

Результаты испытаний безбалластных конструкций пути на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ»

А. В. САВИН¹, В. В. ТРЕТЬЯКОВ¹, В. Н. КАПЛИН¹, А. В. ПЕТРОВ¹, К. И. ТРЕТЬЯКОВ²

¹ Акционерное общество «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта» (АО «ВНИИЖТ»), Москва, 129626, Россия

² ООО «Фоссло Бан-Унд Феркерстехник», Москва, 123610, Россия

Аннотация. На Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» в декабре 2016 г. были завершены сравнительные испытания четырех типов безбалластных конструкций пути — LVT (РЖДстрой, Россия), FFB (MaxBögl, Германия), NBT (Alstom, Франция), EBS (Tines, Польша). Пропущенный тоннаж по опытному участку из четырех конструкций составил 600 млн т брутто. Испытания позволили подтвердить работоспособность безбалластного пути для условий Российских железных дорог, выявить особенности текущего содержания каждой из конструкций и дать рекомендации по их совершенствованию. В статье анализируется интенсивность осадки безбалластного пути и переходных участков под поездной нагрузкой.

Проведенные на опытном полигоне АО «ВНИИЖТ» испытания показали, что безбалластный путь может применяться не только для скоростного и высокоскоростного движения, но и для совмещенного и грузового движения. Существенные риски состоят в том, что безбалластный путь более требователен к соблюдению технологии строительства, составу бетонных смесей и качеству подготовки основания.

Ключевые слова: безбалластный путь; осадка; просадка; испытания; переходные участки; текущее содержание

Введение. Решение проблемы освоения растущего объема перевозок грузов и пассажиров при отсутствии резервов провозной и пропускной способности на ряде участков и целых направлений обуславливает необходимость поиска новых конструкций пути, обеспечивающих повышение веса, длины и скорости поездов, минимизации времени на все виды путевых работ.

В современных условиях эксплуатации при повышении осевых нагрузок, росте веса и длины поездов одной из основных проблем становится накопление остаточных деформаций пути. Применение безбалластного пути может стать одним из вариантов повышения стабильности пути.

В мире имеется опыт эксплуатации высокоскоростного движения на балластном и безбалластном верхнем строении пути (БВСП) [1, 2], однако процентное соотношение вновь возводимых линий существенно смещается в сторону безбалластного пути [3, 4, 5, 6]. Вопрос о целесообразности широкого приме-

нения безбалластного пути для условий Российских железных дорог, в том числе для грузового движения, остается открытым.

Испытания безбалластного пути Rheda (RailOne, Германия) на Октябрьской железной дороге [7] и четырех типов БВСП на Экспериментальном кольце АО «ВНИИЖТ» стали одним из основных этапов исследования возможности применения такой конструкции для условий Российских железных дорог. Следующим этапом должны быть испытания на высокоскоростном полигоне, которым, как планируется, станет первая очередь высокоскоростной линии Москва — Казань.

Технология сооружения опытных конструкций. Строительство опытного участка безбалластных конструкций пути производилось в период с августа по третью декаду ноября 2014 г. Обкатка пути с целью стабилизации переходных участков на щебеночном балласте выполнялась до начала декабря 2014 г. В эксплуатацию опытный участок был сдан 3 декабря 2014 г. [8].

Протяженность каждой из четырех безбалластных конструкций составляла 75 м (без переходных участков), суммарная протяженность всего опытного участка — 500 м.

Для всех четырех конструкций на всем фронте работ 500 м земляное полотно сооружалось по одной технологии, одним и тем же подрядчиком, работы проводились на существующем участке второго кольцевого пути. После выемки естественного грунта было уложено два специально подготовленных слоя шириной 7 м с уклоном поверху в поперечном сечении — 0,04 [9].

Первый слой толщиной 50 см представляет собой укрепленный грунт, полученный путем перемещения естественного грунта с полифилизаторами. Среднее значение модуля деформации по второй ветви нагружения с учетом повторной обработки грунта составляет 146 МПа. Проектное значение модуля деформации укрепленного грунта должно быть не менее

80 МПа. Полученные данные статических и динамических испытаний модуля деформации укрепленного полифилизаторами грунта хорошо коррелируют между собой.

Второй слой толщиной 70 см — это щебеночно-гравийно-песчаная смесь (ЩПГС) ТУ 5711-284-01124323-2012. Среднее значение модуля деформации по второй ветви нагружения равно 181,7 МПа, при проектном значении не менее 120 МПа [9].

Верхнее строение пути, а именно сами безбалластные конструкции [8], каждый из производителей соорудил собственными силами.

Условия проведения испытаний. В период с 3 декабря 2014 г. по 20 октября 2016 г. испытания четырех типов безбалластного пути конструкций (Tines, Alstom, MaxBögl, LVT) проводились в прямом участке второго кольцевого пути Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ». Пропущенный тоннаж по опытным участкам составил 606,7 млн т брутто. Нарботка тоннажа обеспечивалась составом, сформированным из электровоза ВЛ80 и 85 полувагонов с нагрузкой 23,5 т на ось. Скорость движения — 70 км/ч. Ежесуточная наработка тоннажа составляла 1,0...1,2 млн т брутто.

