

УДК 656.21.08

Е. А. ФИЛАТОВ

*Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель
filatoff.ea@yandex.ru*

ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРЕЛОЧНЫХ ГОРЛОВИН СТАНЦИЙ, СПЕЦИАЛИЗИРОВАННЫХ НА ОБСЛУЖИВАНИИ ПОЛУВАГОНОВ И МИНЕРАЛОВОЗОВ

Рассматриваются результаты исследований, выполненных автором в области обеспечения безопасной и эффективной маневровой работы с подвижным составом различных типов, которые позволили определить влияние особенностей конструкции расчетного подвижного состава на параметры стрелочных горловин крупных железнодорожных станций. Однако достаточно часто необходимо обеспечить транспортное обслуживание только одного предприятия, имеющего узкую номенклатуру грузов и использующего подвижной состав одного типа. В представленной статье выполнен анализ влияния на параметры транспортной инфраструктуры специализации станций на обслуживании вагонов для перевозки минеральных удобрений и полувагонов.

Одним из наиболее ярких примеров специализации на обслуживании одного вида груза на Белорусской железной дороге является транспортное обеспечение добычи калийных удобрений. Экспортные перевозки калия уже многие годы играют важнейшую роль в функционировании экономики Республики Беларусь. На Минском отделении Белорусской железной дороги сформировался Слуцко-Калийный железнодорожный узел, включающий грузовую станцию Слуцк и специализированные промышленные станции Калий-1, Калий-3, Калий-4. В стадии увеличения объемов добычи калийных солей находится Петриковское месторождение в Гомельской области. Здесь в настоящее время происходит формирование соответствующей транспортной инфраструктуры железнодорожной станции Муляровка и предприятия по добыче удобрений. Важной особенностью эксплуатации указанных станций является использование специализированного подвижного состава для перевозки минеральных удобрений. Учитывая конструктивные особенности такого подвижного состава можно говорить об особых условиях эксплуатационной работы на таких станциях. Поэтому рекомендации [1] к параметрам конструкций горловин могут существенно уточнены.

В таблице 1 представлены результаты моделирования [2] условий маневровой работы с грузовыми вагонами для перевозки минеральных удобрений на расчетных элементах стрелочных горловин: одиночных стрелочных пере-

водах марок 1/6 и 1/9; схемах попутного разностороннего размещения переводов марок 1/6 и 1/9; круговых кривых радиуса 200 м ($l_{кр} > 2l + n$).

Таблица 1 – Сравнение технической совместимости грузовых вагонов для перевозки минеральных удобрений и расчетных элементов

Параметры вагонов для перевозки минеральных удобрений, количество осей / модель (длина по осям / база / консоль / внутренняя колесная база)	Обеспечение технической совместимости ($\Delta = B_3 - b_{см}$), мм [2]		
	стрелочный перевод 1/6 / 1/9	схема № 3 1/6 – 1/6 1/9 – 1/9 ($d=0$)	Кривая радиусом 200 м
4/19-Х052 (12000/7870/2065/6020)	+96 / +96	+28 / +96	+96
4/19-Х051 (12090/7870/2110/6020)	+95 / +95	+25 / +95	+95
4/11-740, 19-187, 19-193, 19-921, 19-923, 19-953, 19-3109-01, 19-1761, 55-350 и модиф. (13200/8980/2110/7130)	+89 / +88	+13 / +86	+88
4/19-7017 и модиф. (13720/9500/2110/7650)	+86 / +86	+8 / +81	+86
4/19-3116 и модиф. (13870/9650/2110/7800)	+85 / +85	+6 / +80	+85
4/11-739-01, 19-3054-01, 19-4109, 19-752-01, 19-9549-03 и модиф. (14720/10500/2110/8650)	+80 / +80	-3 / +80	+80

Как видно из таблицы 1, размеры вагонов для минеральных удобрений, эксплуатируемых на колее 1520 мм, относятся к массовым и не представлены в группе вагонов увеличенных размеров [1]. Для показанных случаев нарушения возникают только при взаимодействии симметричных стрелочных переводов марок 1/6 без прямой вставки между ними и вагонов для минеральных удобрений размерного типа длиной 14,72 м (11-739-01, 19-3054-01, 19-4109, 19-752-01, 19-9549-03 и модификации), который принимается в качестве расчетного.

