

А. Л. Ланис, Д. А. Усов, Е. С. Охременко

ЗОНЫ ЖЕСТКОСТИ НА ПОДХОДАХ К МОСТОВЫМ ПЕРЕХОДАМ

Аннотация. Одним из стратегических направлений развития железнодорожного транспорта является повышение нагрузки на ось, скоростей и интенсивности движения поездов. Повышение этих параметров осложнено «барьерными» местами, в том числе подходами к мостовым переходам.

Для обеспечения надежности на этих участках в работе выполнено исследование, основанное на данных, полученных с путеизмерительных вагонов на Западно-Сибирской железной дороге, а также на анализе научно-технической литературы. Выдвинута гипотеза о наличии четырех зон, где подход к мостовому переходу условно разделяется на участки, в которых наблюдается разность жесткостей. Выявлено, что скачки жесткости происходят на конкретных участках и в одних и тех же местах.

В этой связи предложена система зон «пролетное строение – устой – земляное полотно», которая не зависит от условий эксплуатации. Установлено качественное совпадение авторских данных по Западно-Сибирской железной дороге с отечественными и зарубежными источниками.

В работе выявлено противоречие между существующими нормативными требованиями и фактическими данными о длине участков переходного пути переменной жесткости, что подчеркивает необходимость индивидуального подхода к проектированию таких участков с учетом различных эксплуатационных факторов.

Ключевые слова: конструкция переменной жесткости, участок переменной жесткости, искусственное сооружение, жесткость пути, земляное полотно, зоны жесткости.

Для цитирования: Ланис, А. Л. Зоны жесткости на подходах к мостовым переходам / А. Л. Ланис, Д. А. Усов, Е. С. Охременко // Вестник Ростовского государственного университета путей сообщения. – 2025. – № 3. – С. 18–27. – DOI 10.46973/0201-727X_2025_3_18.

Введение

Повышение нагрузки на ось до 27–30 тонно-сил, скоростей и интенсивности движения поездов остаются актуальными задачами, стоящими перед ОАО «РЖД» [1]. Сложностью выполнения этих задач станут «барьерные» места, на которых повышение интенсивности движения и осевых нагрузок может привести к негативным последствиям и неминусовой необходимости ограничения скорости движения. Одними из таких «барьерных» участков являются подходы к мостовым переходам (см. рис. 1).

Данные участки являются «барьерными» поскольку при сопряжении земляного полотна и железобетонного устоя имеется резкий скачок жесткости железнодорожного пути [2, 3]. На таких участках происходит прогрессирующее во времени накопление остаточных деформаций [3]. В этой связи увеличивается динамическое воздействие подвижного состава на верхнее строение пути, что в свою очередь приводит к увеличению интенсивности накопления остаточных деформаций.

Согласно существующей нормативно-технической документации на подходах к большим и средним мостовым переходам должны устраиваться участки переходного пути с переменной жесткостью [5]. Однако опыт эксплуатации показывает, что эти участки не способны в полной мере исключить появление предмостовых ям, а в зоне сопряжения имеется перепад жесткости пути. В этой связи был предложен метод с применением подбалластных матов на устое железнодорожного моста, на основе чего был сформирован комплексный подход к проектированию участков переходного пути с переменной жесткостью [6]. Однако и это не помогло в полной мере сократить разность жесткостей между земляным полотном и железобетонным устоем.

Таким образом, проблема обеспечения надежности железнодорожного пути на участке сопряжения земляного полотна и мостового перехода по-прежнему является актуальной в транспортной отрасли.

Основная часть

В соответствии с нормативными требованиями [5, 7] подходом считается участок 200 м при длине моста от 25 до 100 м и 500 м при длине моста более 100 м. В этих границах неисправности рельсовой колеи оцениваются более жесткими требованиями, нежели на участке типового пути [5]. Минимальная длина участка переходного пути переменной жесткости принимается равной 25 м при

скорости движения более 120 км/ч, 20 м – при скорости движения от 80 до 120 км/ч и 15 м – при скорости движения менее 80 км/ч [5]. Неровности встречаются не только на участке сопряжения земляного полотна с мостовым переходом, но и на протяжении подхода к нему.



Рис. 1. Общий вид неровности на участке переходного пути переменной жесткости [4]

Неровности обнаруживаются при промежуточных и контрольных проходах путеизмерительного вагона или нагруженного поезда.

Был выполнен анализ лент вагона путеизмерителя при проходе больших мостов на двух перегонах Западно-Сибирской железной дороги (ЗСЖД). На рис. 2 представлены фрагменты графической диаграммы вагона-путеизмерителя за 2022–2024 гг.