Результаты испытаний. После пропуска установленного методикой тоннажа по опытным участкам конструкций Tines, Alstom, MaxBögl, LVT получены данные по напряжениям в рельсах, ускорениям в элементах верхнего строения пути, по состоянию рельсовых скреплений [10, 11], по геометрии рельсовой колеи и состоянию бетонных слоев [2], а также по деформативности бетонных несущих слоев и пере-

ходных участков. В статье подробнее остановимся на деформативности.

Геодезическая съемка осадки пути. Уровень головки рельса по правой и левой нити представлен на рис. 1 и 2. Средние значения осадок и среднеквадратическое отклонение (СКО) на участках безбалластных конструкций при различном тоннаже (через каждые 100 млн т брутто) представлены в таблице. Общая осадка бетонной части (без переходных участков) после пропуска 600 млн т брутто относительно начального положения имеет следующие значения:

— на участке Tines средняя осадка по правой нити составила 9,44 мм, по левой — 6,88 мм, СКО осадки правой нити — 2,95, левой — 3,52. Из всех конструкций это наименьшие значения осадки и наиболее равномерное распределение по длине. Осадка происходила достаточно равномерно по времени;

— на участке Alstom средняя осадка по правой нити составила 15,86 мм, по левой — 19,46 мм, СКО осадки правой нити — 4,47, левой — 4,09. Это наибольшие значения осадки из всех конструкций. Распределение осадки по длине равномерное. По времени наибольшая осадка произошла в период наработки от 200 до 300 млн т брутто;

— на участке MaxBögl средняя осадка по правой нити составила 13,85 мм, по левой — 14,31 мм, СКО осадки правой нити — 3,76, левой — 2,66. Из всех конструкций это наиболее неравномерное распределение осадки по длине плиты. Осадка существенно изменяется на последних 30 м конструкции по ходу движения поезда. По времени наибольшая осадка произошла в период наработки от 200 до 300 млн т брутто;

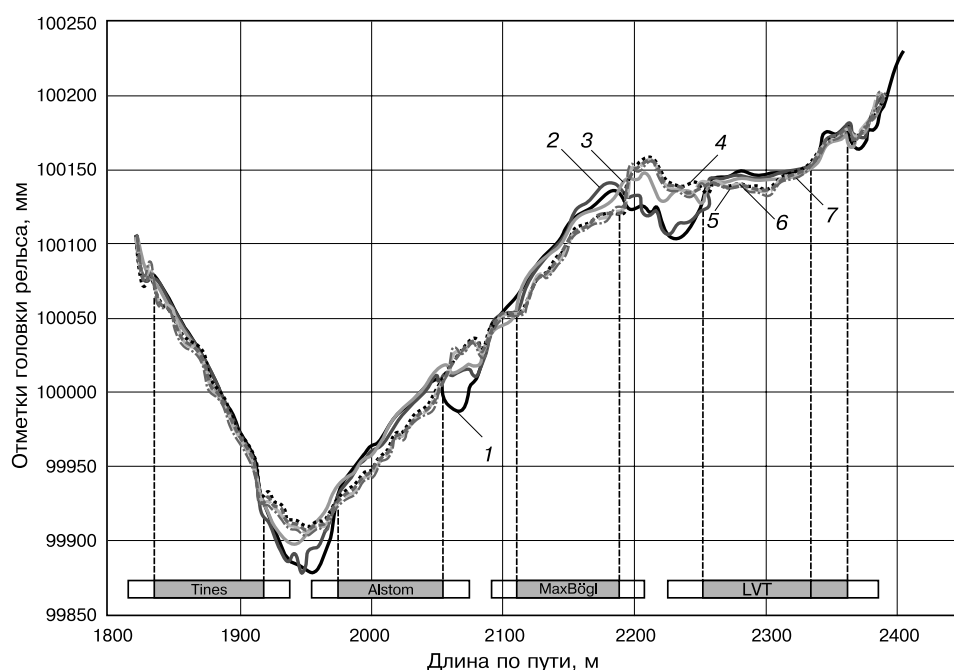


Рис. 1. Уровень головки рельса по правой нити:

- 1 — 01.12.2014 г.;
- 2 — 18.03.2015 г.;
- 3 — 08.07.2015 г.;
- 4 — 09.12.2015 г.;
- 5 — 17.03.2016 г.;
- 6 — 05.07.2016 г.;
- 7 — 19.10.2016 г.

Fig. 1. Level of rail head on right thread:
1 — 01.12.2014;
2 — 18.03.2015;
3 — 08.07.2015;
4 — 09.12.2015;
5 — 17.03.2016;
6 — 05.07.2016;
7 — 19.10.2016

Средние значения осадок и СКО на участках безбалластных конструкций при различном тоннаже
Mean values of sediments and Mean-Square Deviation on sections of ballastless structures with different tonnage