Проверка действующих требований к проектированию по условию обеспечения безопасности маневровой работы с вагонами для минеральных удобрений приведена в таблице 2. Результаты моделирования подтверждают отсутствие значительных ограничений, а рекомендации по обеспечению безопасности маневровой работы с вагонами для минеральных удобрений могут быть адаптированы и изменены по сравнению с [1]. Это связано с относительно небольшой длиной таких вагонов по осям автосцепок. Максимальная длина анализируемого вагона 14,72 м более чем на 10 м меньше целого ряда платформ и полувагонов с длиной более 25 м. Выявленные ограничения касаются только конструкций *s*-образных кривых, образованных круговыми, переводными кривыми и их сочетаниями (таблица 2). Наиболее заметные ограничения накладываются на маневры в пределах *s*-образных кривых без прямой вставки. Радиус такой кривой не должен быть менее 210 м, а при радиусе 200 м общая длина *s*-образной кривой не должна превышать 17 м. С учетом возможности проектирования на путях промышленных предприятий таких кривых радиусом до 160 м отклонение составляет 50 м.

Таблица 2 – Анализ обеспечения безопасности и эффективности маневров с вагонами для минеральных удобрений в нормах проектирования

№ схемы	Оценка требований			
	на станциях [3]		на путях необщего пользования [4]	
	существующие отклонения, мм	ограничения, м	существующие отклонения, мм	ограничения, м
1 Криволинейные участки пути				
1.1 (круговые)	$\Delta_{R200-180} = +72...+80$	–	$\Delta_{R140} = +50$	$R_{\min} = 100$
1.2 (s-образные без вставки)	$\Delta_{SR250} = +20$; $\Delta_{SR200} = -6$	$R_{\min} = 210$; $l_{\max\text{Скр}} = 17$	$\Delta_{R160} = -38$	$l_{\text{Скр}R160}^{\max} = 12,5$
1.3 (s-образные с прямой вставкой)	$\Delta_{SR200d15} = +80$	$d_{SR200} = 2,25$; $d_{SR180} = 4$	$\Delta_{R160d6,25} = +39$; $\Delta_{R140d6,25} = +23$	$d_{\min} = 4,25$; $d_{\min} = 4,5$
2 Расположение стрелочных переводов ($R_{\text{закр}} \geq R_{\text{пер}}$)				
2.1–2.5 (одиночные, схемы № 1–3)	$\Delta = +38...+103$	–	–	–
2.6 Встречное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6				
2.6.1 ($d = 5,26$)	$\Delta_{d0} = -3$	$d_{\min} = 0,75$	–	–
2.6.2 (1/6 – 1/9)	$\Delta_{d0} = +65$	–	–	–
2.7 Попутное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6				
1/6 _{поп.} , 1/9 – 1/6	$\Delta_{d0} = +8...60$	–	–	–
2.8 Схема № 4 (навстречу торцами крестовин)	$\Delta_{d0} = +54$	–	–	–
3 S-образное расположение стрелочных переводов и кривых				
3.1 (без вставки)	$\Delta_{d0} = +2$	–	–	–

Выполнен анализ конструкции горочной горловины станции Слуцк на соответствие предложенным рекомендациям. В результате выявлены три зоны, в которых создаются дополнительные ограничения при эксплуатации вагонов с минеральными удобрениями. Они расположены на крайних путях пучков стрелочной горловины № 11, 18 и 24. Здесь образуются s-образные сочетания симметричных стрелочных переводов марок крестовин 1/6 симметричная и закрестовинных кривых радиусов 143–165 метров: СП116–КР9, СП124–КР18–КР19, СП132–КР27. При этом не соблюдается установленное нормами [3] требование о соответствии радиусов закрестовинной и переводной кривых и нарушение условий технической совместимости по указанным элементам составляет от 13 до 30 мм.

Самой многочисленной группой вагонов инвентарного парка Белорусской железной дороги являются полувагоны (более 30 %). Это основное средство перевозки широкой номенклатуры грузов (лесные грузы, сырье и продукты переработки сахарного производства, металлолом, песок, щебень и многое другое). Для многих станций, а также путей промышленных предприятий, характерной особенностью является преобладание одного из таких грузов и, соответственно, выполнение работы только с полувагонами. Характерным примером может служить грузовая станция Ситница, обслуживающая РУП «Гранит».

