

8. Boikov, V. N. Analysis of Traffic Accidents Using IndorRoad GIS / V. N. Boikov, S. A. Subbotin //IndorSoft LLC. – No. 1(2). –2014. – URL: <https://cyberleninka.ru/article/n/analiz-dorozhno-transportnyh-proisshestviy-s-ispolzovaniem-gis-indorroad> (access date: 22.10.2024).

9. Vashedok, E. S. Statistics of Traffic Accidents with Fatalities in the Republic of Belarus / E. S. Vashedok, Scientific Supervisor: V. V. Pavlova // Research Materials of the 71st Student Scientific and Technical Conference, Belarusian National Technical University, Faculty of Automotive Engineering. – Minsk : BNTU, 2015. – P. 169.

10. Lobashov, O. O. Patterns of Change in Accident Rates in the Industrial District of Kharkiv / O. O. Lobashov, D. M. Roslavtsev, Y. V. Paseka, // Municipal Economy of Cities. Series: Technical Sciences and Architecture/ – № 140/ – 2018/ – P. 63–68.

11. Kapski, D. V. Methodology of improving the quality of road traffic traffic / D. V. Kapski . – Minsk : BNTU, 2018. – 372 p.

12. Kapski, D. V. Prediction of Accident Rate in Road Traffic: monograph / D. V. Kapski . – Minsk: BNTU, 2008. – 243 p.

УДК 656.212.4.08

ФИЛАТОВ Е. А., канд. техн. наук,  
доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой и охрана труда»  
E-mail: [filatoff.ea@yandex.by](mailto:filatoff.ea@yandex.by)

Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 30.09.2024

## БЕЗОПАСНОСТЬ МАНЕВРОВОЙ РАБОТЫ В СТРЕЛОЧНЫХ ЗОНАХ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

*Одной из наиболее устойчивых тенденций развития железнодорожного транспорта является увеличение грузоподъемности и грузместимости грузовых вагонов, что приводит к пропорциональному увеличению их длины (в среднем на 1 м каждые 10 лет). Это приводит к соответствующему увеличению смещений осей сцепления вагонов в кривых относительно оси пути и, соответственно, к снижению безопасности маневровой работы. При этом изменение параметров путей для компенсации данного явления часто затруднено и не производится. Особенно это актуально для зон расположения стрелочных переводов. В статье выполнен анализ применяемых схем взаимной укладки стрелочных переводов и установлены случаи не обеспечивающие техническую совместимость с подвижным составом. Исследования позволили установить, что наихудшие условия работы создаются, когда смежные переводы образуют s-образные кривые, особенно без вставки или с минимальной ее величиной. Такая ситуация в большей степени характерна для симметричных стрелочных переводов марки 1/6. В результате получены параметры расположения стрелочных переводов различных типов, обеспечивающих эффективность маневровой работы с грузовыми вагонами. Применение результатов исследования позволит решить ряд проблем технической совместимости подвижного состава и схем взаимного размещения стрелочных переводов (в части обеспечения автоматического сцепления и движения вагонов в сцепе), тем самым повысив безопасность и эффективность работы железнодорожных станций.*

**Ключевые слова:** вагоны увеличенных размеров, вагоны массовых типов, схемы взаимного размещения стрелочных переводов, техническая совместимость, автоматическое сцепление, движение в сцепе.

## Введение

Основными элементами конструкций стрелочных горловин отдельных пунктов с путевым развитием являются стрелочные переводы, взаимное размещение которых имеет установленные ограничения [1, 2]. Рекомендуемые схемы укладки определяются положением переводов, наличием и длиной прямой вставки. Величина вставки зависит от режимов движения по участку расположения стрелочных переводов: чем более динамичные и ответственные условия эксплуатации, тем больше длина прямой вставки. Так на второстепенных станционных путях как правило допускается не применять вставку между стрелочными переводами. С другой стороны, на главных путях со скоростями движения выше 140 км/ч предусматривается максимальная длина прямой вставки 25 м. Данные ограничения объясняются дополнительными боковыми силами при проследовании подвижного состава по переводным кривым стрелочных переводов, которые приводят к повышенному износу в зоне контакта «колесо-рельс» и возникновению дополнительных рисков при проследовании острия, крестовин и кривых минимальных радиусов (особенно при использовании переводов марки 1/6 и 1/9). Как правило, наихудшие условия создаются в сочетаниях переводов с образованием *s*-образных кривых по маршруту движения.

Выполненные автором исследования позволили установить дополнительные ограничения на параметры взаимной укладки стрелочных переводов, связанные со смещением консольных частей вагона в кривой относительно пути и соответствующем снижении эффективности автоматического сцепления и движения вагонов в сцепе [3–5]. Применение предложенного критерия технической совместимости особенно актуально при маневровой работе в зонах расположения стрелочных переводов с вставками минимальной длины или без них.

