

УДК 625.173.5

Н. В. Поляничко

Петербургский государственный университет путей сообщения
Императора Александра I

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СТЕПЕНИ УПЛОТНЕНИЯ БАЛЛАСТНОГО СЛОЯ В ШПАЛЬНЫХ ЯЩИКАХ НА СОПРОТИВЛЯЕМОСТЬ СДВИЖКЕ ШПАЛ

В настоящее время на российских железных дорогах применяемые технологии и машины не обеспечивают требуемую степень уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках, поэтому при действии поездной нагрузки на путь в балластном слое появляется распорное боковое давление, балласт под шпалами смещается в зоны шпальных ящиков, разрушается ядро уплотнения. Для повышения качества пути после выправочно-подбивочных работ необходимо уплотнять балластный слой, в том числе в шпальных ящиках. В результате экспериментальных исследований выявлена зависимость сопротивления поперечной и продольной сдвигке шпалы от степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках. Устойчивость шпал при уплотненном балластном слое в шпальных ящиках выше, чем при рыхлом балластном слое.

балластный слой, шпальный ящик, уплотнение балластного слоя, сдвигка шпал.

Введение

В настоящее время для уплотнения и стабилизации балластной призмы железнодорожного пути применяют специализированные уплотнительные выправочно-подбивочные машины (циклического, непрерывно-циклического и непрерывного действия). Для каждого типа машин характерны свои конструкции рабочих органов и способы воздействия на балластную призму. В результате работы выправочно-подбивочных машин степень уплотнения балласта в шпальных ящиках ниже, чем в подшпальных зонах, поэтому при воздействии поездной нагрузки в балластном слое появляется распорное боковое давление, балласт под шпалами смещается в зоны шпальных ящиков, разрушается ядро уплотнения [1]. Во многих странах Европы для достижения равномерной степени уплотнения во всем объеме балластной призмы применяют технологию послойного

уплотнения с использованием машин фирмы Plasser and Theurer [2]. Сотрудники ВНИИЖТ рекомендуют использовать технологию послойного уплотнения балласта (ПУБ) при многократном использовании динамического стабилизатора пути (ДСП) [3]. Применение таких технологий в условиях высокой грузонапряженности российских железных дорог затруднено. Чтобы повысить качество пути после выправочно-подбивочных работ, необходимо уплотнять балластный слой под шпалами, на плечеоткосных зонах и в шпальных ящиках. По результатам исследований ЦНИИ МПС были сделаны выводы о повышении устойчивости шпал при дополнительном уплотнении балластного слоя в шпальных ящиках и в плечеоткосных зонах балластной призмы [4]. Все это обосновывает необходимость исследования влияния уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках на стабильность железнодорожного пути.

1 Исследование влияния степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках на сопротивляемость сдвигу шпал

Целью исследований является изучение влияния различной степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках на сопротивляемость продольной и поперечной сдвигу шпал.

Исследовали один из участков пути Тосненской механизированной дистанции пути (ПЧМ Тосно). Верхнее строение пути представлено звеньевой конструкцией пути с рельсами Р65, скрепления КБ, шпалы железобетонные с эпюрой 1840 шт./км, балласт – щебень из твердых пород с фракциями от 25 до 60 мм.

Шпалу нагружали гидравлическими разгонщиками Р-25 и фиксировали давление с помощью манометров (класс точности 1,5) при смещении шпалы на 0,25; 0,5; 1,0; 2,0 мм; далее до 10 мм через каждые 2 мм. Смещения замеряли с помощью индикатора часового типа с точностью до 0,01 мм.

2 Измерения степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках

Степень уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках измеряли с помощью электронного динамического плотномера грунта ZORN ZFG 3.0. Этот прибор используют для контроля степени уплотнения защитного слоя из песчано-гравийной смеси, укладываемой на основную площадку земляного полотна, при работе машины АНМ 800-Р. Данный прибор измеряет скорость, ускорение и величину осадки, по которым рассчитывают динамический модуль упругости [5]. Чтобы определить степень уплотнения балластного слоя с помощью прибора ZORN ZFG 3.0, была получена зависимость плотности балластного слоя железнодорожного пути от динамического модуля упругости (рис. 1). Для этого были проведены параллельные испытания по определению плотности балластного

слоя железнодорожного пути и динамического модуля упругости на подготовленных участках с различной степенью уплотнения. Для измерения плотности балластного слоя железнодорожного пути выкапывали лунку, подсчитывали объем и взвешивали выкопанный материал.

Из графика видно, что при динамическом модуле упругости 40 МН/м^2 плотность балластного слоя близка к предельному значению 2100 кг/м^3 [1], данная зависимость подтверждается исследованиями института по строительным материалам и инженерии грунта г. Ветцлар [5].

