

УДК 625.033

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.136.2013.107905>

Канд. экон. наук Г.А. Омарова (КУПС)

ВЛИЯНИЕ КАЧЕСТВА ВЫПРАВКИ ПУТИ ПРИ ЕГО УСТРОЙСТВЕ НА ТЕМПЫ НАКОПЛЕНИЯ ПРОСАДОК

Представил д-р техн. наук, профессор Т.С. Саржанов

Введение. Современные проблемы дальнейшего развития бесстыкового пути в СНГ имеют довольно глубокие исторические корни. В 30-40-е гг. XX в. эта конструкция достаточно широко применялась в промышленно развитых

странах Европы и Америки. В бывшем СССР ее внедрение задерживалось прежде всего из-за нехватки новых рельсов и других элементов верхнего строения.

Были также и другие причины отставания: слабое промежуточное

(костыльное) скрепление, на главных магистралях использовался в основном песчаный балласт, отсутствовали технические средства для сварки рельсов.

Постановка задачи. Трудоемкость обслуживания бесстыкового железнодорожного пути зависит от установленной скорости движения поездов, темпа накопления остаточных деформаций и величин допускаемых отступлений от нормы.

Изложение материала. По сравнению со звеньевым путем бесстыковой железнодорожный путь имеет меньшее удельное сопротивление движению поездов (до 15 %), расходы электроэнергии и топлива на тягу поездов; меньше объемы работ по выправке пути (до 25 %); продлеваются сроки службы элементов верхнего строения пути (до 25 %); сокращается расход металла на стыковые рельсовые скрепления, повышается комфортабельность езды пассажиров; выше надёжность работы рельсовых цепей автоблокировки; снижается уровень шума (на 5-15 дБ).

Основные деформации верхнего строения железнодорожного пути накапливаются в балластном слое при его сжатии и вибрации под нагрузкой. Темпы накопления остаточных деформаций в балластном слое зависят от многих условий:

- от конструкции пути и характера связей между его элементами, вида и качества балластных материалов;
- засоренности балласта пылеватыми частицами, продуктами разрушения щебня, углем, рудой и другими сыпучими грузами;
- от климатических условий, условий эксплуатации, а также от технологии текущего содержания и ремонтов пути.

Грунт для сооружения земляного полотна железных дорог является самым дешевым строительным материалом. Проблема грунтов многих регионов Казахстана заключается в недостаточной прочности местных просадочных глинистых грунтов, используемых для устройства фундамента пути – земляного

полотна. Недостаточная механическая прочность грунтов приводит к росту амплитуд неровностей рельсовой колеи при движении поездов. При существенном росте скоростей движения и осевых вагонных нагрузок традиционные конструкции земляного полотна, непосредственно контактирующие с верхним строением пути, неэффективны. Они требуют слишком больших затрат на выполнение различных ремонтов пути и на надзор за состоянием пути.

Влияние некоторых факторов на накопление остаточных деформаций изучено больше (например, роль загрязнения балласта), а роль некоторых конструктивных и технологических факторов изучена недостаточно, хотя их учет может существенно повысить эффективность бесстыкового пути.

После укладки, стабилизации и выправки бесстыкового пути из новых материалов в процессе эксплуатации возникают и развиваются просадки пути, перекосы, искривления пути в плане и профиле. Первоначально пологие в плане и профиле неровности постепенно покрываются все возрастающим количеством более коротких и крутых неровностей, и так происходит, пока все протяжение пути не покроют короткие просадки и перекосы разных степеней. С увеличением по протяжению пути доли коротких неровностей усиливается амплитуда колебаний подвижного состава и его силовое воздействие на путь. Возрастают напряжения в элементах пути и соответственно темпы накопления остаточных деформаций.

Напряжения в балласте, как показано в работе [1], определяют темп роста остаточных деформаций пути в соответствии с зависимостью

$$N_1 = N_2 (D_2 / D_1)^n, \quad (1)$$

где D_1, D_2 - дисперсии напряжений в балласте (до образования просадок и после);

N_1, N_2 - количество циклов нагрузки, приводящих к одинаковым остаточным деформациям в балласте;

n - показатель степени (изменяется в пределах от 3 до 4).

