

S. N. TIMASHKOV

**STUDY OF THE PARAMETRIC COMPOSITION VARIABLES
OF THE FORMULA FOR CALCULATING THE THROUGHPUT CAPACITY
LOADING AND UNLOADING POINTS OF MILITARY CARGO
AT RAILWAY STATIONS AND ACCESS ROUTES**

The various variants work of railway stations and items of loading – unloading military cargoes, travelling development and hardware of railway stations ensuring reduction of time in movement both presence of military echelons and transports at station of departure and station of assignment are considered.

Получено 22.10.2024

**ISSN 2664-5025. Проблемы перспективного развития
железнодорожных станций и узлов. Вып. 6. Гомель, 2024**

УДК 656.21.08

Е. А. ФИЛАТОВ

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

**ОБОСНОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ СТРЕЛОЧНЫХ ГОРЛОВИН
ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ КОНТЕЙНЕРНЫХ ПЕРЕВОЗОК**

Представлены результаты исследований в области обеспечения безопасной и эффективной маневровой работы с подвижным составом различных типов, которые позволили уточнить влияние конструкции вагонов на параметры стрелочных горловин железнодорожных станций и грузовых терминалов. Часто железнодорожные станции и терминалы обеспечивают транспортное обслуживание предприятий, с узкой номенклатурой грузов и подвижным составом определенного типа. С учетом такой специализации грузовых пунктов железнодорожных станций целесообразно рассматривать индивидуальные требования к соответствующей путевой инфраструктуре. В статье выполнен анализ влияния конструкций платформ на параметры транспортной инфраструктуры контейнерных терминалов и других предприятий, использующих преимущественно платформы.

На платформах перевозится достаточно широкая номенклатура грузов. Часто это груз не стандартизированного размера с особыми условиями транспортировки: металлические изделия (трубы, листы, рулоны, слябы), оборудование и запчасти машин и механизмов, станки, различная колесная техника, воинские грузы, контейнеры, длинномеры и др. Платформы оборуду-

дованные бортами могут применяться для перевозки навалочных и насыпных грузов, оборудованные стойками – для лесных и длинномерных грузов, пакетированных грузов и т. д. Особое место на современном этапе развития транспортного рынка занимают перевозки контейнеров на специальных фитинговых платформах. Согласно данным из открытых источников перевозка контейнеров на Белорусской железной дороге в последние годы имеет устойчивый рост. В 2023 году дорога перевезла более 1 млн ДФЭ [1], что по сравнению с 2022 больше на 60 %. Устойчивый рост контейнерного потока складывается и на Российских железных дорогах. В 2023 году перевезено 7,4 млн ДФЭ, что на 14 % больше 2022 года [2]. Важную роль здесь играют набирающие темп перевозки из Китая в Европу. В целом универсальность перевозок в контейнерах делает такие перевозки незаменимым инструментом эффективной смешанной перевозки. На Белорусской железной дороге 34 станции открыты для работы с контейнерами, половина из них могут выполнять грузовые операции с 40-футовыми контейнерами [3]. Главный терминал по работе с контейнерами расположен на станции Колядичи и входит в состав государственного предприятия «БТЛЦ» Белорусской железной дороги. Практически два десятка путей необщего пользования предприятий различных отраслей имеют собственные возможности выполнять грузовые операции с контейнерами [3].

Для обеспечения перевозок таких грузов применяются в основном платформы, конструкционные особенности которых определяют условия эксплуатации соответствующих специализированных железнодорожных станций и путей необщего пользования. Следует отметить, что перевозка контейнеров связана с недостаточно эффективным использованием грузоподъемности вагонов. Одним из наиболее очевидных способов снижения коэффициента тары для таких перевозок является погрузка двух и более контейнеров на платформу. Однако это требует применения платформ увеличенных размеров. Учитывая рост объемов таких контейнерных перевозок, вопросы обеспечения безопасности при проектировании транспортной инфраструктуры станций приобретают особую актуальность. Поэтому рекомендации [4] к параметрам конструкций горловин могут быть актуализированы с учетом сложившихся конструкционных особенностей вагонного парка платформ.