3 Уплотнение балластного слоя в шпальных ящиках

Балластный слой в шпальных ящиках уплотняли с помощью электрической вибрационной шпалоподбойки ЭШП9. Для этого на подбивочное полотно была приварена плита из листового металла габаритами $8 \times 150 \times 150 \text{ мм}$. Электрическая вибрационная шпалоподбойка ЭШП9 оказывала на балластный слой в шпальных ящиках вертикальное динамическое воздействие $1,11 \text{ кг/см}^2$ в течение 10 с, в результате в балластном слое в шпальных ящиках была достигнута средняя плотность 1750 кг/м^3 . Для получения более высокой степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках использовали вибротрамбовку STONE ХН 840. Вибротрамбовка оказывала на балластный слой в шпальных ящиках вертикальное динамическое воздействие $1,72 \text{ кг/см}^2$ в течение 10 с, в результате в балластном слое в шпальных ящиках была достигнута средняя плотность 2015 кг/м^3 .

4 Сопротивление шпалы поперечной сдвигу

Для свободного смещения шпалы поперек пути шпала была освобождена от промежу-

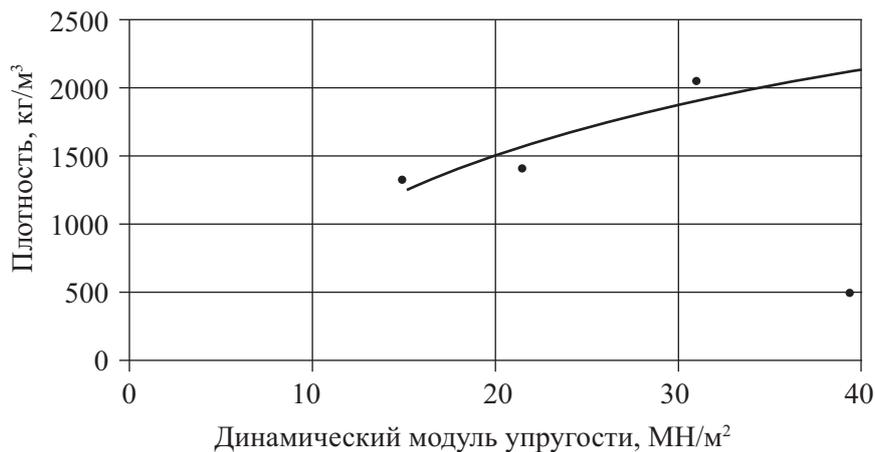


Рис. 1. График зависимости плотности балластного слоя железнодорожного пути от динамического модуля упругости

точных рельсовых креплений. Шпалу нагружали разгонщиком, который упирался одним зажимным клином в торец шпалы, другим в полушпалу, зафиксированную сваями, забитыми в балластный слой. Схема смещения для поперечной сдвижки шпалы представлена на рис. 2.

5 Сопротивление шпалы продольной сдвижке

На промежуточных рельсовых креплениях исследуемой шпалы были ослаблены клеммные болты для свободного смещения шпалы в продольном к оси пути направлении.

Шпалу нагружали двумя гидравлическими разгонщиками, установленными в расширенный шпальный ящик. Схема смещения для продольной сдвижки шпалы представлена на рис. 3.

6 Результаты эксперимента

В результате эксперимента получены зависимости сопротивления шпалы продольной и поперечной сдвижке от различной степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках (рис. 4, 5). Измеренные величины представлены в таблице.

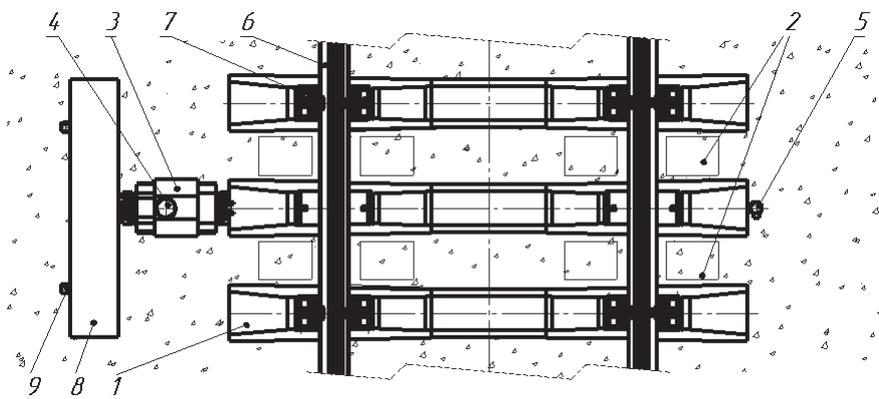


Рис. 2. Схема смещения для поперечной сдвижки:
 1 – шпала; 2 – балластный слой в шпальных ящиках; 3 – гидравлический разгонщик;
 4 – манометр; 5 – индикатор часового типа; 6 – рельс; 7 – промежуточное рельсовое крепление; 8 – полушпала; 9 – свая