Исследовалось влияние накопления просадок пути на дисперсию напряжений в балласте. Для анализа были привлечены характеристики опытных участков пути с разной наработкой тоннажа в регионах Западной Сибири и Казахстана общим протяжением 1170 км со звеньевым и бесстыковым путем. Характеристики лент вагона-путеизмерителя для опытных участков пути вводились с помощью дигитайзера и анализировались на ПК по программе ВИЭП (взаимодействие экипажа и пути) с целью расчета дисперсий напряжений в балласте "Д". Характеристики каждого участка – количество и общая

протяженность просадок пути разных степеней, число замен шпал, наработка тоннажа и др. (10 параметров и величина «Д») заносились в карточки участков. Всего было составлено более 5000 карточек за три года эксплуатации опытных участков пути. Данные карточек были введены в память ПК и подвергнуты корреляционному анализу. В таблице приведена для примера одна из корреляционных матриц для одного из участков пути. Подобные матрицы получены и для остальных участков.

Как видно из анализа данных таблицы, дисперсия напряжений в балластном слое "Д" более всего зависит от количества просадок первой, второй и третьей степеней.

Таблица

Коэффициенты взаимной корреляции характеристик пути

Характеристика пути	Дисперсия "Д"	Пропущенный тоннаж	Число замен шпал	Кол-во просадок 1-й ст.	Кол-во просадок 2-й ст.	Кол-во просадок 3-й ст.
Дисперсия напряжений в балласте "Д"	1,0	0,48	0,24	0,67	0,71	0,60
Пропущенный тоннаж		1,0	0,41	0,48	0,44	0,24
Число замен шпал			1,0	0,21	0,18	0,20
Количество просадок 1-й степени				1,0	0,71	0,28
Количество просадок 2-й степени					1,0	0,43
Количество просадок 3-й степени						1,0

Нужно учесть, что просадки пути третьей степени после прохода вагона-путеизмерителя обычно путейцами

немедленно устраняются. Эти выправки пути при подсчете числа просадок третьей степени в нашем анализе могли быть

учтены не полностью. Возможно поэтому корреляционный коэффициент просадок третьей степени меньше, чем соответствующие коэффициенты корреляции для просадок первой и второй степеней.

Наработка тоннажа в миллионах тонн брутто на километр меньше влияет на величину дисперсии "Д", чем количество просадок. Количество просадок второй степени зависит от числа просадок первой

степени. Из этого следует необходимость качественной выправки бесстыкового пути в плане и продольном профиле при его устройстве и после стабилизации балластного слоя.

Корреляционная зависимость параметра «Д» от количества просадок первой степени S_1 , второй степени S_2 , третьей степени S_3 для бесстыкового пути имеет вид:

$$D = 0.178 + 0.00217S_1 + 0.00121S_2 + 0.0011S_3 \text{ (кг}^2\text{/см}^4\text{)}. \quad (2)$$

На рис. 1 показаны кривые регрессии дисперсии «Д» от суммарной длины просадок в метрах на километр пути и от пропущенного тоннажа в миллионах тонн. Характерно, что пропущенный тоннаж не является доминирующим фактором накопления неровностей пути. Можно даже сказать о наличии очень слабой связи этого процесса с наработкой тоннажа, хотя во многих нормативах наработка является определяющим фактором. В действительности она просто более удобна для традиционных расчетов и поэтому принята основной. Значит эти расчеты не имеют должной основы и должны быть заменены и тогда Департамент пути и сооружений АО «Национальная компания «Казахстан темир жолы» сможет получить существенное и оправданное снижение затрат на текущее содержание железнодорожного пути.

В бесстыковом пути влияние просадок пути чуть меньше, чем в звеньевом, здесь еще меньше влияние наработки тоннажа. Разброс величин «Д» очень велик и это позволяет утверждать, что одна только наработка тоннажа не должна быть критерием для назначения капитального ремонта бесстыкового пути. Суммарная длина просадок имеет более тесную связь с величиной «Д», чем наработка тоннажа.