Пропущенный тоннаж, млн т брутто			Tines			Alstom			MaxBögl			LVT		
			переход	плита	переход	переход	плита	переход	переход	плита	переход	переход	плита	переход
0–100	осадка	пр.	1,33	2,13	5,00	–13,0	1,93	–19,75	5,5	–1,23	–2,5	1,2	1,37	–6,0
		лев.	4,00	1,91	13,20	–6,25	2,71	–13,0	10,75	–0,85	1,5	5,8	1,89	–1,92
	СКО	пр.	1,15	1,50	2,24	2,16	2,37	1,59	4,65	4,22	6,4	9,36	1,21	1,77
		лев.	1,00	1,73	2,59	1,26	1,59	3,74	2,87	5,27	9,33	5,5	1,56	2,31
100–200	осадка	пр.	–0,33	2,47	–8,8	–14,5	–2,50	–3,25	–0,25	2,69	–18,75	–15,8	1,87	0,46
		лев.	1,33	2,63	–1,6	–9,75	–1,14	–2,00	2,5	4,54	–13,5	–10,8	0,79	0,54
	СКО	пр.	1,53	0,97	3,7	1,29	2,93	2,63	2,63	6,12	8,5	6,38	0,91	4,24
		лев.	0,58	0,67	3,58	2,75	3,37	4,08	3,7	5,11	9,33	2,77	1,40	4,71
200–300	осадка	пр.	4,33	–0,59	–13,8	3,5	11,79	–6,75	–2,25	10,0	–8,25	–3,80	0,82	–4,38
		лев.	6,67	–2,03	–16,8	5,75	12,79	–2,5	0,50	8,31	–8,50	–2,8	1,26	–0,58
	СКО	пр.	12,86	5,79	8,11	5,26	2,67	11,53	4,65	5,37	4,92	7,6	3,7	3,06
		лев.	7,02	5,82	5,81	9,32	3,31	7,33	5,74	4,01	6,24	5,97	3,36	2,42
300–400	осадка	пр.	–3,67	2,00	2,60	2,0	1,71	–0,5	0,25	0,46	–0,25	0,80	0,53	0,19
		лев.	–3,33	1,5	3,6	2,75	1,82	–0,75	0,75	0,15	0,00	–1,60	0,79	0,62
	СКО	пр.	0,58	2,13	0,55	0,82	0,73	1,91	0,96	1,2	2,5	3,11	1,22	1,44
		лев.	0,58	3,33	1,34	0,5	0,67	1,5	1,26	1,41	1,41	0,55	0,92	0,90
400–500	осадка	пр.	–2,33	1,44	2,20	1,50	1,57	–0,25	0,75	0,77	0,50	0,40	0,58	0,77
		лев.	–1,0	1,06	1,60	2,0	1,68	0,0	1,00	0,69	0,50	–1,00	0,84	0,92
	СКО	пр.	0,58	0,51	0,84	0,58	0,65	1,50	1,26	1,36	1,73	1,82	0,51	0,82
		лев.	1,73	1,77	0,55	0,82	0,46	1,15	1,41	1,11	1,73	0,71	0,83	0,80
500–600	осадка	пр.	–1,67	2,0	2,40	2,00	1,36	–0,25	1,5	1,15	0,75	1,40	0,84	0,92
		лев.	–1,67	1,81	1,80	1,50	1,61	1,25	1,25	1,46	0,75	–0,60	0,84	0,81
	СКО	пр.	1,15	0,52	0,55	0,00	0,5	1,5	0,56	1,28	1,89	0,55	0,37	0,39
		лев.	0,58	1,22	0,45	0,58	0,49	0,50	0,50	0,52	1,89	0,89	0,60	0,49
0–600	осадка	пр.	–2,33	9,44	–10,4	–18,5	15,86	–30,75	5,50	13,85	–28,50	–15,80	6,00	–8,04
		лев.	6,00	6,88	1,80	–4,00	19,46	–17,0	16,75	14,31	–19,25	–11,0	6,42	0,38
	СКО	пр.	12,66	3,52	9,96	9,15	4,47	9,91	4,12	3,76	4,93	13,75	3,68	4,41
		лев.	9,64	3,52	10,23	5,48	4,09	7,07	2,63	2,66	4,92	13,60	3,72	4,29

– на участке LVT средняя осадка по правой нити составила 6,00 мм, по левой — 6,42 мм, СКО осадки правой нити — 3,68, левой — 3,72. Наибольшая осадка наблюдается в средней части плиты. По времени наибольшая осадка произошла в период наработки от 200 до 300 млн т брутто.

Для всех конструкций характерна наибольшая неравномерность осадки в период наработки тоннажа от 0 до 200 млн т брутто и наибольшая интенсивность осадки в период наработки от 200 до 300 млн т брутто. Неравномерность осадки конструкций связана с различным уровнем грунтовых вод на опытных участках и различиями в уплотнении слоя тощего бетона. Наибольшая интенсивность осадки приходится на весенний период 2015 г., когда наблюдалось активное таяние снега и насыщение земляного полотна талыми водами. Данные результаты касаются только осадок несущих бетонных

плит опытных безбалластных конструкций, осадки переходных участков будут рассмотрены отдельно.

Наибольшие просадки отмечаются в местах разрушения гидравлически связанного несущего слоя (ГСНС), расположенного под бетонным несущим слоем, которое наблюдается на всех конструкциях безбалластного пути. Это связано с тем, что при прогибе несущей бетонной плиты образуется зазор между ней и ГСНС. В этот зазор при движении поезда попадает вода, и вследствие гидравлического удара начинается микроразрушение ГСНС, которое приводит к постепенному увеличению зазора. Это явление начинает наблюдаться в период таяния снега весной и в периоды обильных дождей. На Экспериментальном кольце это явление становится заметным после пропуска 500 млн т брутто, как правило, во второй весенний период после укладки.