В таблице 1 представлены результаты моделирования сцепления при маневровой работе платформ различных моделей на расчетных элементах стрелочных горловин: одиночных стрелочных переводах марок 1/6 и 1/9; схемах попутного разностороннего размещения переводов марок 1/6 и 1/9 без вставки; круговой кривой радиуса 200 м ($\alpha = 5^\circ$) [5].

Таблица 1 – Сравнение технической совместимости вагонов и расчетных элементов

Параметры платформ, количество осей / модель (длина по осям / база / консоль / внутренняя колесная база)	Обеспечение технической совмести- мости ($\Delta = B_s - b_{см}$), мм [4]		
	стрелочный перевод 1/6 / 1/9	схема № 3 1/6 – 1/6 / 1/9 – 1/9	Кривая $R = 200$ м
1. 4 / 23-4052 и модиф. (11200 / 6500 / 2350 / 4650)	+96 / +96	+26 / +98	+96
2. 4 / 13-4094, 23-4090 и модиф. (11220 / 6500 / 2360 / 4650)	+96 / +95	+25 / +98	+95
3. 4 / 13-149, 3064 и модиф. (12020 / 7800 / 2110 / 5950)	+95 / +95	+25 / +97	+95
4. 4 / 13-3103-1 (13620 / 9400 / 2110 / 7550)	+86 / +86	+9 / +82	+86
5. 4 / 13-198 и модиф. (13920 / 8650 / 2635 / 1800)	+72 / +72	–19 / +67	+72
6. 4 / 23-4027, 23-4118 (13920 / 8400 / 2760 / 6550)	+70 / +69	–24 / +64	+69
7. 4 / 13-192 (13920 / 8800 / 2560 / 6950)	+74 / +74	–15 / +68	+69
8. 4 / 13-Н453, 13-Н459, 13-Н004 (14194 / 9294 / 2450 / 7444)	+75 / +74	–14 / +68	+74
9. 4 / 23-4085 (14620 / 7200 / 3710 / 5350)	+45 / +45	–72 / +33	+45
10. 4 / 13-2114, 13-292, 13-3110, 13-3121, 13-401, 13-4085, 13-5001, 13-9744, 13-9775, 13-Н451, 13-Н455, 23-4064, 23-4084, 13-401, 13-4019, 13-Н451, 13-Н452, 13-Н455 и модиф. (14620 / 9720 / 2450 / 7870)	+72 / +72	–19 / +63	+72
11. 4 / 13-4107 (14620 / 10400 / 2110 / 8550)	+80 / +80	–1,5 / +72	+80
12. 6 / 13-435 (15220 / 9000 / 3110 / 7250)	+61 / +61	–40 / +43	+61
13. 4 / 13-297 (15560 / 9400 / 3080 / 7000) –РВМТ	+48 / +50	–62 / +32	+48
14. 4 / 13-7043 (19600 / 14600 / 2500 / 12750) –ДБ	+37 / +40	–91 / 0	+33
15. 4 / 13-1798 (19620 / 13460 / 3080 / 11610)	+15 / +19	–135 / –31	+13
16. 4 / 13-9007 (19620 / 13900 / 2860 / 12050)	+23 / +27	–119 / –19	+20
17. 4 / 13-491 (19620 / 14400 / 2610 / 12550)	+33 / +36	–99 / –6	+29
18. 4 / 13-470, 13-470-01, 13-1223, 13-2116, 13-9004 и модиф. (19620 / 14720 / 2450 / 12870)	+39 / +42	–87 / +3	+35
19. 4 / 13-926, 13-935, 13-935А и модиф. (19620 / 14400 / 2610 / 12550)	+33 / +36	–99 / –6	+29
20. 4 / 13-4117 (19720 / 15200 / 2260 / 13350)	+46 / +48	–72 / +12	+42
21. 4 / 13-3124 (20220 / 16000 / 2110 / 14150)	+51 / +52	–64 / +15	+45
22. 4 / 13-479 и модиф. (21660 / 16500 / 2580 / 14650)	+26 / +25	–116 / –29	+18
23. 4 / 13-4081 (21660 / 16550 / 2555 / 14700)	+27 / +26	–114 / –28	+19
24. 4 / 13-4095 (22520 / 17800 / 2360 / 15950)	+33 / +30	–103 / –25	+24
25. 4 / 23-925, 23-4000 и модиф. (23220 / 17750 / 2735 / 15900)	+14 / +10	–142 / –60	+3
26. 4 / 23-4028 (24000 / 17840 / 3080 / 15990) –РВУР	–4 / –9	–179 / –96	–18
27. 4 / 13-4082, 23-4082, 23-469 и модиф. (25220 / 19000 / 3110 / 17150)	–9 / –20	–191 / –116	–25