Из вышеизложенного очевидна необходимость обеспечения высокого качества силового плана и профиля

бесстыкового пути (имеется в виду выправка просадок всех степеней с подъемкой на балласт и оставление в пути только пологих синусоидальных неровностей протяжением более 15-20 м с амплитудой колебаний неровностей не более 2-3 мм с отступлениями по уровню не более 2 мм) при укладке бесстыковых плетей, достигаемая только с помощью компьютерной управляющей системы «Навигатор» для машин ВПР 02 или ВПРС или машины DUOMATIC. При таком качестве геометрии пути расчетная дисперсия напряжений в балласте «Д» (как видно из анализа данных рис. 2) менее 0,18. На рис. 3 показано влияние величины «Д» на скорость накопления остаточных деформаций балластного слоя. При «удовлетворительной» выправке пути («Д»=0,35) остаточные деформации пути накапливаются втрое быстрее, чем при «отличной» выправке с применением компьютерных рихтовочных систем.

По данным профессора Э.П. Исаенко [2], при закладке на Горьковской железной дороге в зоне скоростей пассажирских поездов 150 км/ч и грузонапряженностью 40 млн т в год опытного участка протяжением 2,4 км бесстыкового пути с рельсами Р65, железобетонными шпалами, щебеночным балластом мощностью 0,4 м под шпалой, упругими промежуточными рельсовыми скреплениями типа БПУ была достигнута высокая первоначальная ровность пути за счет использования

выправочной системы «Навигатор». Средняя величина просадки при этом составила 2,0 мм. Последующие 12 лет на участке не выполнялось никаких ремонтов и качество пути летом и зимой оценивалось «отлично», а весной – «хорошо». Из

опытного участка не было изъято ни одного острodefектного рельса. Через 12 лет эксплуатации средняя просадка пути на этом участке составила 4 мм и позволяет иметь максимальную скорость движения поездов 200 км/ч.

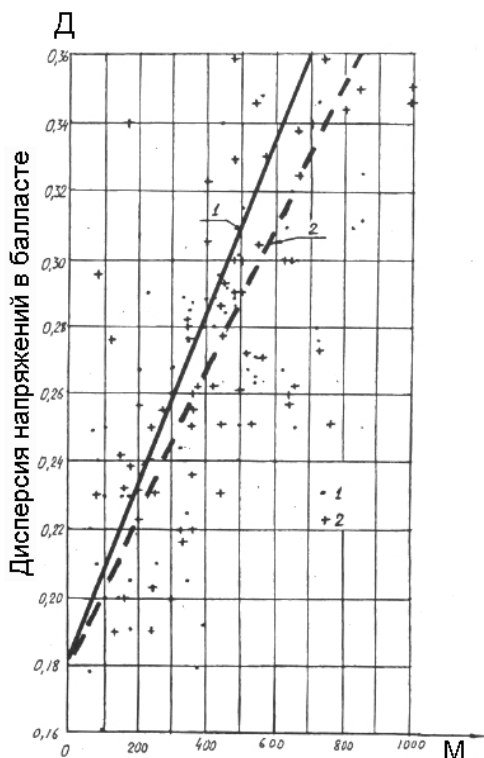


Рис. 1. Зависимость параметра «Д»-дисперсии напряжений в балласте от суммарной длины просадок 2-й и 3-й степени: 1 – бесстыковой путь, 2 – звеньевой путь

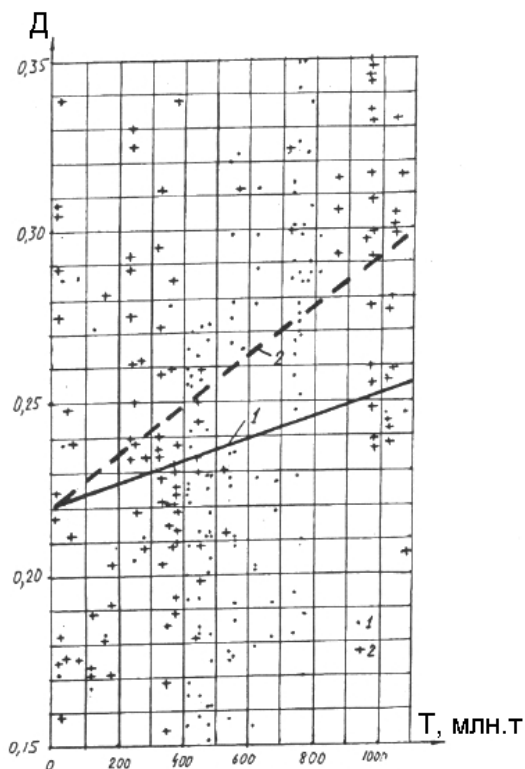


Рис. 2. Зависимость параметра «Д»-дисперсии напряжений в балласте от наработки тоннажа: 1 – бесстыковой путь, 2 – звеньевой путь

