

Лабораторные испытания конструкции трамвайного пути на циклические нагрузки



А. В. Бенин,
канд. техн. наук,
доцент Петербургского
государственного
университета путей
сообщения Императора
Александра I (ПГУПС)



Е. П. Дудкин,
докт. техн. наук,
профессор ПГУПС



Ю. Г. Параскевопуло,
канд. техн. наук,
доцент ПГУПС



Н. Н. Султанов,
аспирант ПГУПС

В течение последних лет в Санкт-Петербурге действует целевая программа модернизации трамвайных путей, в рамках которой к транспортной инфраструктуре с целью обеспечения безопасной и комфортной эксплуатации трамвая предъявляются все более жесткие требования. Как подтвердили лабораторные испытания, новым требованиям к нормативному сроку службы в полной мере соответствует конструкция трамвайного пути с рельсом R160 с прирельсовыми вкладышами фирмы PREFArails и монолитным основанием из фибробетона класса В35.

Модернизация конструкции трамвайного пути влечет за собой применение новых материалов и технологий [1], за счет чего и достигается снижение стоимости строительства, а также повышение уровня комфорта движения пассажиров.

Во всех современных конструкциях используются прирельсовые вкладыши, которые не только поглощают шум и вибрацию от подвижного состава, но и равномерно распределяют нагрузку на бетонное основание, за счет чего обеспечивается расчетный срок службы верхнего строения пути. На применяемые прирельсовые вкладыши разработаны ТУ 2539-002-03222089-2011, но, как показали исследования, распространение требований данных ТУ возможно только на резиновые изделия.

Целью проводимых лабораторных испытаний было изучение соответствия конструкции трамвайного пути с прирельсовыми вкладышами PREFArails (Бельгия) и основанием из фибробетона требованиям по нормативному сроку

службы конструкции. Следует обратить внимание на то, что по ряду показателей данные прирельсовые вкладыши не соответствуют требованиям разработанных ранее ТУ (табл. 1, 2).

Дополнительной целью исследований являлось также доказательство работоспособности основания трамвайных путей, выполненного из фибробетона класса В35. Использование фибробетонного основания вместо железобетонного существенно снижает трудоемкость, сроки работ по укладке и стоимости основания. Такие основания успешно используются в Японии, Швеции, Венгрии и других странах. Однако в России нет опыта их эксплуатации и утвержденной методики расчета фибробетона при динамических нагрузках.

Эти факторы и определили основные задачи лабораторных испытаний, которые решались путем измерения динамических и статических характеристик на физической модели трамвайного пути при циклическом воздействии нагрузки от колеса. Физическая модель трамвайного пути показана на рис. 1.

Программа испытаний предусматривала измерения вертикальных и горизонтальных напряжений в различных точках фибробетона, вкладышей, асфальтобетона и перемещений этих элементов конструкции, а также остаточных деформаций подошвенного вкладыша под действием циклической нагрузки.

Схема расположения датчиков представлена на рис. 2.

Нагружение модели проводилось вертикальной динамической силой с

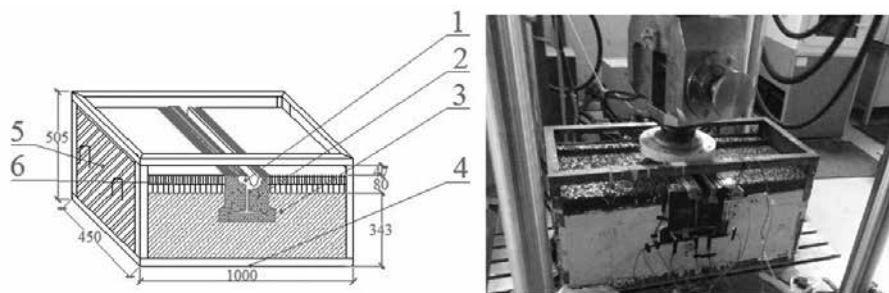


Рис. 1. Физическая модель трамвайного пути:

- 1 – рельс R160; 2 – вкладыши PREFArails; 3 – фибробетон класса В35; 4 – металлический уголок;
- 5 – лист стальной; 6 – асфальтобетон

Таблица 1. Характеристики бокового профиля прирельсовых вкладышей

Заявленный показатель производителя			Требования ТУ 2539-002-03222089-2011
Плотность материала	кг/м ³	950–1150	Не регламентируется
Твердость по Шору	A	55–65	60±7
Прочность на разрыв	МПа	> 0,95	≥2
Относительное удлинение при разрыве	%	> 30	≥100
Остаточная деформация при сжатии	%	< 8	≤60
Скорость ползучести при нагрузке в 0,1 МПа по ISO-8013	%	< 1	Не регламентируется
Водопоглощение	%	< 1	От 0 до 0,5
Модуль упругости	МПа	2,5–8,5	Не регламентируется
Динамический модуль упругости при 5Гц и нагрузке 0,04 ±20%	МПа	< 20	Не регламентируется
Удельное электрическое сопротивление	Ωсм	>108	≥109

