach. *Naukovedenie*, [online] 5(6). Available at: <https://naukovedenie.ru/PDF/25KO514.pdf> (in Russian).
13. Popov V.I. (2014). Improving the design of the interface between overpasses and the embankment by using integrated foundations. *Roads and Bridges*, 31/1, pp. 166–177 (in Russian).
14. Lanis A.L., Razuvaev D.A., Lomov P.O. (2016). Pairing approach embankments with bridges and overpasses. *Bulletin of the Siberian State Automobile and Highway University*, 2(48), pp. 110–120 (in Russian).
15. Tserekh S.G., Ovchinnikov I.G. (2020). Static and dynamic analysis of the interface between the transport structure and the approached embankment. *Russian journal of transport engineering*, [online] 1(7). Available at: <https://t-s.today/PDF/03SATS120.pdf> (in Russian). DOI: 10.15862/03SATS120.
16. Lapin A.V., Pegin P.A. (2014). Features of constructive and technological solutions for the device of interface of the bridge with the embankment. *New ideas of the new century*, (3), pp. 326–331 (in Russian).
17. Pegin P.A., Lapin A.V. (2013). Otsenka plavnosti proezda transportnogo sredstva na uchastke sopryazheniya mosta s nasyp'yu. *Dal'niy Vostok*. [*Assessment of the smoothness of the vehicle on the interface between the bridge and the embankment. Far East.*] Khabarovsk: Pacific State University Publishing House.
18. Pegin P.A., Lapin A.V. (2012). Obespechenie rovnosti dorozhnogo pokrytiya v predelakh sopryazheniya mosta s nasyp'yu. *Analiz sushchestvuyushchikh konstruktssii sopryazheniya*. [*Obespechenie rovnosti dorozhnogo pokrytiya v predelakh sopryazheniya mosta s nasyp'yu. Analiz sushchestvuyushchikh konstruktssii sopryazheniya.*] Moscow: Moscow State Automobile and Road Technical University.
19. Sokolov A.D. (2014). Armored road systems of road bridges. *World of Roads*, 76, pp. 28–32 (in Russian).
20. Zhuravlev M.M. (1976). Sopryazhenie proezzhey chasti avtodorozhnykh mostov s nasyp'yu. [*Mating the roadway of road bridges with an embankment.*] Moscow: Transport, p. 81.