Результаты моделирования взаимодействия различных полувагонов (авто-сцепка СА-3) при маневрах на расчетных элементах представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Сравнение технической совместимости полувагонов при маневрах на расчетных элементах

Параметры полувагонов, количество осей / модель (длина по осям / база / консоль / внутренняя колесная база)	Обеспечение технической совместимости ($\Delta = B_3 - b_{см}$), мм [2]		
	Стрелочный перевод 1/6 / 1/9	Схема № 3 1/6 / 1/9 ($d = 0$)	Кривая радиусом 200 м
1. 4 / 20-4078 (10090 / 5870 / 2110 / 4020)	+106 / +106	+46 / +106	+106
2. 4 / 12-4094 (11200 / 6500 / 2350 / 4650)	+96 / +96	+26 / +98	+96
3. 4 / 22-4008 (11220 / 7000 / 2100 / 5150)	+100 / +100	35 / +104	+100
4. 4 / 12-9008 (11220 / 6500 / 2360 / 4650)	+96 / +95	+26 / +98	+95
5. 4 / 20-793, 20-4015 и модиф. (12000 / 7200 / 2400 / 350)	+90 / +90	+15 / +94	+90
6. 4 / 12-2122 и модиф. (12100 / 6940 / 2580 / 5090)	+86 / +86	+8 / +91	+86
7. 4 / 12-2123 и модиф. (12100 / 7880 / 2110 / 6030)	+95 / 95	+25 / +97	+95
8. 4 / 12-282, 12-288 и модиф. (12530 / 7800 / 2365 / 5950)	+87 / +87	+10 / +89	+87
9. 4 / 12-9796 (12780 / 8650 / 2065 / 6800)	+92 / +92	+20 / +91	+92
10. 4 / 12-4034 (13100 / 7840 / 2630 / 5990)	+78 / +78	-8 / +78	+78
11. 4 / 12-П001 (13870 / 8650 / 2610 / 6800)	+74 / +73	-17 / +68	+73
12. 4 / 12-37, 12-119, 12-132, 12-141, 12-146, 12-159, 12-175, 12-196, 12-197, 12-295, 12-296, 12-515, 12-532, 12-575, 12-581, 12-726, 12-753, 12-757, 12-783, 12-791, 12-955, 12-1000, 12-1295, 12-1302, 12-1303, 12-1505, 12-1592, 12-1704, 12-2104, 12-4102, 12-4106, 12-7019, 12-7023, 12-7039, 12-9745, 12-9046, 12-9766, 12-9767, 12-9768, 12-9788 и модиф. (13920 / 8650 / 2635 / 6800)	+73 / +73	-19 / +67	+72
13. 4 / 12-764 (13720 / 8700 / 2510 / 6850)	+77 / +77	-11 / +72	+77
14. 4 / 12-П002 (14360 / 8650 / 2855 / 6800)	+65 / +65	-34 / +57	+64
15. 4 / 12-П153 (14410 / 8650 / 2880 / 6800)	+64 / 64	-36 / +55	+64
16. 4 / 12-284 (14730 / 10000 / 2365 / 8150)	+74 / +73	-16 / +64	+73
17. 4 / 12-4011 (14900 / 10770 / 2065 / 8920)	+80 / +80	-2 / +71	+80
18. 8 / 22-4024 (15800 / 7780 / 4010 / 2730)	+35 / +34	-93 / -23	+34
19. 6 / 12-П152 (16440 / 10440 / 3000 / 6740)	+51 / +51	-60 / +26	+51
20. 4 / 12-283 (16970 / 12240 / 2365 / 10390)	+56 / +60	-43 / +38	+60
21. 4 / 22-445, 22-473 (17500 / 13370 / 2065 / 11520)	+62 / +66	-32 / +45	+66
22. 4 / 22-478 (19050 / 13780 / 2635 / 11930)	+33 / +38	-95 / +1	+34
23. 8 / 12-124 (18880 / 10550 / 4165 / 5500)	-8 / -2	-163 / -93	-2
24. 8 / ПВ / 12-508 (20240 / 12070 / 4085 / 7020)	-19 / -13	-198 / -116	-17
25. 8 / ПВ / 12-915 (20500 / 12070 / 4215 / 7020)	-26 / -19	-212 / -129	-26
26. 4 / 12-4004 и модиф. (20960 / 15690 / 2635 / 13840)	+24 / +26	-115 / -24	+20
27. 4 / 12-1815 (25620 / 18000 / 3810 / 16150)	-50 / -56	-259 / -181	-61