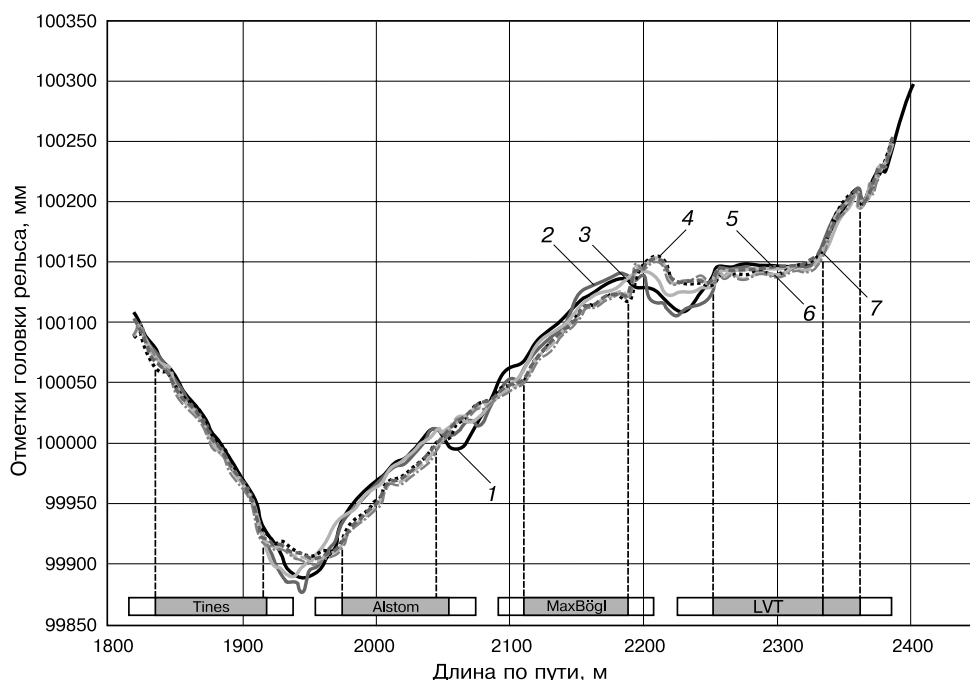


Рис. 2. Уровень головки рельса по левой нити:
1 — 01.12.2014 г.;
2 — 18.03.2015 г.;
3 — 08.07.2015 г.;
4 — 09.12.2015 г.;
5 — 17.03.2016 г.;
6 — 05.07.2016 г.;
7 — 19.10.2016 г.

Fig. 2. Level of rail head on left thread:
1 — 01.12.2014;
2 — 18.03.2015;
3 — 08.07.2015;
4 — 09.12.2015;
5 — 17.03.2016;
6 — 05.07.2016;
7 — 19.10.2016

Состояние переходных участков. Просадка переходных участков как абсолютное перемещение измерялась геодезическими средствами один раз в квартал, как и на безбалластных конструкциях, и представлена на рис. 3–6. При этом интенсивность осадки потребовала проведения работ по периодической выправке пути между безбалластными конструкциями. По этой причине будем анализировать не осадку, а просадку пути, которая измерялась один раз в месяц штатным путеизмерительным вагоном.

Просадки переходных участков [12] проанализированы по результатам проходов путеизмерительных вагонов с периодичностью 1 раз в месяц, или примерно через каждые 30 млн т брутто. Наиболее интенсивные просадки до 35 мм наблюдались в первый месяц эксплуатации, что требовало их еженедель-

ной выправки электрошпалоподбойками (ЭШП) и выправочно-подбивочно-рихтовочной машиной (ВПР). Максимальные просадки, зафиксированные вагоном-путеизмерителем в процессе дальнейшей эксплуатации, составили 16 мм. При этом просадки входных переходных участков существенно больше, чем выходных. Наихудшее состояние по истираемости щебня наблюдается у входного переходного участка LVT, конструктивно выполненного с металлической консолью переменного сечения в щебеночном балласте [12]. При этом лучшее состояние зафиксировано у выходного переходного участка LVT с обрезиненными подошвами шпал и у Alstom на переходном участке с подшпальными прокладками. Следует отметить, что переходные участки Alstom имеют дополнительные рельсы внутри колеи. В процессе эксплуатации потребовалась полная замена креплений для этих рельсов, так как резьбовые шпильки крепления к бетонному основанию не выдерживали нагрузки. Наименьшая величина просадки переходных участков наблюдается у конструкции MaxBögl.

Графики интенсивности просадок на переходных участках по результатам проходов вагона-путеизмерителя и периодичности их выправки представлены на рис. 3–6.

Трудозатраты на текущее содержание. Трудозатраты на текущее содержание примерно сопоставимы для всех конструкций.