Окончание таблицы 1

Параметры платформ, количество осей / модель (длина по осям / база / консоль / внутренняя колесная база)	Обеспечение технической совмести- мости ($\Delta = B_3 - b_{\text{см}}$), мм [4]		
	стрелочный перевод 1/6 / 1/9	схема № 3 1/6 – 1/6 / 1/9 – 1/9	Кривая $R = 200$ м
29. 4 / 13-9009 (25520 / 18500 / 3510 / 16650)	–28 / –39	–231 / –154	–46
30. 4 / 13-9751 (25616 / 19300 / 3158 / 17450)	–13	–198 / –125	–29
31. 4 / 13-7024 (25620 / 18500 / 3560 / 16650)	–31 / –43	–236 / –160	–49
32. 4 / 13-7031 (25670 / 18500 / 3585 / 16650)	–33 / –44	–239 / –163	–51
33. 4 / 13-1796 и модиф. (25690 / 18500 / 3595 / 16650)	–32,5 / –45	–240 / –164	–51
34. 4 / 13-3115-1 (25866 / 19700 / 3083 / 17850)	–10 / –25	–192 / –122	–27
35. 4 / 13-2118, 13-4128 (26220 / 19000 / 3610 / 17150)	–35 / –52	–245 / –174	–55
36. 4 / 13-1163, 13-4108 (26220 / 20000 / 3110 / 18150)	–12 / –29	–197 / –129	–30
37. 4 / 13-4092 (27000 / 20780 / 3110 / 18930) – РВСУР	–14 / –33	–202 / –140	–33

Как видно из таблицы 1, существенная доля вагонов платформ, эксплуатируемых на колее 1520 мм, относятся к группе вагонов увеличенных размеров (ВУР). Несоблюдение условий автоматического сцепления наблюдается с платформами большинства типов, начиная от модели массового типа 13-198 длиной 13,92 м (строка 5 таблицы 1). Высокая вероятность возникновения нарушений при маневрах со сцеплением в стрелочных горловинах станций наблюдается начиная от вагона модели 19-798 длиной 19,62 м (строка 15). Аналогичные условия создает платформа модели 13-479 длиной 21,66 м, относящейся уже к группе вагонов увеличенных размеров (строка 22). Наиболее сложные условия взаимодействия создаются при размерах платформ, равных и более модели 23-4028 длиной 24 м (строка 26). Эта группа вагонов увеличенных размеров не гарантируют сцепление в кривых, даже самых простых конструкций. Стоит отметить начало категории длиннобазных вагонов (ДБ), имеющих расстояние между осями внутренних колесных пар 11,3 м (в соответствии с ПТЭ). Это платформа модели 13-7043 длиной 19,6 м (внутренняя колесная база 12,75 м, строка 14). Поэтому в представленном исследовании в качестве расчетной платформы группы вагонов массовых типов (РВМТ) принята платформа модели 13-297 длиной 15,56 м, как не относящаяся к длиннобазным (строка 13). Группа длиннобазных вагонов имеет заметные внутренние различия по условию обеспечения безопасности маневровой работы. Поэтому, с учетом небольшой доли, предлагается выделить подгруппу платформ сверхувеличенных размеров (ВСУР) длиной 24 м и более (нарушения гарантированно возникают при взаимодействии в зоне всех выбранных расчетных сочетаний (строка 26, модель 23-4028).