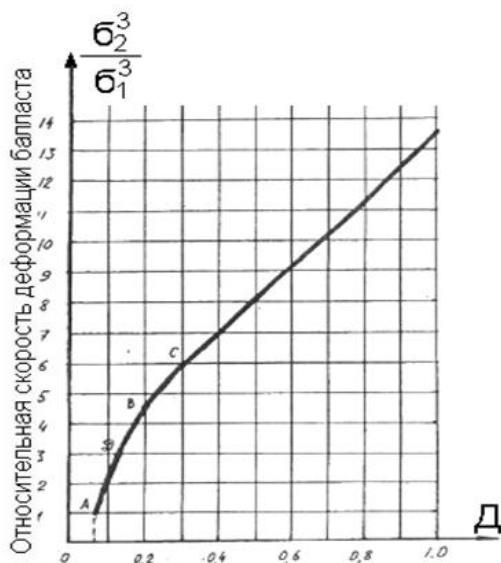


Рис. 3. Зависимость скорости деформации балластного слоя от величины параметра «Д»

При приемке капитально отремонтированного пути в эксплуатацию неровности рельсовой колеи по амплитуде не должны превышать 2 мм и иметь длину более 10 м. Тогда такой путь долго не будет требовать ремонтов.

Выводы. Анализ динамических воздействий поездной нагрузки на земляное полотно показывает, что решающую роль в обеспечении надежности работы основной площадки, в том числе ПДПД укрепления из глинистых грунтов, играет точность расчета устойчивости с учетом пульсационного режима нагружения [3,4]. Так как амплитуды

колебаний основной площадки незначительны и быстро затухают с глубиной, то при скоростном движении поездов для предохранения от вибродеградации верхнего слоя грунта, подстилающего балластную призму, ее укрепляют битумосодержащими породами, плитами и другими материалами. Полученные результаты подтверждают, что укрепление подпорными стенками самое дорогое, а наиболее дешевое укрепление геотекстилем, но оно может производиться только при капитальном ремонте пути, с перерывом движения.

Список литературы

1. Danny Van K. Etude du mechanism de formation leailage descres / Danny Van K. Derboule B., Derache R. – Rext. Met. – 1984. – №7-8. – P. 363-378.
2. Исаенко, Э.П. Подготовка железнодорожного пути к скоростному движению пассажирских поездов [Текст] / Э.П. Исаенко, С.Ю. Иванов, М.В. Безруков. – Нижний Новгород: Горьковская железная дорога, 2001. – 136 с.
3. Бишоп, А.У. Параметры прочности при сдвиге ненарушенных и мятых образцов грунта [Текст] / А.У. Бишоп // Определяющие законы механики грунтов. – М.: Мир, 1975. – С. 7-75.
4. Ващенко, Г.П. Моделирование задачи усиления земляного полотна при наличии ограничений [Текст] / Г.П. Ващенко // Железные дороги в сложных природных условиях: межвуз. сб. науч. трудов. – Новосибирск, 1993. – С. 81-83.

Ключевые слова: грунт, надежность, земляное полотно, деформация, устойчивость, просадка.

Аннотации

Проведено аналіз динамічних дій навантаження потяга на земляне полотно, який показує, що вирішальну роль у забезпеченні надійності роботи основного майданчика, зокрема протидеформаційне і протидефляційне зміцнення, з глинистих ґрунтів виконує точність розрахунку стійкості з урахуванням режиму пульсації навантаження. Досліджувався вплив накопичення просідання колії на дисперсію напруг в баласті.

Проведен анализ динамических воздействий поездной нагрузки на земляное полотно, который показывает, что решающую роль в обеспечении надежности работы основной площадки, в том числе противодеформационные и противодефляционные укрепления из глинистых грунтов, играет точность расчета устойчивости с учетом пульсационного режима нагружения. Исследовалось влияние накопления просадок пути на дисперсию напряжений в балласте.

In article the analysis of dynamic influences of train load of a road bed which shows is carried out that the crucial role in ensuring reliability of work of the main platform, including antideformation and antideflationary strengthenings from clay soil, is played by accuracy of calculation of stability taking into account a pulsationny mode of loading. Influence of accumulation of sags of a way on dispersion of tension in a ballast was investigated.