Наиболее проблемные места для всех опытных конструкций (Tines, Alstom, MaxBögl, LVT) — это переходные участки между безбалластным путем и путем на балласте. Просадки в этих местах достигли 40 мм и своевременно выправлялись путем подбивки

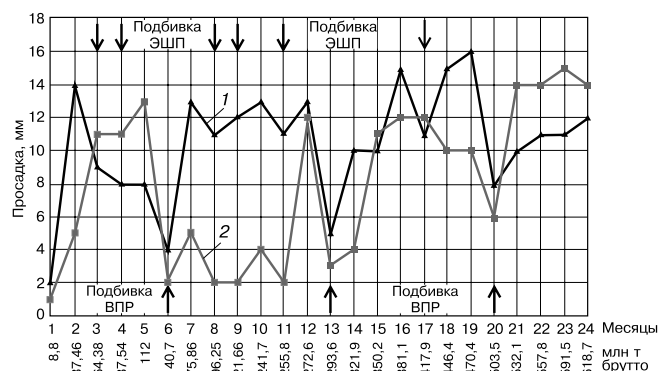


Рис. 3. Просадки переходных участков Tines:
1 — просадка (вход); 2 — просадка (выход)

Fig. 3. Settlements of transitional sections of Tines designs:
1 — settlement (input); 2 — settlement (output)

шпал ЭШП и машиной ВПР. В наихудшем состоянии находился первый переходный участок LVT с металлической консолью переменного сечения в балласте. Интенсивное разрушение нижней части шпал, опирающихся на специальные площадки металлической консоли, потребовало их замены в количестве 5 шт. Кроме того, на этом участке был заменен щебень.

Наименьшие просадки наблюдались на втором переходном участке LVT, где использованы шпалы компании RailOne (Германия), к подошвам которых дополнительно были приклеены полимерные подшпальные прокладки. В процессе эксплуатации выполнены следующие ремонтные работы:

- на участке LVT произведена герметизация многочисленных трещин бетонного слоя. Выполнена замена 64 блоков со скреплением Schwihag (Германия), замена 5 шпал и щебня на первом переходном участке;

- на участке MaxBögl выполнена герметизация продольного стыка плит и асфальтового покрытия междупутья, проведена замена сломанных клемм (3 шт.) и бокового упора (1 шт.) на бетонной плите MaxBögl;

- на участке Alstom произведена замена 16 болтов крепления дополнительных рельсов на шпалах переходных участков, заменены все скрепления дополнительных рельсов на бетонной плите;

- на участке Tines произведена ликвидация выплесков путем герметизации шва бетонной несущей плиты и тощего бетона, выправка по уровню на регулировочные карточки в скреплении Vossloh W30 (Германия) — 13 шт.

Трудозатраты на текущее содержание безбалластных конструкций пути в период наработки 600 млн т брутто составляют:

- Tines — 279,5 чел.ч, 15,5 маш.ч;
- Alstom — 180,5 чел.ч, 6,5 маш.ч;
- MaxBögl — 112,5 чел.ч, 9,0 маш.ч;
- LVT — 210,0 чел.ч, 16,5 маш.ч.

Наименьшее значение трудозатрат на текущее содержание имеет конструкция MaxBögl. Это связано с тем, что путевые бетонные плиты, примененные при укладке, имеют заводское изготовление. Кроме того, это единственная конструкция на опытном участке, у которой междупутье заасфальтировано для уменьшения попадания дождевой и талой воды под плиту.

Сравнительная оценка опытных конструкций. По результатам пропуска 600 млн т брутто можно считать, что все опытные безбалластные конструкции выдержали испытания и соответствуют требованиям безопасности движения.

Сравнительная оценка четырех безбалластных конструкций с учетом весовых коэффициентов их многочисленных характеристик, полученная путем изучения экспертной оценки членов секции «Путевое хозяйство» Научно-технического совета ОАО «РЖД» (Протокол НТС № 16, утвержден старшим

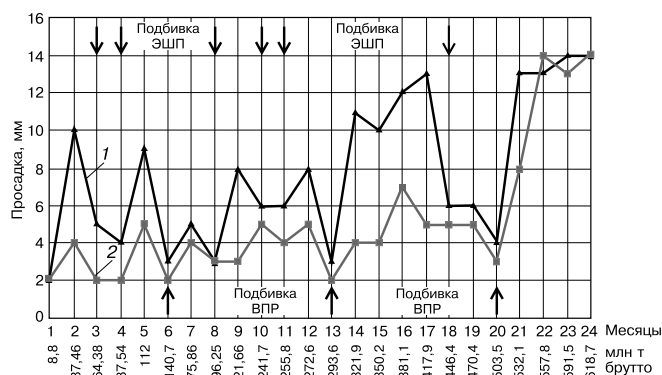


Рис. 4. Просадка переходных участков Alstom:

1 — просадка (вход); 2 — просадка (выход)

Fig. 4. Settlements of transitional sections of Alstom designs:

1 — settlement (input); 2 — settlement (output)

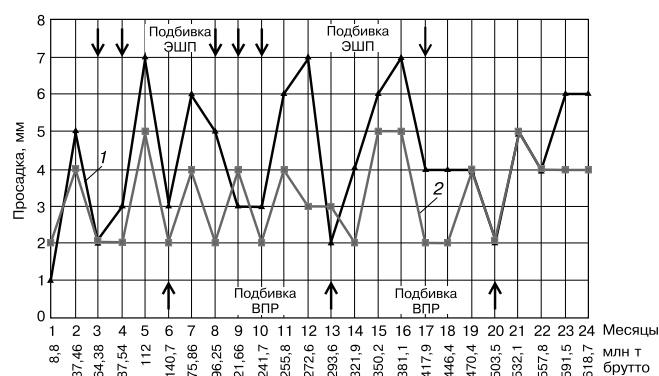


Рис. 5. Просадка переходных участков MaxBögl:

1 — просадка (вход); 2 — просадка (выход)

Fig. 5. Settlements of transitional sections of MaxBögl designs:

1 — settlement (input); 2 — settlement (output)

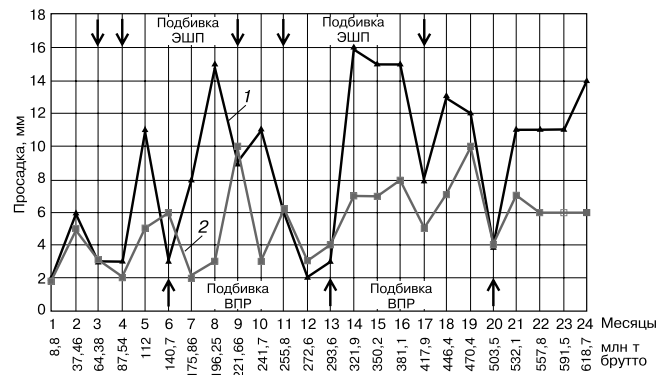


Рис. 6. Просадка переходных участков LVT:

1 — просадка (вход); 2 — просадка (выход)

Fig. 6. Settlements of transitional sections of LVT designs:

1 — settlement (input); 2 — settlement (output)

вице-президентом ОАО «РЖД» В. А. Гапановичем 23 июня 2016 г.), показывает, что по совокупности характеристик условные места распределились следующим образом: 1 место — MaxBögl, 2 — Alstom, 3 — LVT и 4 место — Tines. Это распределение мест относится только к опытным участкам на Эксперимен-

тальном кольце, длина которых для полноценного анализа явно недостаточна. Следует отметить, что такая оценка является условной и в значительной степени зависит от того или иного набора экспертов, определяющих весовые коэффициенты. Кроме того, в данной оценке не учитывалась стоимость сооружения сравниваемых конструкций [13]. Окончательный выбор среди множества конструкций безбалластного пути [14, 15] должен осуществляться на основе продолжительности [16] и стоимости [17] жизненного цикла с учетом соответствующих коэффициентов дисконтирования.

Выводы. 1. Проведенные испытания четырех типов безбалластных конструкций пути LVT (РЖДстрой, Россия), FFB (MaxBögl, Германия), NBT (Alstom, Франция), EBS (Tines, Польша), а также ранее проведенные испытания конструкции Rheda (RailOne, Германия) показали, что для безбалластного пути на земляном полотне наиболее критичными являются не напряжения в элементах конструкции, а величины вертикальных осадок.

В местах максимальных значений осадок верхней несущей бетонной (железобетонной) плиты происходит последующее разрушение нижележащего слоя ГСНС из тощего бетона.

2. Испытания на Экспериментальном кольце под составом с осевой нагрузкой 23,5 т показали, что БВСП может применяться и для грузового движения.

3. Окончательный выбор среди рассматриваемых конструкций безбалластного пути должен осуществляться на основе стоимости жизненного цикла с учетом соответствующих коэффициентов дисконтирования и фактических условий эксплуатации.

4. Безбалластный путь нецелесообразно устраивать на одном из путей двухпутного участка. Необходимо исключить попадание воды между несущей бетонной плитой и ГСНС.

5. Существенные риски состоят в том, что безбалластный путь более требователен к соблюдению технологии строительства, составу бетонных смесей и качеству подготовки основания, о чем свидетельствуют выплески из-под бетонной несущей плиты. Вероятность появления неисправности на безбалластном пути существенно меньше, но риск резкого увеличения затрат на ее устранение существенно выше.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Darr E., Fiebig W. Feste Fahrbahn. Konstruktion und Bauarten für Eisenbahn und Straßenbahn. Hamburg: Eurailpress, 2006. 272 s.
2. Nigel O., Franz Q. Innovative Track Systems Criteria for their Selection. Project funded by the European Community, Directorate General Energy and Transport Under the 'Competitive and Sustainable Growth' Programme. ProMain. Cologne: TÜV Intertraffic, 2001. P. 50–58.