Таблица 2. Характеристики подошвенного профиля прирельсовых вкладышей

Заявленный показатель производителя			Требования ТУ 2539-001-03222089-2011
Плотность материала	кг/м ³	690±69	Не регламентируется
Твердость по Шору	A	25–35	50±5
Прочность на разрыв	МПа	< 0,30	≥ 6
Относительное удлинение при разрыве	%	< 40	≥200
Остаточная деформация при сжатии	%	> 10	≤45
Скорость ползучести при нагрузке в 0,1 МПа по ISO-8013	%	> 1	Не регламентируется
Водопоглощение	%	> 1	От 0 до 0,5
Модуль упругости	МПа	0,5–1,25	Не регламентируется
Динамический модуль упругости при 5Гц и нагрузке 0,04 ±20%	МПа	2–6	Не регламентируется
Удельное электрическое сопротивление	Ωсм	> 108	≥109

частотой 5 Гц. Максимальная величина силы равнялась нагрузке от трамвайного колеса на рельс и составляла 42,5 кН. Минимальная – 5 кН. Количество циклов нагружения определено расчетным путем на основе данных ГУП «Горэлектротранс» и соответствовало сроку эксплуатации трамвайного пути не менее 25 лет (5 млн циклов).

Исследования проводились в испытательной лаборатории «Механическая лаборатория им. проф. Н. А. Белелюбского» Петербургского государственного университета путей сообщения.

Данная лаборатория специализируется на испытаниях элементов железнодорожного пути, деталей машин, металлических и железобетонных элементов и других конструкций [2, 3]. При разработке программы испытаний использовались рекомендации [4].

Для экспериментов была применена испытательная машина-пульсатор НВ-250 производства компании Zwick GmbH & Co.KG (Германия). Результаты измерений регистрировались тензометрической станцией «Геркулес». Использовались датчики тензометры

Strain Gauges сопротивлением 120 Ом с базой 20 мм и деформометры М-023-03. Регистрация напряжений и перемещений производилась при 0; 3,3; 6,8; 9,9 и 12,1 млн циклов нагружения.

Проведенные динамические испытания полностью подтвердили работоспособность конструкции. Визуальных разрушений в фибробетонном основании и асфальтовом покрытии не зафиксировано.

Резиновые вкладыши PREFArails показали свою работоспособность. Они без существенных изменений напря-

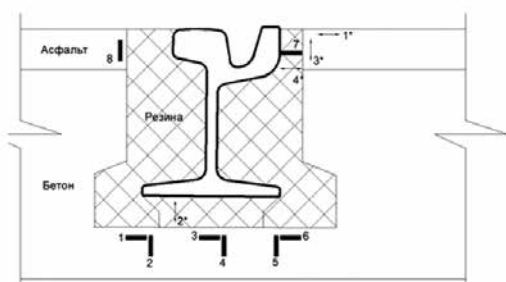


Рис. 2. Схема расположения датчиков

1 — расположение тензометров
(замер напряжений)

1* — расположение деформометров
(замер перемещений)