Проверка требований к проектированию на обеспечение безопасности маневровой работы с вагонами платформами расчетных типов приведена в таблице 2.

Таблица 2 – Анализ обеспечения безопасности и эффективности маневров с вагонами платформами в нормах проектирования

Номер схемы	Оценка требований для ВМТ(13-7043)/ВУР(23-4028)/ВСУР(13-4092)			
	на станциях [5]		на путях необщего пользования [6]	
	существующие отклонения, мм	ограничения, м	существующие отклонения, мм	ограничения, м
1 Криволинейные участки пути				
1.1 (круговые)	$\Delta_{R180-200} = +26-38$ $\Delta_{R180-200} = -37-18$ $\Delta_{R180-200} = -65-44$	$\frac{-}{R_{\min} = 230}$ $R_{\min} = 260$	$\Delta_{R140} = -10$ $\Delta_{R140} = -90$ $\Delta_{R140} = -129$	$R_{\min} = 150$ $R_{\min} = 230$ $R_{\min} = 260$
1.2 (s-образные без вставки)	$\Delta_{SR200/250} = -91-45;$ $\Delta_{SR200/250} = -193-134$ $\Delta_{SR200/250} = -221-176$	$R_{\min} = 350;$ $\frac{L_{\max R200} = 13}{L_{\max R200} = 11}$ $L_{\max R200} = 11$	$\Delta_{R160} = -137$ $\Delta_{R160} = -230$ $\Delta_{R160} = -251$	$\frac{L_{\max R160} = 10,5}{L_{\max R160} = 9}$ $L_{\max R160} = 9$
1.3 (s-образные с прямой вставкой)	$\Delta_{SR200d15} = +33$ $\Delta_{SR200d15} = -33$ $\Delta_{SR200d15} = -67$	$d_{SR200} = 8;$ не обеспеч. не обеспеч.	$\Delta_{R160d6,25} = -59;$ $\Delta_{R160d6,25} = -178$ $\Delta_{R160d6,25} = -212$	$d_{\min} = 12,5;$ не обеспеч. не обеспеч.
2 Расположение стрелочных переводов ($R_{\text{закр}} \geq R_{\text{пер}}$)				
2.1 одиночный перевод (1/6; 1/9, 1/11)	$\Delta = +37; +41; +75$ $\Delta = -4; -10; +37$ $\Delta = -14; -33; +17$	—		
2.2 Схема № 1 (1/9, 1/11)	$\Delta_{d0} = +30; +36$ $\Delta_{d0} = -84; -64$ $\Delta_{d0} = -129; -96$	$\frac{-}{\text{не обеспеч.}; d_{\min} = 4}$ $\text{не обеспеч.}; d_{\min} = 11$		
2.3 Схема № 2 (1/9, 1/11)	$\Delta_{d0} = +38; +75$ $\Delta_{d0} = -11; +39$ $\Delta_{d0} = +36; +70$	$\frac{-}{\text{не обеспеч.}; -}$ —		
2.4 Схема № 3 (1/9, 1/11)	$\Delta_{d0} = 0; -17$ $\Delta_{d0} = -96; -89$ $\Delta_{d0} = -140; -122$	$\frac{-; d_{\min} = 4}{-; d_{\min} = 9}$ $-; d_{\min} = 14$		
2.6 Встречное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6				
2.6.1 ($d = 5,26$)	$\Delta_{d0} = -91$ $\Delta_{d0} = -179$ $\Delta_{d0} = -202$	$d_{\min} = 7$ не обеспеч. не обеспеч.		
2.6.2 (1/6 – 1/9)	$\Delta_{d0} = -8$ $\Delta_{d0} = -128$ $\Delta_{d0} = -165$	$d_{\min} = 1$ не обеспеч. не обеспеч.		
2.7 Попутное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6				
1/6 _{ПОП} ; 1/9–1/6	$\Delta_{d0} = -22; -32$ $\Delta_{d0} = -150; -161$ $\Delta_{d0} = -178; -197$	$d_{\min} = 2,5; d_{\min} = 4,5$ не обеспеч. не обеспеч.		