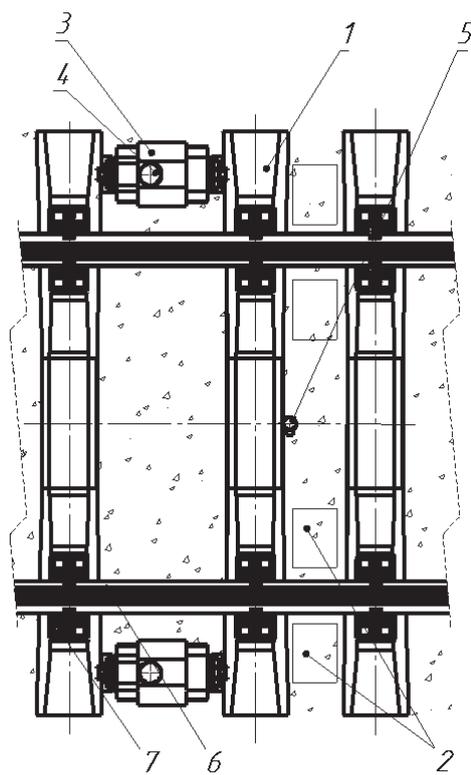


Рис. 3. Схема смещения для продольной сдвижки:
 1 – шпала; 2 – балластный слой в шпальных ящиках;
 3 – гидравлический разгонщик; 4 – манометр; 5 – индикатор часового типа;
 6 – рельс; 7 – промежуточное рельсовое крепление

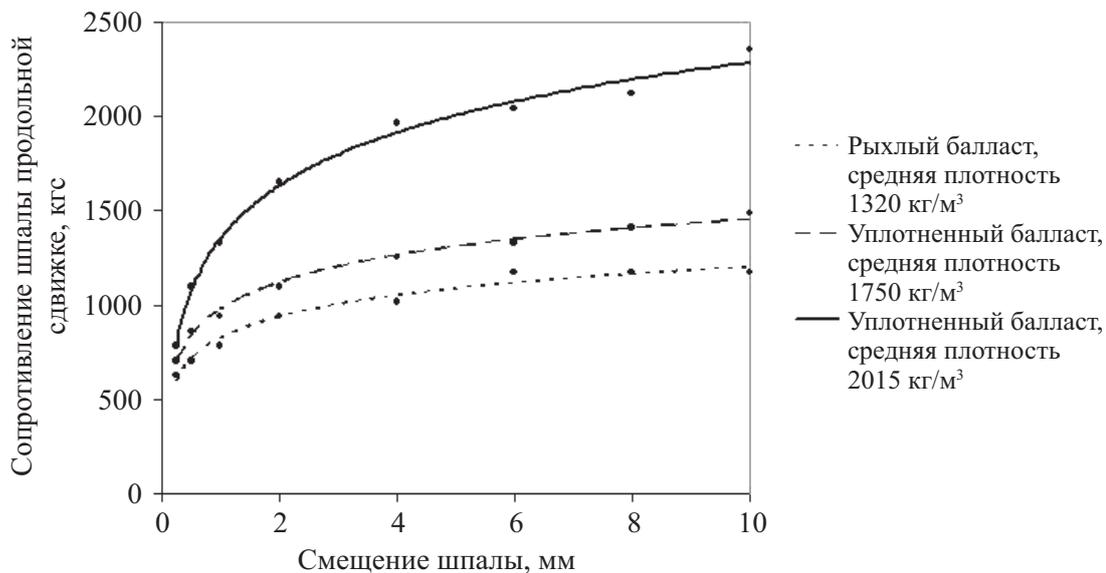


Рис. 4. Сопротивление шпалы продольной сдвижке в зависимости от степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках