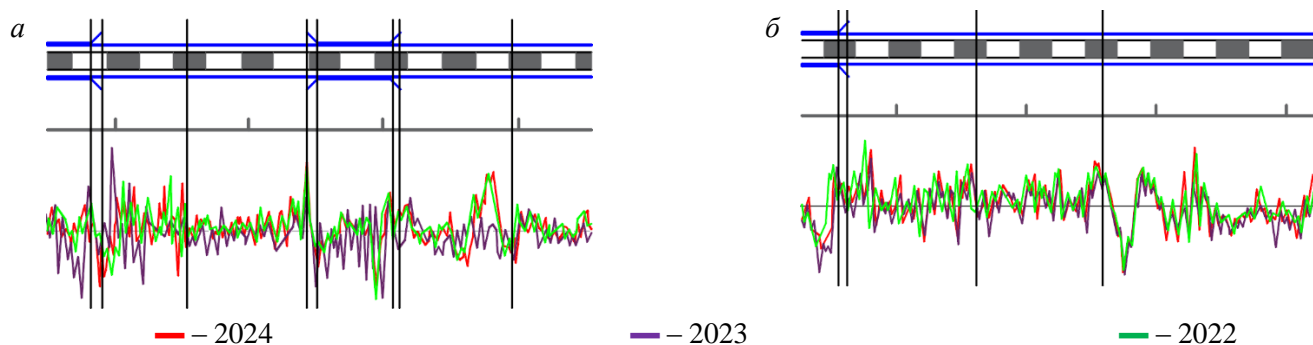


Рис. 2. Фрагменты графической диаграммы вагона-путеизмерителя

На первом рассматриваемом участке (см. рис. 2, *a*) расположено два моста на небольшом расстоянии друг от друга, большой – 976,64 м и средний – 60,34 м. На втором участке (см. рис. 2, *б*) расположен большой мост – 856,67 м. В зоне сопряжения земляного полотна и мостового перехода наблюдаются наибольшие амплитуды профиля пути – предмостовые ямы. В каждом проанализированном году экстремальные значения деформаций наблюдаются в одних и тех же местах. Также на протяжении подхода наблюдаются изменения частоты и величины колебаний, и точки, в которых происходят эти изменения, обозначены на рисунке вертикальными линиями. От этих показателей зависит значение силового уклона, который в свою очередь вызывает динамические добавки при прохождении подвижного состава, что ведет к накоплению остаточных деформаций и образованию неровности пути [4, 8]. Амплитуды колебаний, величина динамических добавок вызвана перепадом жесткости пути при сопряжении участков с различными типами конструкций пути.

В связи с этим предлагается гипотеза о наличии зон, где подход к мостовому переходу условно разделяется на участки, в которых наблюдается неравножесткость. Такие участки могут быть обусловлены конструктивными особенностями пути, такими как:

- наличие участка переходного пути переменной жесткости;
- участки с деформированным земляным полотном;
- участки с нарушением геометрии рельсовой колеи;
- сопряжение пролетных строений с устоями.

В каждой зоне отдельно могут образовываться деформации пути разной величины. Величина деформаций зависит от величины разности жесткости.

Известно, что на участке сопряжения земляного полотна и железобетонного устоя в результате неравножесткости происходит неравномерное распределение нагрузок от подвижного состава на путь, возникают дополнительные динамические нагрузки, накапливаются остаточные деформации, образуются так называемые «предмостовые ямы» [2, 4, 6, 9]. Расстройства также наблюдаются в зоне сопряжения обычной типовой конструкции пути с участком подходного пути переменной жесткости.

Разделение на зоны необходимо для точного исследования работы железнодорожного пути и разработки мероприятий, повышающих его надежность на каждом элементе.

В настоящей работе под термином «зона жесткости» понимается участок железнодорожного пути, находящийся в пределах подхода к мостовому переходу, характеризующийся постоянным или плавно изменяющимся параметром жесткости. Исходя из определения термина и опираясь на данные лент с вагонов-путеизмерителей, мы можем получить границы этих зон. На рис. 3 представлены зоны жесткости.

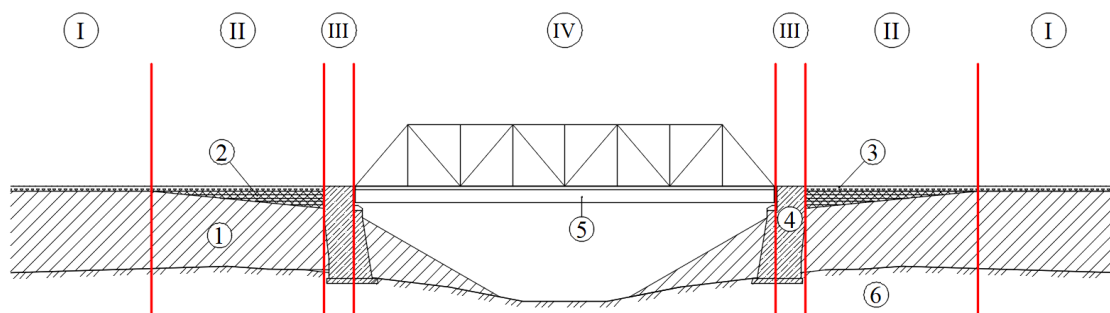


Рис. 3. Границы зон скачкообразного изменения жесткости:

- 1 – тело насыпи; 2 – участок переходного пути переменной жесткости (при наличии) или деформированный участок; 3 – балласт; 4 – устой железнодорожного моста; 5 – пролетное строение; 6 – грунт основания

Зона I представляет собой обычную типовую конструкцию пути, находящуюся в пределах подхода к мостовому сооружению, имеющую постоянную жесткость, границей которой с одной стороны является начало подхода к мостовому сооружению, а с другой – участок переходного пути переменной жесткости или деформированный участок.

Зона II – участок с плавно изменяющимся параметром жесткости благодаря переходному пути переменной жесткости, а при его отсутствии – участок с деформированным земляным полотном.