3. Lichtberger B. Track compendium. First edition. Hamburg: Eurailpress, 2005. P. 19–22.
4. Bezin Y., Farrington D., Penny C., Temple B., Iwnicki S. The dynamic response of slab track constructions and their benefit with respect to conventional ballasted track. Manchester: Taylor & Francis, 2010. 56 p.
5. Michas G. Slab Track Systems for High-Speed Railways // Division of Highway and Railway Engineering. Department of Transport Science School of Architecture and the Built Environment. Royal Institute of Technology. Stockholm, 2012. 107 p. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/69f8/d0e5d9c8572bad83cfdafae1eb2f00262b20d.pdf>.
6. Schilder R., Diederich D. Installation Quality of Slab Track – A Decisive Factor for Maintenance. RTR Special, Austria, 2007. P. 20–25.
7. Ермаков В. М., Загитов Э. Д. Опытный полигон на линии Санкт-Петербург—Москва // Путь и путевое хозяйство. 2011. № 5. С. 2–5.
8. Савин А. В. Экспериментальное кольцо: укладка новых конструкций пути // Путь и путевое хозяйство. 2015. № 2. С. 12–15.
9. Савин А. В., Дыдышко П. И. Безбалластный путь и его основание // Железнодорожный транспорт. 2015. № 12. С. 39–41.
10. Петров А. В., Савин А. В., Лебедев А. В. Рельсовые скрепления, применяемые в безбалластных конструкциях пути на Экспериментальном кольце ОАО «ВНИИЖТ» // Путь и путевое хозяйство. 2015. № 12. С. 2–5.
11. Савин А. В., Петров А. В., Третьяков К. И. Испытания безбалластных конструкций пути // Техника железных дорог. 2016. № 2 (34). С. 28–38.
12. Савин А. В. Участки переменной жесткости для безбалластного пути // Путь и путевое хозяйство. 2014. № 8. С. 2–6.
13. Савин А. В. Выбор конструкции пути для высокоскоростного движения // Вестник ВНИИЖТ. 2014. № 1. С. 55–59.
14. Савин А. В. Итоги испытаний безбалластного пути // Техника железных дорог. 2017. № 1. С. 26–31.
15. Исследования безбалластной конструкции верхнего строения пути / А. В. Савин [и др.] // Вестник ВНИИЖТ. 2015. № 6. С. 23–32.
16. Коган А. Я., Савин А. В. Методика определения расчетного срока службы безбалластного пути // Вестник ВНИИЖТ. 2017. Т. 76. № 1. С. 3–9. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-1-3-9>
17. Савин А. В., Разуваев А. Д. Сферы применения безбалластного пути // Техника железных дорог. 2016. № 3. С. 32–41.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

САВИН Александр Владимирович,

канд. техн. наук, заместитель генерального директора — начальник Испытательного центра железнодорожной техники, АО «ВНИИЖТ»

ТРЕТЬЯКОВ Василий Владимирович,

канд. техн. наук, старший научный сотрудник отделения «Комплексные исследования по взаимодействию пути и подвижного состава», АО «ВНИИЖТ»

КАПЛИН Валерий Николаевич,

начальник Экспериментального кольца АО «ВНИИЖТ»

ПЕТРОВ Александр Владимирович,

аспирант, АО «ВНИИЖТ»

ТРЕТЬЯКОВ Кирилл Иванович,

аспирант, АО «ВНИИЖТ»; инженер по проектам, ООО «Фоссло Бан-унд Феркерстехник»

Статья поступила в редакцию 13.03.2017 г., актуализирована 20.06.2017 г., принята к публикации 24.07.2017 г.

Results of tests of ballastless track designs on the Test Loop of JSC "VNIIZhT"

A. V. SAVIN¹, V. V. TRET'YAKOV¹, V. N. KAPLIN¹, A. V. PETROV¹, K. I. TRET'YAKOV²

¹ Joint Stock Company "Railway Research Institute" (JSC "VNIIZhT"), Moscow, 129626, Russia

² LLC "Vossloh Bahn- und Verkehrstechnik", Moscow, 123610, Russia

Abstract. In December 2016 at the Test Loop of JSC "VNIIZhT" comparative testing of four types of ballastless track designs (BVSP) — LVT (RZDstroy, Russia), FFB (MaxBögl, Germany), NBT (Alstom, France), EBS (Tines, Poland) — have been completed. The passed tonnage for the pilot section of the four structures was 600 million tonnes gross. The article analyzes the intensity of settlement of the ballastless track and in transitional sections under the train load.

Conducted tests of four types of ballastless track designs LVT (RZDstroy, Russia), FFB (MaxBögl, Germany), NBT (Alstom, France), EBS (Tines, Poland) and earlier tests of the Rheda (RailOne, Germany) design showed that for the ballastless track on the subgrade, the most critical are not the stresses in the structural elements, but the values of the vertical settlements. In the places of maximum values of the settlement of the upper bearing concrete (reinforced concrete) slab, the underlying layer of the hydraulically linked bearing layer of lean concrete is subsequently destroyed. Tests on the Test Loop of the train with an axial load of 23.5 tons showed that the BVSP design can be used for freight traffic.

It is impractical to arrange ballastless track on one of the track of a two-track section. It is necessary to exclude the ingress of water between the bearing concrete slab and the hydraulically linked bearing layer (HLBL). The significant risks are that the ballastless track is more demanding for maintain the construction technology, the composition of the concrete mixes and the quality of the substrate preparation, as evidenced by splashes from the concrete bearing slabs.

The probability of a malfunction on the ballastless track is much smaller, but the risk of a sharp increase in the costs of its elimination is much higher.

Tests made it possible to confirm the working capacity of the ballastless railway track for the conditions of the Russian railways, to reveal the features of the current maintenance of each design and to give recommendations on its improvement. The tests carried out at JSC "VNIIZhT" test site showed that the ballastless track can be used not only for express and high-speed traffic, but also for combined and freight traffic.