Как видно из таблицы 3, размеры большинства современных полувагонов также находятся в группе массовых размерных типов и не превышают соответ-

ствующих ограничений [1]. В основном отклонения возникают при размещении симметричных стрелочных переводов марки 1/6 без прямой вставки между ними. При этом в качестве расчетного полувагона массовых типов принимается модель 12-4004 и ее модификации с длиной 20,96 м. Полувагон модели 12-915 имеет большие отклонения, однако в соответствии с рекомендациями [2] длина консоли более 4 м позволяет отнести его к вагонам увеличенных размеров, и не рассматривать в качестве расчетного. Кроме того, модель 12-4004 соответствует расчетному вагону массовых типов, применяемому при разработке рекомендаций для условий эксплуатации вагонов всех типов [2]. Учитывая отсутствие в инвентарном парке Белорусской железной дороги полувагона модели 12-1815, а также малое их распространение и прекращение выпуска, группа полувагонов увеличенных размеров для исследуемого полигона далее не рассматривается.

В эксплуатационных условиях Белорусской железной дороги наибольшее распространение получили полувагоны длиной по осям автосцепки 13,92 м (№ 12, таблица 3). Анализ наличия ограничений для таких полувагонов показан в таблице 4.

Таблица 4 – Анализ обеспечения безопасности и эффективности маневров с полувагонами длиной 13,92 м по осям автосцепки

№ схемы	Оценка требований			
	на станциях [3]		на путях необщего пользования [4]	
	существующие отклонения, мм	ограничения, м	существующие отклонения, мм	ограничения, м
1 Криволинейные участки пути				
1.1 (круговые)	$\Delta_{R200-180} = +64 \dots +72$	–	$\Delta_{R140} = +40$	$R_{\min} = 100$
1.2 (s-образные без вставки)	$\Delta_{SR250} = +8$; $\Delta_{SR200} = -22$	$R_{\min} = 240$; $l_{\max, \text{Скп}} = 12,5$	$\Delta_{R160} = -58$	$l_{\text{Скп}R160}^{\max} = 10$
1.3 (s-образные с прямой вставкой)	$\Delta_{SR200d15} = +72$	$d_{SR200} = 4,5$; $d_{SR180} = 5,5$	$\Delta_{R160d6,25} = +30$; $\Delta_{R140d6,25} = +11$	$d_{\min} = 5,5$; $d_{\min} = 6$
2 Расположение стрелочных переводов ($R_{\text{закр}} \geq R_{\text{пер}}$)				
2.1–2.5 (одиночные, схемы № 1–3)	$\Delta = +67 \dots +86$	–	–	–
2.6 Встречное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6				
2.6.1 ($d = 5,26$)	$\Delta_{d0} = -19$	$d_{\min} = 3,5$	–	–
2.6.2 (1/6 – 1/9)	$\Delta_{d0} = +29$	–	–	–
2.7 Попутное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6				
1/6 _{поп} , 1/9 – 1/6	$\Delta_{d0} = +10 \dots +51$	–	–	–
2.8 Схема № 4 (навстречу торцами крестовин)	$\Delta_{d0} = +9$	–	–	–
3 S-образное расположение стрелочных переводов и кривых				
3.1 (без вставки)	$\Delta_{d0} = -19 \dots +86$	$d_{\min} = 0,5$	–	–

Результаты моделирования подтверждают отсутствие значительных ограничений и также позволяют установить индивидуальные рекомендации по обеспечению безопасности маневровой работы с полувагонами. Ограни-

чения касаются *s*-образных конструкций, образованных круговыми, переводными кривыми и их сочетаниями (см. таблицу 4). Применение *s*-образных кривых без прямой вставки существенно ограничено. Радиус такой кривой не должен быть менее 240 м, а при радиусе 200 м общая длина *s*-образной кривой не должна превышать 12,5 м. С учетом возможности проектирования на путях промышленных предприятий таких кривых радиусом до 160 м расхождение составляет 80 м.