Зона III – устой железнодорожного моста, участок с резким скачкообразным повышением жесткости пути, границей с одной стороны является земляное полотно, а с другой – пролетные строения мостового перехода.

Зона IV – пролетные строения мостового перехода, участок со скачкообразным понижением жесткости пути относительно устоев, которые в свою очередь и являются ее границами.

Таким образом, предложена система зонирования мостового перехода «пролетное строение – устой – земляное полотно», далее «ПС – устой – ЗП».

Ученые из Южной Кореи [10] провели в 2020 году анализ динамических характеристик высокоскоростного железнодорожного пути на подходе к мостовому переходу (зона I), в котором отметили, что на расстоянии 40–60 м от границы между мостом и земляным полотном возникает динамический удар (рис. 4). Предполагается, что ударная нагрузка, приложенная к рельсам от движущегося поезда, вызвана тем, что колесо поезда на мгновение отрывается от рельса, а затем падает под действием силы тяжести. На этом участке между шпалами устанавливались акселерометры с интервалом 3 м с целью измерения вертикальных ускорений для определения ударных мест.

Напряжение, оказываемое на путь, в зоне II уменьшено в результате деформации, а в зоне I увеличено из-за ударной нагрузки. Образование деформации на расстоянии 70–80 м связано с движением поездов по исследуемому участку со скоростью более 200 км/ч. Повышенная скорость движения увеличивает протяженность зоны деформирования, однако характер образования деформаций сохраняется. Имеются две неровности на участке подхода, в зоне II при сопряжении с устоем и в зоне I при сопряжении типовой конструкции и участком переходного пути переменной жесткости.

В исследовании [11] выполнено обследование моста и его подходных участков с участком переходного пути переменной жесткости и без него. Первые измерения величины деформации были вы-

полнены за два года до устройства переходного пути переменной жесткости, а далее с интервалом несколько месяцев. Сами измерения выполнялись нагрузочными поездами Strix car, IMV100 и IMV200, оснащенными акселерометрами и силовыми преобразователями для возбуждения статической нагрузки.

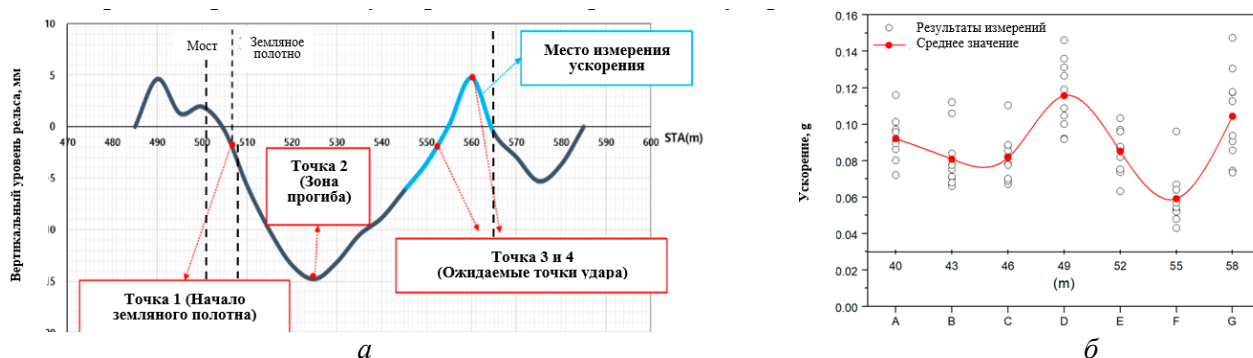


Рис. 4. Профиль исследуемого участка (а); измерения ускорений (б) [6]

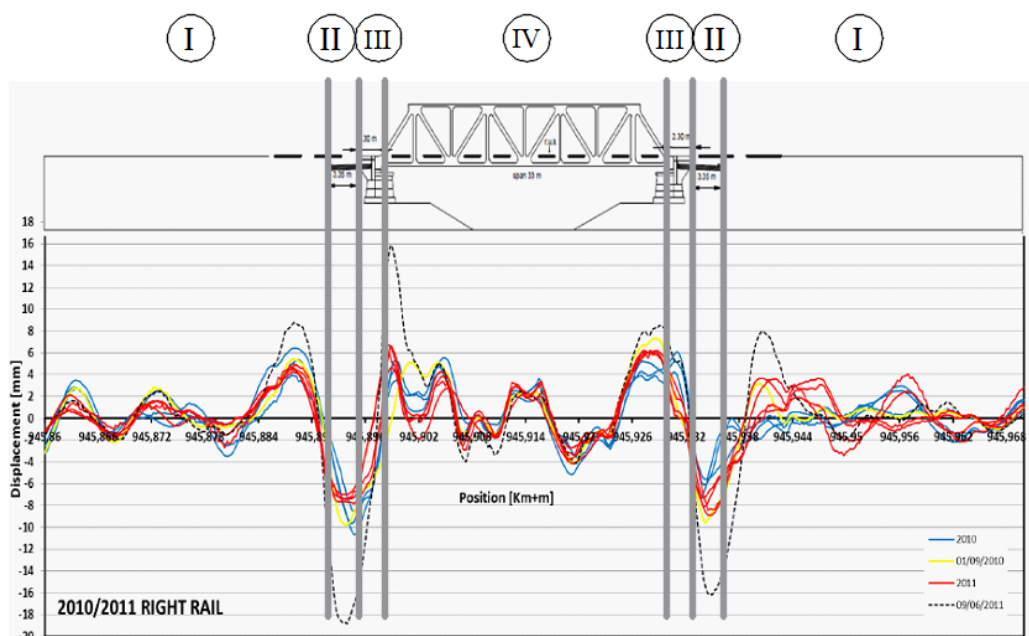


Рис. 5. Уровни рельса до и после установки КПЖ [7]