Окончание таблицы 2

Номер схемы	Оценка требований для ВМТ(13-7043)/ВУР(23-4028)/ВСУР(13-4092)			
	на станциях [5]		на путях необщего пользования [6]	
	существующие отклонения, мм	ограничения, м	существующие отклонения, мм	ограничения, м
2.8 Схема № 4 (навстречу торцами крестовин)				
2.8 (1/9; 11)	$\Delta_{d0} = 0; +75$ $\Delta_{d0} = -96; +36$ $\Delta_{d0} = -140; +9$		— $\frac{1}{9}$ не обеспеч. $\frac{1}{9}$ не обеспеч.	
3 S-образное расположение стрелочных переводов и кривых ($R_{\text{закр}} = R_{\text{пер}}$)				
3.1 (1/6; 1/9 без вставки)	$\Delta_{d0} = -83; -68$ $\Delta_{d0} = -183; -174$ $\Delta_{d0} = -210; -223$		не обеспеч.	
3.2 (1/6; 1/9 с прямой вставкой)	—		$d_{\min} = 6; 4$ не обеспеч. не обеспеч.	

Моделирование выявило наличие ряда ограничений, которые отличаются от рекомендаций по обеспечению безопасности маневровой работы с вагонами всех типов для железнодорожных станций и промышленных предприятий [4]. Для вагонов массовых типов (длиной менее 19,6 м, строки 1–13 (см. таблицу 1)) неблагоприятные условия создаются при проектировании s-образных кривых с вставкой и без нее, встречном расположении стрелочных переводов с минимальной вставкой, рядом расположенных стрелочном переводе и закрестовинной кривой. Для платформ увеличенных (строки 14–26 (см. таблицу 1)) и сверхувеличенных (строки 27–37 (см. таблицу 1)) размеров складываются особые условия взаимодействия, так как длина расчетных вагонов 15-1581 достигает 24 м и более. Поэтому ограничения на параметры путевой инфраструктуры возникают на элементах всех типов, даже на круговых кривых (радиус ограничен величиной 230–260 м (см. таблицу 2)). Наиболее значительные нарушения имеются на s-образных кривых без прямой вставки. Требуемый радиус в таких кривых может быть обеспечен, только с существенным ограничением общей длины до 9–13 м, что на практике не встречается. Поэтому маневры с автоматическим сцеплением платформ всех расчетных типов на s-образных кривых без прямой вставки выполняться не должны. Наличие вставки не менее 8 м обеспечивает автоматическое сцепление вагонов массовых типов. Проблемы при взаимодействии вагонов могут наблюдаться на всем протяжении стрелочных горловин т. к. на всех схемах взаимной укладки переводов марок 1/6, 1/9 и 1/11 имеются заметные отклонения по условию обеспечения автоматического сцепления вагонов увеличенных размеров. Даже на одиночных стрелочных переводах марок 1/6 и 1/9 безопасность маневровой работы с длиннобазными платформами не гарантирована.

Учитывая значительные темпы роста доли контейнерных перевозок, даже с учетом высокой степени их маршрутизации, увеличивается и перерабатываемый поток платформ на станциях. На основе экспертных и аналитических оценок можно спрогнозировать уровень риска возникновения нарушений безопасности при роспуске вагонов платформ с горки. Выполненные исследования [7] позволили выделить следующие элементы риска при роспуске платформ: большие и особенно большие размеры вагона (не соответствующие параметрам путевого развития по условию сцепления), применение в зоне маневров *s*-образных кривых, наличие неблагоприятных энергетических факторов, ошибки персонала, работающего на горке. Вероятность появления вагонов увеличенных размеров может достигать 1–5 %, а доля *s*-образных кривых на участках сопряжения стрелочной зоны и сортировочных путей по маршрутам скатывания достигает 25 %. Важными особенностями порожних вагонов платформ является небольшая площадь поперечного сечения (более чем в два раза меньше вагонов других типов) и малая масса тары. С одной стороны, это снижает влияние на скатывание платформы встречного ветра, а с другой – малая масса порожних платформ может приводить к их недокатыванию до расчетной точки и остановке в стрелочной зоне и на закрестовинных кривых, где выполнение маневров со сцеплением может быть затруднено. В то же время платформа с контейнерами имеет площадь поперечного сечения, аналогичную крытому вагону. Влияние неисправностей подшипников и тормозного оборудования, наличие неблагоприятного профиля на спускной части и сортировочных путях оценивается на уровне 1 %. Вероятность ошибки при регулировании режима роспуска и торможения отцепов в зависимости от уровня механизации и автоматизации можно оценить на уровне 5 %.