Keywords: ballastless track; depression; settlement; tests; transition sections; track maintenance

DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-4-195-201>

REFERENCES

1. Darr E., Fiebig W. *Feste Fahrbahn. Konstruktion und Bauarten für Eisenbahn und Straßenbahn*. Hamburg, Eurailpress, 2006, 272 p. (in Ger.).
2. Nigel O., Franz Q. *Innovative Track Systems Criteria for their Selection*. Project funded by the European Community, Directorate General Energy and Transport Under the 'Competitive and Sustainable Growth' Programme. ProMain. Cologne, TÜV Intertraffic, 2001, pp. 50–58.
3. Lichtberger B. *Track compendium*. First edition. Hamburg, Eurailpress, 2005, pp. 19–22.
4. Bezin Y., Farrington D., Penny C., Temple B., Iwnicki S. *The dynamic response of slab track constructions and their benefit with respect to conventional ballasted track*. Manchester, Taylor & Francis, 2010, 56 p.
5. Michas G. Slab Track Systems for High-Speed Railways // Division of Highway and Railway Engineering, Department of Transport Science School of Architecture and the Built Environment, Royal Institute of Technology. Stockholm, 2012, 107 p. URL: <https://pdfs.semanticscholar.org/69f8/d0e5d9c8572bad83cfdaf1eb2f00262b20d.pdf>.

6. Schilder R., Diederich D. *Installation Quality of Slab Track – A Decisive Factor for Maintenance*. RTR Special, Austria, 2007, pp. 20–25.

7. Ermakov V.M., Zagitov E.D. *Opytnyy poligon na linii Sankt-Peterburg – Moskva* [Testing ground on the line St. Petersburg – Moscow]. Put' i putevoe khozyaystvo [Railway Track and Facilities], 2011, no. 2, pp. 2–5.

8. Savin A.V. *Eksperimental'noe kol'tso: ukladka novykh konstruktiv puti* [Test Loop: laying of new constructions of the track]. Put' i putevoe khozyaystvo [Railway Track and Facilities], 2015, no. 2, pp. 12–15.

9. Savin A.V., Dydyshko P.I. *Bezballastnyy put' i ego osnovanie* [Ballastless track and its foundation]. Zheleznodorozhnyy transport, 2015, no.12, pp. 39–41.

10. Petrov A.V., Savin A.V., Lebedev A.V. *Rel'sovye skrepleniya, primenyaemye v bezballastnykh konstruktivakh puti na Eksperimental'nom kol'tse OAO "VNIIZhT"* [Rail fasteners used in ballastless track designs on the Test Loop of JSC "VNIIZhT"]. Put' i putevoe khozyaystvo [Railway Track and Facilities], 2015, no. 12, pp. 2–5.

11. Savin A.V., Petrov A.V., Tret'yakov K.I. *Ispytaniya bezballastnykh konstruktiv puti* [Testing of ballastless track designs]. Tekhnika zheleznikh dorog [Railway engineering], 2016, no. 2 (34), pp. 28–38.

12. Savin A.V. *Uchastki peremennoy zhestkosti dlya bezballastnogo puti* [Variable stiffness areas for the ballastless track]. Put' i putevoe khozyaystvo [Railway Track and Facilities], 2014, no. 8, pp. 2–6.

13. Savin A.V. *Vybor konstruktiv puti dlya vysokoskorostnogo dvizheniya* [Choosing track design for high-speed traffic]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2014, no. 1, pp. 55–59.

14. Savin A.V. Test results of the ballastless track. Engineerings of the railways, 2017, no. 1, pp. 26–31.

15. Savin A.V., Brzhezovskiy A.M., Tret'yakov V.V., Smelyanskiy I.V., Tolmachev S.V. *Issledovaniya bezballastnoy konstruktiv verkhney stroeniya puti* [Studies of a ballastless track superstructure]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2015, no. 6, pp. 23–32.

16. Kogan A.Ya., Savin A.V. *Metodika opredeleniya raschetnogo sroka sluzhby bezballastnogo puti* [Method for determining estimated service life of the ballastless track]. Vestnik VNIIZhT [Vestnik of the Railway Research Institute], 2017, Vol. 76, no. 1, pp. 3–9. DOI: <http://dx.doi.org/10.21780/2223-9731-2017-76-1-3-9>.

17. Savin A.V., Razuvaev A.D. Scopes of application of the ballastless track. Engineerings of the railways, 2016, no. 3, pp. 32–41.

ABOUT THE AUTHORS

Alexander V. SAVIN, Cand. Sci. (Eng.), Deputy General Director – Head of the Test Center of railway transport, JSC "VNIIZhT"

Vasily V. TRET'YAKOV, Cand. Sci. (Eng.), Senior Researcher of the Department "Complex tests on interaction of track and rolling stock", JSC "VNIIZhT"

Valeriy N. KAPLIN, Head of the Test Loop of JSC "VNIIZhT"

Alexander V. PETROV, Post-Graduate, JSC "VNIIZhT"

Kirill I. TRET'YAKOV, Post-Graduate, JSC "VNIIZhT"; Project Engineer, LLC "Vossloh Bahn- und Verkehrstechnik"

Received 13.03.2017

Revised 20.06.2017

Accepted 24.07.2017

■ E-mail: savin.aleksandr@vniizht.ru (A. V. Savin)