После реконструкции моста измерения продолжились. В результате сделан вывод о том, что используемая конструкция не смогла улучшить деформационные свойства пути. Участок переходного пути переменной жесткости представляет собой железобетонную плиту, примыкающую к мостовому переходу, уложенную с понижающим уклоном от шкафной стенки. Длина переходной плиты составляет 2,35 м, что не соответствует существующим нормативным требованиям [5, 7].

В данном примере аналогично наблюдаются деформации с затухающим характером. Деформация большей величины в границах зоны сопряжения (зона II-III) и меньшей при переходе с участка сопряжения на земляное полотно (зона I-II).

В 2013 году были проведены нагрузочные испытания комплексом СПМ-18 на мостовом переходе Октябрьской железной дороги, в результате которых было выявлено наличие неравножесткости на походе к мосту. Зафиксировано изменение жесткости по длине участка, а также представлены графики прохода нагрузочного поезда по экспериментальному участку [9]. Фрагмент графиков представлен на рис. 6.

На шкафной стенке устоя размещен мауэрлатный брус в виде сдвоенных мостовых брусьев со скреплениями Д0. Отсутствует участок переходного пути переменной жесткости. Вместо этого балластная призма на протяжении 25 м от устоя была пролита вяжущим веществом и фактически омоноличена. Нагрузочный поезд двигался по ходу километров, на графике – слева направо.

При проходе нагрузочного комплекса по пролетному строению (зона IV) наблюдаются волнообразные неровности пути, вызванные динамическими добавками, которые в свою очередь вызваны высокочастотными колебаниями неподдрессорных масс экипажа [4]. На расстоянии 4–8 м от шкафной стенки устоя зафиксирована предмостовая яма. После проезда состава по омоноличенной балластной призме (зоны II) зафиксирована вторая деформация, происхождением напоминающая деформацию, образованную в зоне сопряжения земляного полотна и устоя. При переходе с омоноличенной балластной призмы на типовую конструкцию пути имеется перепад жесткости, вследствие чего появляются повышенные вертикальные воздействия на опоры, направленные как вниз под колесом, так и вверх – отрывающие усилия (рис. 7), из-за чего под шпалами возникают люфты, позволяющие шпалам свободно перемещаться, вследствие чего происходит потеря стабильности грунтов и накопление остаточных деформаций [2]. Данный пример наглядно показывает, что за пределами мостового перехода имеются две зоны с возможностью возникновения расстройств пути.

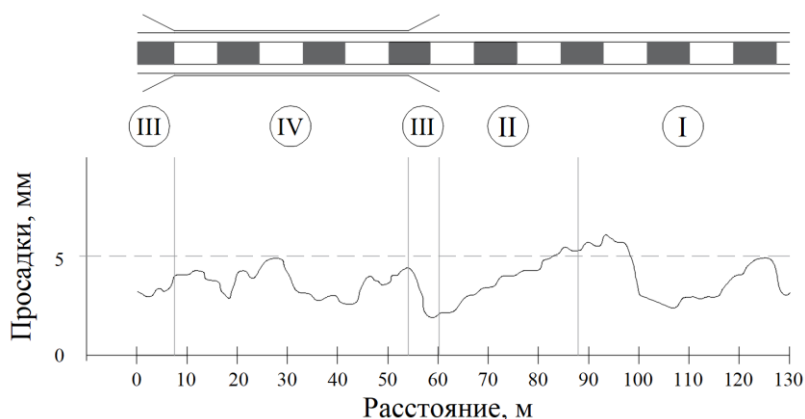


Рис. 6. График прохода нагрузочного устройства по экспериментальному участку [4]

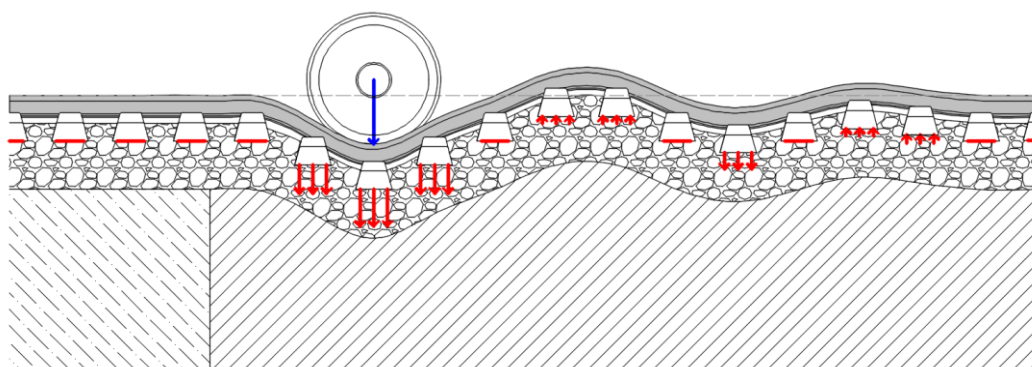


Рис. 7. Механизм расстройств пути на участке сопряжения

В другой работе [12] были рассмотрены переходные участки с интенсивным движением при устройстве мостов в кривых малого радиуса. На исследуемом участке уложены деревянные шпалы, на подходе закрепленные костыльным скреплением, тогда как на мостовом переходе – упругие скрепления. Конструкции переменной жесткости отсутствуют. Вследствие этого в зоне сопряжения имеется существенная разница в величине жесткости. Геометрические характеристики пути измерялись с помощью нагрузочного поезда ТТС (рис. 8).