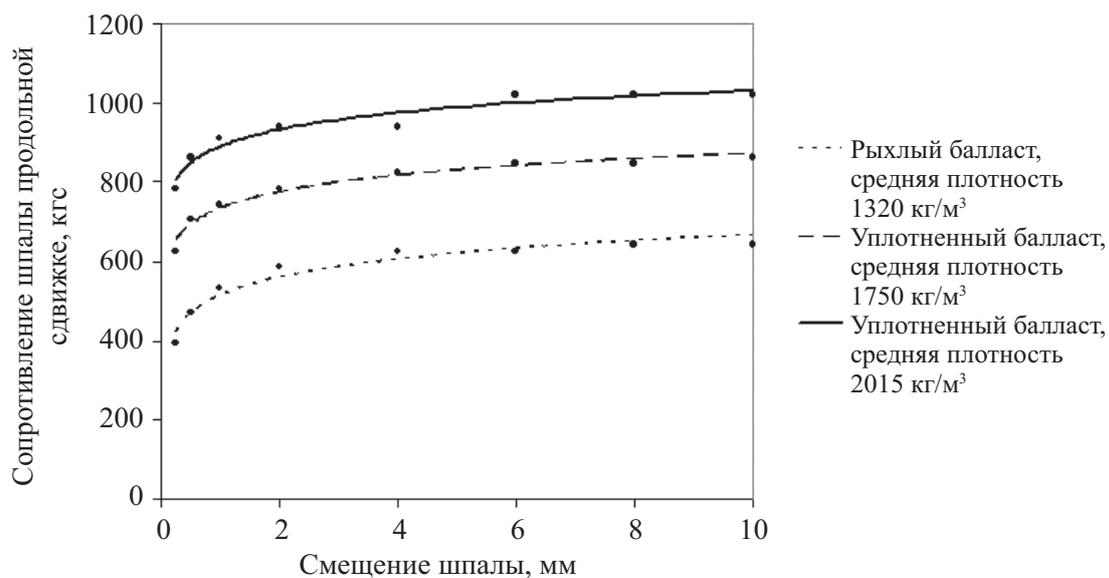


Рис. 5. Сопротивление шпалы поперечной сдвиге в зависимости от степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках

Сопротивление продольной и поперечной сдвиге шпалы при различной степени уплотнения балластного слоя в шпальных ящиках

| Средняя плотность балластного слоя в шпальных ящиках, кг/м ³ | Смещение шпалы, мм | Сопротивление шпалы продольной сдвиге, кгс | Сопротивление шпалы поперечной сдвиге, кгс |
|---|--------------------|--|--|
| 1320 | 0,25 | 626 | 392 |
| | 0,5 | 706 | 470 |
| | 1 | 784 | 532 |
| | 2 | 940 | 588 |
| | 4 | 1020 | 626 |
| | 6 | 1176 | 626 |
| | 8 | 1176 | 642 |
| | 10 | 1176 | 642 |
| 1750 | 0,25 | 706 | 626 |
| | 0,5 | 862 | 706 |
| | 1 | 940 | 744 |
| | 2 | 1098 | 784 |
| | 4 | 1254 | 824 |
| | 6 | 1334 | 846 |
| | 8 | 1412 | 846 |
| | 10 | 1490 | 862 |

Окончание таблицы

| Средняя плотность балластного слоя в шпальных ящиках, кг/м ³ | Смещение шпалы, мм | Сопротивление шпалы продольной сдвигке, кгс | Сопротивление шпалы поперечной сдвигке, кгс |
|---|--------------------|---|---|
| 2015 | 0,25 | 784 | 784 |
| | 0,5 | 1098 | 862 |
| | 1 | 1334 | 910 |
| | 2 | 1648 | 940 |
| | 4 | 1962 | 940 |
| | 6 | 2040 | 1020 |
| | 8 | 2118 | 1020 |
| | 10 | 2354 | 1020 |

Заключение

Анализ результатов исследования показывает, что сопротивление шпалы продольной и поперечной сдвигке при начальных смещениях резко возрастает, далее после достижения критического значения сдвигка стабилизируется. Сопротивление шпалы продольной сдвигке при начальных смещениях и средней плотности балластного слоя в шпальных ящиках 1750 кг/м³ увеличилось на 18%, а при средней плотности 2015 кг/м³ – на 50% по сравнению с рыхлым балластным слоем в шпальных ящиках. Сопротивление шпалы поперечной сдвигке при начальных смещениях при средней плотности балластного слоя в шпальных ящиках 1750 кг/м³ увеличилось на 50%, а при средней плотности 2015 кг/м³ – на 80% по сравнению с рыхлым балластным слоем в шпальных ящиках.

Библиографический список

1. **Путевые** машины : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / С. А. Соломонов, М. В. Попович, В. М. Бугаенко и др. ; под ред. С. А. Соломонова. – Москва : Желдориздат, 2000. – 756 с.
2. **Обеспечение** стабильности железнодорожного пути путевыми машинами после глубокой очистки балластного слоя / М. В. Попович, Б. Г. Волковойнов, А. В. Атаманюк // Транспорт РФ. – 2008. – № 6. – С. 12–15.
3. **Комплексные** технологии уплотнения балластного слоя / Ю. В. Гапеевко, А. Н. Митрохин, Э. Х. Мензулин, Л. Ф. Самохина // Путь и путевое хозяйство. – 2008. – № 10. – С. 14.
4. **Лучше** уплотнять балласт / С. А. Левчиков // Путь и путевое хозяйство. – 1978 – № 6. – С. 21–22.
5. **Электронный** динамический плотномер грунта с легким падающим грузом Zorn ZFG 3.0 : руководство по эксплуатации.