С учетом выполненных оценок с использованием метода анализа дерева событий (ЕТА) [7–10] общая вероятность нарушения условий взаимодействия имеет достаточно низкий уровень и может достигать 0,1–0,16 %. Однако с учетом высокой степени интенсивности работы сортировочных горок λ событие может происходить достаточно часто (см. строку 9 таблицы 1).

Поддержание допустимого уровня риска при эксплуатации объектов инфраструктуры и подвижного состава, а также корректная оценка уровня тяжести последствий происшествий при маневровой работе является одной из главных задач организации и управления движением. Переход из устойчивых технических состояний объектов инфраструктуры в неустойчивые должен исследоваться специальными методами для формирования исследований по всем объектам инфраструктуры, так как это требует принятия обоснованных управленческих решений и прогнозирования их состояния в перспективе.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1 Белорусская железная дорога в 2023 году перевезла более 1 млн контейнеров. [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rw.by/corporate/press_center/

news_f cargo_carriers/2024/01/beloruskaya-zheleznaya-doroga-v-2023-godu-perevezla-bolee-1-mln-konteynerov/. – Дата доступа : 22.10.2024.

2 Перевозки контейнеров превысили 7,4 млн ДФЭ в 2023 году [Электронный ресурс]. – Режим доступа : <https://company.rzd.ru/ru/9397/page/104069?id=290309>. – Дата доступа : 22.10.2024.

3 Станции, открытые для работы с контейнерами [Электронный ресурс]. – Режим доступа : https://www.rw.by/cargo_transportation/container_transportation/container_work_stations/index.php. – Дата доступа : 22.10.2024.

4 *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 ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 69–71.

5 *Филатов, Е. А.* Безопасность взаимодействия путевой инфраструктуры железно-дорожных станций и подвижного состава / Е. А. Филатов // Интеллектуальные транспортные системы : материалы II Междунар. науч.-практ. конф. – М. : Перо, 2023. – С. 644–654.

6 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.

7 *Филатов, Е. А.* Обоснование параметров стрелочных горловин нефтеналивных станций / Е. А. Филатов // Проблемы перспективного развития железнодорожных станций и узлов : Междунар. сб. науч. тр. – Гомель : БелГУТ, 2023. – Вып. 5. – С. 186–193.

8 *Филатов, Е. А.* Риски возникновения нарушений безопасности в горочных горловинах станций / Е. А. Филатов // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвящ. 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа : в 2 ч. Ч. 1 ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2023. – С. 181–183.

9 ГОСТ Р 33433-2015. Безопасность функциональная. Управление рисками на железнодорожном транспорте. – М. : Стандартинформ, 2016. – 34 с.

10 ГОСТ Р МЭК 62502-2014. Менеджмент риска. Анализ дерева событий. – М. : Стандартинформ, 2015. – 30 с.

E. A. FILATOV

JUSTIFICATION OF PARAMETERS OF SWITCH HOLES TO ENSURING CONTAINER TRANSPORTATION

The results of research in the field of ensuring safe and efficient shunting operation with rolling stock of various types have made it possible to clarify the influence of the design of wagons on the parameters of switch necks of railway stations and freight terminals. However, railway stations and terminals often provide transport services to enterprises with a narrow range of goods and rolling stock of a certain type. Taking into account such specialization of cargo points, it is advisable to consider individual requirements for the corresponding track infrastructure. The article presents an analysis of the impact of platform designs on the parameters of the transport infrastructure of container terminals and other enterprises using mainly platforms.

Получено 30.11.2024