Деформации зафиксированы в зоне сопряжения устоя и земляного полотна и на протяжении подхода к мостовому сооружению с затухающим характером. Образование этих деформаций связано с тем, что возбуждение колебаний кузова происходит в месте сопряжения, поэтому путь испытывает динамические воздействия от этих колебаний, что приводит к развитию периодической неровности пути. Зона II в данном случае представлена в виде деформируемого земляного полотна. Состояние пути количественно и качественно находится в неблагоприятном состоянии [7]. Для уменьшения количества отступлений участок нуждается в реконструкции с устройством конструкции переменной жесткости.

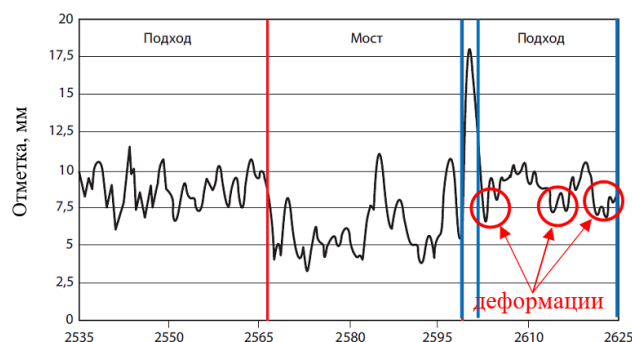


Рис. 8. Отметки пути, полученные с помощью испытательного вагона ТТС

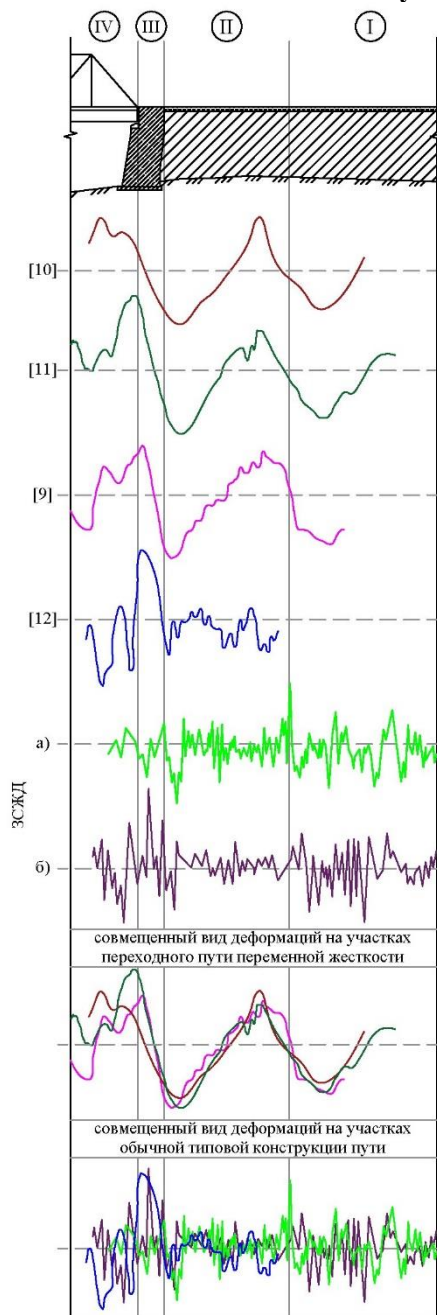


Рис. 9. Деформации пути на системе зон «ПС – устой – ЗП»

На рис. 4–6 и рис. 8 границы зон жесткости выделены авторами настоящей работы самостоятельно.

Систематизация данных, полученных из отечественной и зарубежной научно-технической литературы, позволила предложить систему зонирования «ПС – устой – ЗП».

Также стоит отметить противоречие между нормативной литературой и фактическими данными, поскольку длины участков переходного пути переменной жесткости согласно [5, 7] полностью не устраняют проблему возникновения неровности пути и накопления остаточных деформаций. Эти длины установлены в соответствии со скоростями движения поездов, однако необходимо учитывать грунты основания и тела насыпи, толщину балласта, наличие мягкого въезда на устой моста, грузонапряженность участка и другие параметры. Поэтому длину КПЖ для каждого участка необходимо определять исходя из этих факторов.

В каждой проанализированной работе скачки жесткости, а как следствие, и деформации железнодорожного пути происходят на конкретных участках.

Для подтверждения предложенной гипотезы на рис. 9 отмечены деформации в системе зон «ПС – устой – ЗП», а также их наложение друг на друга.