Следует отметить, что конструкция горочной горловины станции Луинец, расположенной в зоне тяготения станции Ситница, достаточно хорошо адаптирована к маневровой работе с вагонами увеличенных размеров. Это связано с наличием только девяти сортировочных путей и применением в основном стрелочных переводов марки 1/9, что уменьшает углы отклонения путей относительно оси горловины. Между закрестовинными и переводными кривыми крайних стрелочных переводов применяются прямые вставки от 11 до 162 м. Только на двух путях № 22 и 29 они отсутствуют и образуются *s*-образные кривые со стрелочными переводами № 218 и 224 марки крестовины 1/6 симметричная, не соответствующие рекомендациям таблицы 4 (несоблюдение условия $\Delta = -14$ мм) и требований к расчетным вагонам массовых типов (для модели 12-915 $\Delta = -99$ мм) [1].

Показанные примеры несоответствия параметров стрелочных горловин станций, специализированных на обслуживании минераловозов и полувагонов, могут быть устранены за счет введения технологических ограничений либо путем модернизации конструкции горловин. Проверка станций Белорусской железной дороги на предмет обеспечения безопасных условий работы с учетом индивидуальных требований к транспортной инфраструктуре позволит точнее определять риски эксплуатации, а в некоторых случаях снизить избыточное резервирование без снижения уровня безопасности маневровой работы.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 *Филатов, Е. А.* Требования к проектированию стрелочных горловин улучшенных эксплуатационных качеств / Е. А. Филатов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы XI Междунар. науч.-практ. конф. : в 2 ч. Ч. 1 / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 69–71.

2 *Филатов, Е. А.* Обоснование технической совместимости горловин железнодорожных станций и подвижного состава / Е. А. Филатов // Транспортные системы и технологии перевозок : сб. науч. тр. Днепров. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепр : ДНУЖТ, 2020. – Вып. 19. – С. 25–36.

3 Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм / М-во путей сообщения Российской Федерации. – М. : Техноинформ, 2001. – 255 с.

4 СП 37.13330.2012. Промышленный транспорт. Актуализированная редакция. СНиП 2.05.07-91. Изменение № 3. – М. : Стандартинформ, 2019.

E. A. FILATOV

JUSTIFICATION OF THE PARAMETERS OF SWITCH NECKS STATIONS SPECIALIZED IN THE MAINTENANCE OF GONDOLA CARS AND MINERAL WAGONS

The research carried out by the author in the field of ensuring safe and efficient shunting work with rolling stock of various types allowed us to determine the influence of design features of the design rolling stock on the parameters of switch necks of large railway stations that provide processing of a wide range of goods. However, quite often it is necessary to provide transport services for only one enterprise that has a narrow range of goods and uses rolling stock of the same type. The article presents an analysis of the impact on the parameters of the transport infrastructure of the specialization of stations in the maintenance of wagons for the transportation of mineral fertilizers and gondola cars.

Получено 15.11.2022

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 4. Гомель, 2022**

УДК 656.07+06

О. Н. ЧИСЛОВ, Н. М. ЛУГАНЧЕНКО

*Ростовский государственный университет путей сообщения,
г. Ростов-на-Дону*

o_chislov@mail.ru, luganchenko.n@yandex.ru

РАЗВИТИЕ ПРИНЦИПОВ МОДЕЛИРОВАНИЯ ТЕХНОЛОГИИ ТРАНСПОРТНЫХ ПРОЦЕССОВ ГРУЗОВЫХ КОМПЛЕКСОВ И ТЕРМИНАЛОВ

Рассматриваются и реализуются новые методы цифровизации транспортно-складской инфраструктуры, связанные с созданием имитационной модели ТСК, которая представляет цифровую копию объекта инфраструктуры с последующим применением методов аксиоматизации транспортно-технологических процессов с целью повышения уровня эффективности эксплуатации инфраструктуры ТСК.

Железнодорожный транспорт представляет собой совокупность большого количества различных служб, дирекций, управлений, департаментов. Их совместная деятельность обеспечивает бесперебойную перевозку пассажиров и грузов различной номенклатуры по территории Российской Федерации, а также других стран. Среди всех видов транспорта именно железнодорожный занимает ведущее место, постоянно взаимодействуя с другими видами транспорта и логистической инфраструктурой в целом.

Важное место в структуре железнодорожного транспорта и эксплуатационной деятельности железных дорог занимает грузовая и коммерческая ра-