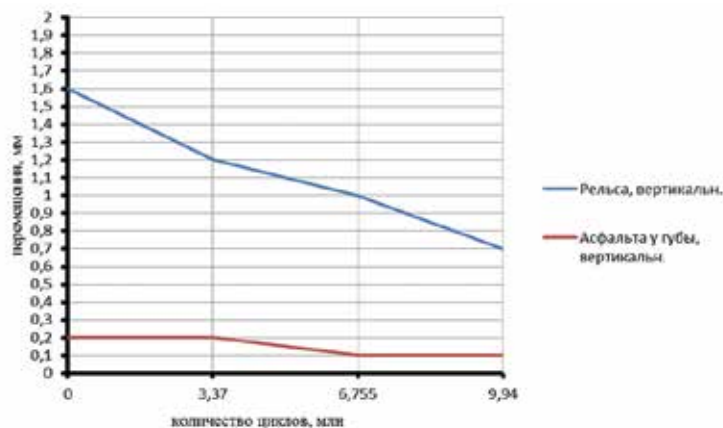


Рис. 3. Перемещения элементов пути в модели

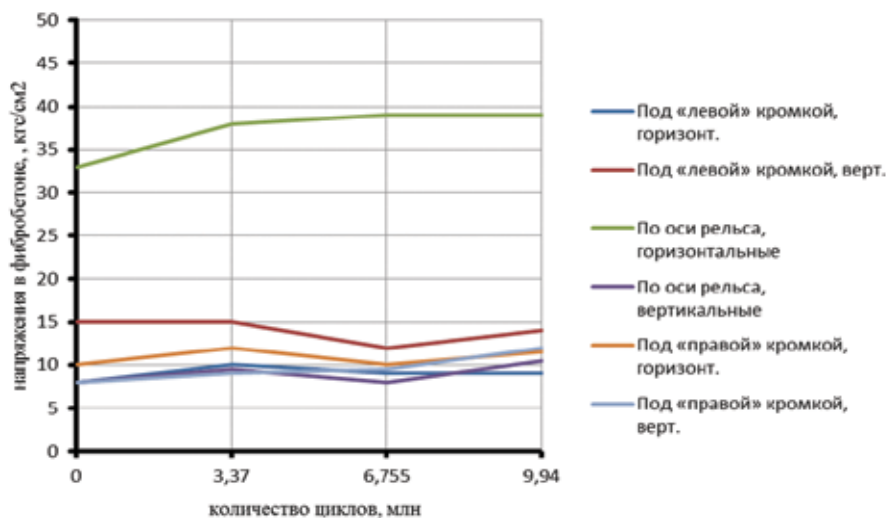


Рис. 4. Напряжения в фибробетоне под рельсом

женно-деформированного состояния и упругих характеристик выдержали более 12 млн циклов нагружения, что в два раза превышает среднее количество циклов при сроке эксплуатации основания 25 лет.

Незначительное уменьшение толщины подошвенных вкладышей за счет остаточных деформаций произошло в начальный период испытаний и после 3,3 млн циклов нагружения составило 1,5 мм, или 4,3 % от толщины вкладыша. В дальнейшем сжатие существенно замедлилось и на момент окончания испытаний составляло 2,0 мм (5,7 %).

Вертикальные упругие перемещения рельсов с ростом количества циклов уменьшились с 1,6 до 0,7 мм (рис. 3) в результате увеличения жесткости подрельсового вкладыша.

Расчетное среднее количество циклов нагружения за 25 лет эксплуатации трамвайного пути по данным ГУП «Горэлектротранс» составляет не более 5 млн. Такое же количество циклов

рекомендуется фирмой Getzner (Германия) как минимальное при стендовых испытаниях прирельсовых вкладышей [5].

При испытаниях конструкций трамвайных путей выяснилось, что в пределах до 5 млн циклов загрузки вертикальные перемещения рельсов находились в пределах 1,0÷1,5 мм, что является наиболее благоприятным с точки зрения динамического воздействия трамвая на путь и комфорта пассажира.

Вертикальные упругие перемещения асфальта оказались в 7–8 раз меньше, чем перемещения рельса. Максимальные горизонтальные перемещения асфальта отмечены в начальный период испытаний (период приработки) и составили 0,28 мм, на период 12,1 млн циклов – 0,08 мм, что гарантирует сохранность асфальтового покрытия.

Напряжения в фибробетоне (рис. 4) значительно меньше допустимых, что подтверждает работоспособность вкла-

дышей во всем диапазоне циклических нагрузок. В начальный период происходит увеличение напряжений в 2–3 раза за счет увеличения жесткости вкладышей, а в дальнейшем напряжения стабилизируются (что хорошо коррелируется с результатами измерения перемещений рельса).

Результаты эксперимента показали соответствие конструкции пути предъявляемым требованиям по циклическим нагрузкам при сроке службы 25 лет, а также возможность применения при строительстве трамвайных путей в Санкт-Петербурге прирельсовых вкладышей PREFArails и основания из фибробетона. ■

Литература

1. Дудкин Е. П., Параскевопуло Ю. Г., Султанов Н. Н. Использование фибробетона в конструкции трамвайных путей // Транспорт РФ. 2012. № 3–4.
2. Елизаров С. В., Каптелин Ю. П., Бенин А. В. Механическая лаборатория им. проф. Н. А. Белелюбского (к 200-летию Петербургского государственного университета путей сообщения) // Alma mater (Вестн. высш. шк.). 2009. № 9. С. 58–64.
3. Куксенко В. С., Томилин Н. Г., Махмудов Х. Ф., Бенин А. В. Прогнозирование потери устойчивости нагруженных элементов конструкций методом акустической эмиссии // Письма в ЖТФ. 2007. Т. 33, вып. 2. С. 31–35.
4. Бенин А. В., Гарбарук В. В. Планирование эксперимента. СПб.: ПГУПС, 2010. 90 с.
5. Loy H., Hofle R. Ermittlung der Danczsehwellfestiqkeit der Getzner Rillensehicnclnaqers (GW RSL 2010/11) in Anlehnung anndic DIN 45673-08 Getzner Werkstoffe GmbH. Herrenau 5 A-6706. Burs/Bludenz.

портал для специалистов транспортной отрасли
www.rostransport.com

ЖУРНАЛ О НАУКЕ, ЭКОНОМИКЕ, ПРАКТИКЕ
ТРАНСПОРТ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Об издании | Распространение | Мероприятия | Подписка | Реклама | Авторы | Медиа-цит |