Количественно сравнивать деформации не представляется возможным, поскольку эта величина напрямую зависит от интенсивности движения, скорости, грузонапряженности и других эксплуатационных показателей. Однако качественное сравнение возможно, поскольку специфика работы пути на подходах при разных условиях определяется в первую очередь его жесткостью [2]. Как описано выше, жесткость на каждой отдельной зоне либо постоянна, либо плавно изменяющаяся, и деформации на этих участках образуются закономерно, вследствие чего появляется возможность сравнивать работу различных конструкций пути. В вертикальной и горизонтальной плоскостях деформации обозначены безмасштабно. Амплитуды деформаций выравнены, протяженность выравнена по зонам.

Такое представление необходимо для наблюдения за изменением профиля пути и подтверждения закономерности образования деформаций на конкретных участках.

Профили волнообразные с двумя характерными деформациями на участке сопряжения зон I–II и II–III во всех проанализированных работах, за исключением тех, на которых отсутствуют участки переходного пути переменной жесткости, обозначенные «[12]», «а» и «б».

В зоне IV для каждого варианта характерны волнообразные неровности, вызванные высокочастотными колебаниями неподрессорных масс экипажа. На совмещенном графике видно, что экстремальные (пиковые значения) величины измеренных деформаций располагаются хаотично по длине пролетного строения. Это связано с разностью амплитуд колебаний неподрессоренных масс, которая зависит от скорости движения поездов и величины силового уклона [4].

Зона III характерна поднятием отметки пути на всем протяжении от зоны II до зоны IV. Эта зона является участком повышенной жесткости, образующим скачок жесткости при сопряжении с зоной II и IV.

Зона II практически на всем своем протяжении к устью моста имеет ярко выраженную понижающую отметку пути, за исключением графика, обозначенного «[12]». В этом варианте отсутствует какая-либо конструкция переменной жесткости. В остальных же случаях экстремальные (пиковые) значения величины измеренных деформаций располагаются на расстоянии 4–8 м от задней стенки устоя. Это вызвано скачкообразным изменением жесткости при въезде и съезде на железобетонное основание. Наличие деформации в этой зоне подтверждается и в другой научно-технической литературе [13–15].

В зоне I наблюдается схожая по происхождению деформация пути, но стоит отметить что ее экстремальное значение ниже, нежели в зоне II. На железнодорожном пути регулярно проводят выправку, поэтому деформация в этой зоне является незначительной и в большинстве случаев не несет прямую угрозу безопасности движения поездов. Однако на этом участке также происходит процесс накопления остаточных деформаций. Это происходит при наезде подвижного состава на участок переходного пути переменной жесткости или на деформированный участок, поскольку имеется неоднородность земляного полотна, вследствие чего изменяется интенсивность колебаний грунта, которая в свою очередь повышает динамику воздействия на путь [16].

Границы зон получены в результате анализа отечественной и зарубежной научной литературы качественно соответствуют границам, выделенным на железнодорожных мостах Западно-Сибирской железной дороги. Это подтверждает, что образование таких зон характерно для каждой системы «мостовое сооружение – подход к мостовому переходу», которая не зависит от условий эксплуатации.

Выводы

Выделение системы зон жесткости «ПС – устоя – ЗП» позволит детально исследовать работу железнодорожного пути в целом, и при совместном использовании комплексного подхода к проектированию позволит обеспечить надежность на участке сопряжения земляного полотна и мостового перехода.

На основании проведенного исследования можно сделать следующие выводы:

1 Подтверждена научная гипотеза о наличии зон, где подход к мостовому переходу условно разделяется на участки, в которых наблюдается неравножесткость. Введен термин «зоны жесткости». Предложена система зон «пролетное строение – устоя – земляное полотно».

2 Установлено качественное совпадение авторских данных по Западно-Сибирской железной дороге с отечественными и зарубежными источниками.

Подтверждено образование системы зон «ПС – устоя – ЗП» на мостовых переходах вне зависимости от условий эксплуатации пути.

3 Выявлено противоречие между существующими нормативными требованиями и фактическими данными о длине участков переходного пути переменной жесткости, что подчеркивает необходимость индивидуального подхода к проектированию таких участков с учетом различных эксплуатационных факторов.

Перспективой дальнейших исследований является снижение разности жесткостей между каждой зоной с применением комплексного подхода к проектированию переходных участков переменной жесткости.

Список литературы

1 Стратегия научно-технического развития холдинга «РЖД» на период до 2025 года и на перспективу до 2030 года (Белая книга) : утв. распоряжением ОАО «РЖД» от 17.04.2018 «769/р. – URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/sait_WB.pdf (дата обращения: 12.08.2025).

References

1 The strategy of scientific and technical development of the Russian Railways holding company for the period up to 2025 and for the future up to 2030 (White Paper) : approved by the order of JSC Russian Railways dated 04/17/2018 "769/r. – URL: http://www.rzd-expo.ru/innovation/sait_WB.pdf (date of access: 08/12/2025).

2 **Клинов, С. И.** Железнодорожный путь на искусственных сооружениях / С. И. Клинов. – Москва : Транспорт, 1990. – 144 с.

3 Инструкции по применению конструктивно-технологических решений переходных участков на подходах к искусственным сооружениям для участков скоростного совмещенного движения. Распоряжение ОАО «РЖД», № 2754р от 12 декабря 2013 г. // СЦБИСТ. – URL: <http://scbist.com/scb/uploaded/docs/2013/dekabr-2013/5039-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-12-12-2013-n-2754r.htm?ysclid=mebcm3ninz586696637> (дата обращения: 12.08.2025).

4 **Меренченко, К. В.** Повышение стабильности пути в зоне сопряжения земляного полотна и искусственного сооружения : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 05.22.06 / Меренченко Константин Вячеславович. – Москва, 2019. – 125 с.

5 **СП 119.13330.2024.** Железные дороги колеи 1520 мм. Актуализированная редакция СНиП 32-01-95. – Москва : Стандартинформ, 2024.

6 **Усов, Д. А.** Комплексный подход к проектированию участков переменной жесткости на подходах к мостовым сооружениям : диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук : 2.1.8 / Усов Дмитрий Андреевич. – Новосибирск, 2023. – 155 с.

7 Инструкции по оценке состояния рельсовой колеи путеизмерительными средствами и мерам по обеспечению безопасности движения поездов» №436р. От 28.02.2020 г. // Гарант. Информационно-правовое обеспечение. – URL: <https://base.garant.ru/73889071/?ysclid=mebcqfzfnj919757678> (дата обращения: 12.08.2025).

8 **Дылев, Е. О.** Регулирование жесткости пути на подходе к искусственным сооружениям / Е. О. Дылев, Е. С. Ашпиз // Аспирантские чтения : сборник научных статей аспирантов РУТ (МИИТ) / под общей редакцией Т. В. Шепитько. Выпуск 4. – Москва : Перо, 2021. – С. 79–84. – ISSN 1992-3252.

9 **Замуховский, А. В.** Экспериментальное обследование участков переменной жесткости / А. В. Замуховский, К. В. Меренченко // Мир транспорта. – 2013. – Т. 11, № 3 (47). – С. 74–82. – ISSN 1992-3252.

10 Analysis of Dynamic Characteristics of Deformed Concrete Slab Track on Transition Zone in High-Speed Train Line According to Train Speeds / S. Park, Ja. Ye. Kim, J. Kim [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2020. – Vol. 10, No. 20. – P. 7174. – DOI 10.3390/app10207174.

2 **Klinov, S. I.** Railway track on engineering structures / S. I. Klinov. – Moscow : Transport, 1990. – 144 p.

3 Instructions for the application of structural and technological solutions for crossing sections on approaches to engineering structures for sections of high-speed combined traffic. Russian Railways Order, No. 2754r dated December 12, 2013 // SCBIST. – URL: <http://scbist.com/scb/uploaded/docs/2013/dekabr-2013/5039-rasporyazhenie-oao-rzhd-ot-12-12-2013-n-2754r.htm?ysclid=mebcm3ninz586696637> (date of access: 08/12/2025).

4 **Merenchenko, K. V.** Increasing the stability of the track in the interface zone of the roadbed and engineering structures : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences : 05.22.06 / Merenchenko Konstantin Vyacheslavovich. – Moscow, 2019. – 125 p.

5 **SP 119.13330.2024.** Railways of 1520 mm gauge. Updated edition of SNiP 32-01-95. – Moscow : Standartinform, 2024.

6 **Usov, D. A.** Integrated approach to the design of sections of variable stiffness on approaches to bridge structures : dissertation for the degree of Candidate of Technical Sciences : 2.1.8 / Usov Dmitry Andreevich. – Novosibirsk, 2023. – 155 p.

7 Instructions for assessing the condition of the track gauge by track measuring means and measures to ensure train safety" No. 436r. Dated 28.02.2020 // Garant. Information and legal support. – URL: <https://base.garant.ru/73889071/?ysclid=mebcqfzfnj919757678> (date of access: 08/12/2025).

8 **Dylev, E. O.** Regulation of track stiffness on the approach to engineering structures / E. O. Dylev, E. S. Ashpiz // Postgraduate readings : Collection of scientific articles by postgraduate students of RUT (MIIT) / Edited by T. V. Shepitko. Issue 4. – Moscow : Pero, 2021. – P. 79–84. – ISSN 1992-3252.

9 **Zamukhovsky, A. V.** Experimental Survey of Variable Stiffness Sections / A. V. Zamukhovsky, K. V. Merenchenko // World of Transport and Transportation. – 2013. – Vol. 11, No. 3 (47). – P. 74–82. – ISSN 1992-3252.

10 Analysis of Dynamic Characteristics of Deformed Concrete Slab Track on Transition Zone in High-Speed Train Line According to Train Speeds / S. Park, Ja. Ye. Kim, J. Kim [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2020. – Vol. 10, No. 20. – P. 7174. – DOI 10.3390/app10207174.

11 **Fara, A.** Transition Zones for Railway Bridges / A. Fara // Master of Science (120 credits) Civil Engineering. – 2013. – 205 p.

12 Путь для переходных участков при высоких осевых нагрузках // Железные дороги мира. – 2009. – № 2. – С. 74–77. – ISSN 0321-1495.

13 **Марочка, В. В.** Натурные испытания участков с переходным показателем жесткости на подходах к железнодорожным мостам / В. В. Марочка, С. Г. Бобошко, А. Л. Тюткин // Политранспортные системы : Материалы XI Международной научно-технической конференции, Новосибирск, 12–13 ноября 2020 года. – Новосибирск : СГУПС, 2020. – С. 59–63. – ISBN 978-5-00148-173-7.

14 **Локтев, А. А.** Моделирование железнодорожного пути переменной жесткости при динамических воздействиях на верхнее строение / А. А. Локтев, Г. Н. Талашкин, К. Д. Степанов // Транспорт Российской Федерации. – 2016. – № 2–3(63–64). – С. 40–44. – ISSN 1994-831X.

15 **Церех, С. Г.** Статический и динамический анализ сопряжения искусственного сооружения с подходной насыпью / С. Г. Церех, И. Г. Овчинников // Транспортные сооружения. – 2020. – Т. 7, № 1. – С. 2. – DOI 10.15862/03SATS120.

16 **Квашнин, М. Я.** Вибродиагностика подходной насыпи железнодорожного моста / М. Я. Квашнин, С. А. Косенко, И. С. Бондарь // Вестник Сибирского государственного университета путей сообщения. – 2017. – № 2 (41). – С. 34–39. – ISSN 1815-9265.

11 **Fara, A.** Transition Zones for Railway Bridges / A. Fara // Master of Science (120 credits) Civil Engineering. – 2013. – 205 p.

12 A track for transitional sections under high axial loads // Railways of the World. – 2009. – No. 2. – P. 74–77. – ISSN 0321-1495.

13 **Marochka, V. V.** Field tests of sections with a transitional stiffness index on approaches to railway bridges / V. V. Marochka, S. G. Boboshko, A. L. Tyutkin // Polytransport systems : Proceedings of the XI International scientific and technical conference, Novosibirsk, November 12–13, 2020. Novosibirsk : STU, 2020, P. 59–63. – ISBN 978-5-00148-173-7.

14 **Loktev, A. A.** Modeling of a railway track of variable stiffness under dynamic effects on the superstructure / A. A. Loktev, G. N. Talashkin, K. D. Stepanov // Transport of the Russian Federation. – 2016. – No. 2–3 (63–64). – P. 40–44. – ISSN 1994-831X.

15 **Tserekh, S. G.** Static and dynamic analysis of the interface of an engineering structure with an approach embankment / S. G. Tserekh, I. G. Ovchinnikov // Russian Journal of Transport Engineering. – 2020. – Vol. 7, No. 1. – P. 2. – DOI 10.15862/03SATS120.

16 **Kvashnin, M. Ya.** Vibration diagnostics of the approach embankment of the railway bridge / M. Ya. Kvashnin, S. A. Kosenko, I. S. Bondar // Bulletin of the Siberian State Transport University. – 2017. – No. 2 (41). – P. 34–39. – ISSN 1815-9265.

A. L. Lanis, D. A. Usov, E. S. Okhremenko

STIFFNESS ZONES ON APPROACHES TO BRIDGE CROSSINGS

Abstract. One of the strategic directions of development of railway transport is increasing axle load, speeds and intensity of train traffic. Increasing these parameters is complicated by "barrier" places, including approaches to bridge crossings.

To ensure reliability in these areas, the study was conducted based on data obtained from track measuring cars on the West Siberian Railway, as well as on the analysis of scientific and technical literature. A hypothesis was put forward about the presence of four zones, where the approach to the bridge crossing is conditionally divided into sections in which a difference in stiffness is observed. It was revealed that stiffness jumps occur in specific areas and in the same places.

In this regard, a system of zones "span structure – abutment – roadbed" is proposed, which does not depend on operating conditions. A qualitative coincidence of the author's data on the West Siberian Railway with domestic and foreign sources is established.

The work reveals a contradiction between the existing regulatory requirements and actual data on the length of sections of the transition track of variable stiffness, which emphasizes the need for an individual approach to the design of such sections taking into account various operational factors.

Keywords: variable stiffness structure, variable stiffness section, engineering structure, track stiffness, roadbed, stiffness zones.

For citation: Lanis, A. L. Stiffness zones on approaches to bridge crossings / A. L. Lanis, D. A. Usov, E. S. Okhremenko // Vestnik Rostovskogo Gosudarstvennogo Universiteta Putej Soobshcheniya. – 2025. – No. 3. – P. 18–27. – DOI 10.46973/0201–727X_2025_3_18.

Сведения об авторах**Ланис Алексей Леонидович**

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), кафедра «Путь и путевое хозяйство», доктор технических наук, профессор, e-mail: alangeo@bk.ru

Усов Дмитрий Андреевич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), кафедра «Путь и путевое хозяйство», кандидат технических наук, доцент, e-mail: usovda96@ya.ru

Охременко Евгений Сергеевич

Сибирский государственный университет путей сообщения (СГУПС), кафедра «Путь и путевое хозяйство», аспирант-стажер, студент пятого курса, e-mail: okhremencoes@ya.ru

Information about the authors**Lanis Alexey Leonidovich**

Siberian Transport University (STU), Chair “Track and Track Facilities”, Doctor of Engineering Sciences, Professor, e-mail: alangeo@bk.ru

Usov Dmitry Andreevich

Siberian Transport University (STU), Chair “Track and Track Facilities”, Candidate of Engineering Sciences, Associate Professor, e-mail: usovda96@ya.ru

Okhremenko Evgeny Sergeevich

Siberian Transport University (STU), Chair “Track and Track Facilities”, Postgraduate Trainee, Fifth-Year Student, e-mail: okhremencoes@ya.ru