## Основная часть

Выполним оценку различных конструкций схем взаимного размещения стрелочных переводов для условий движения со скоростями до 140 км/ч. В качестве расчетных вагонов приняты вагоны массовых типов (ВМТ) и увеличенных размеров (ВУР), [6].

*Обыкновенные стрелочные переводы с крестовинами марок 1/9 и 1/11.*

Схема № 1 – встречное разностороннее расположение стрелочных переводов. Данная схема укладки образует *s*-образную кривую с прямой вставкой (рис. 1).

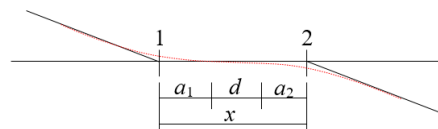


Рисунок 1 – Схема встречного разностороннего расположения стрелочных переводов

В соответствии с требованиями к проектированию [2], при таком расположении на главных и приемоотправочных путях должна применяться прямая вставка длиной не менее 12,5 м, а в стесненных условиях – 6,25 м. На крупных станциях разрешается применять расстояние между остриями острия, равное или более 8,66 м, а на второстепенных путях вставку не применять.

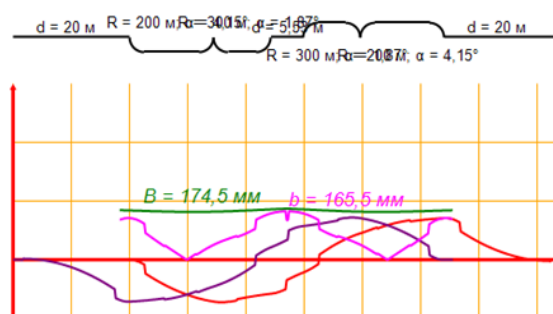


Рисунок 2 – Результаты моделирования маневровой работы с вагонами массовых типов на встречно расположенных стрелочных переводах марки 1/9 без вставки

Выполним оценку такой схемы при укладке обыкновенных стрелочных переводов марок 1/9 и 1/11 на обеспечение принятого критерия безопасности и эффективности маневровой работы с вагонами массовых типов [4, 7, 8]. Для переводов с размерами, соответствующими типу ПТКБ ЦП 2726 и 2642 [9] расстояние *l* между переводными кривыми, расположенных рядом стрелочных переводов 1/9 и 1/11 Р65 без прямой вставки *d*, составят:  $l_{P65} = 2,765 \cdot 2 = 5,53$  м и  $l_{P50} = 4,323 \cdot 2 = 8,646$  м. Моделирование маневровой работы [5] при  $l_{P65} = 5,53$  м показано на рис. 2.

Как видно из рис. 2, эффективность маневров с вагонами массовых типов на переводах марок 1/9 обеспечивается даже без применения прямых вставок (резерв ширины захвата составляет  $\Delta = 174,5 - 165,5 = 9$  мм). Аналогичная проверка для переводов марки 1/11 и при их комбинированном расположении (1/9–1/11) также подтверждает их эффективность при маневровой работе со сцеплением (резерв ширины захвата  $\Delta$  достигает 18,6 мм).

На рис. 3 показаны результаты моделирования маневровой работы с вагонами увеличенных размеров в пределах стрелочных переводов марки 1/9, уложенных по схеме № 1 без применения вставки ( $l_{P65} = 5,53$  м).

Как видно из рис. 3, безопасность при маневрах с вагонами увеличенных размеров не обеспечивается ( $\Delta = -23,7$  мм). При использовании стрелочных переводов марки 1/11 по этой же схеме несоответствие условий сцепления  $\Delta = -7,2$  мм. Применение вставки 6,25 м и более позволяет обеспечить техническую совместимость с вагонами увеличенных размеров при такой схеме укладки переводов марок 1/9 и 1/11 ( $d = 6,25$  м:  $\Delta_{1/9} = 8,5$  мм;  $\Delta_{1/11} = 34,8$  мм).

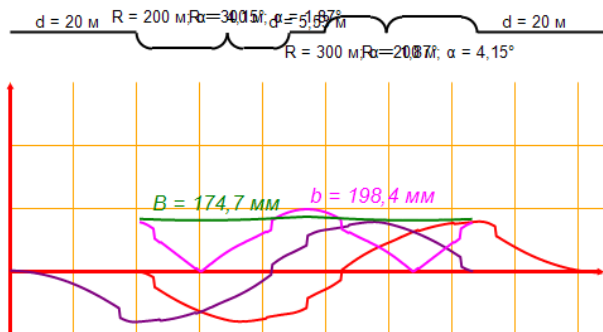


Рисунок 3 – Моделирование маневровой работы с вагонами увеличенных размеров при расположении стрелочных переводов марки 1/9 по схеме №1 без вставки

Встречное одностороннее расположение стрелочных переводов по схеме № 2 показано на рис. 4, [2]. Схема не образует s-образную кривую, а рекомендации по применению длины прямых вставок аналогичны схеме № 1.

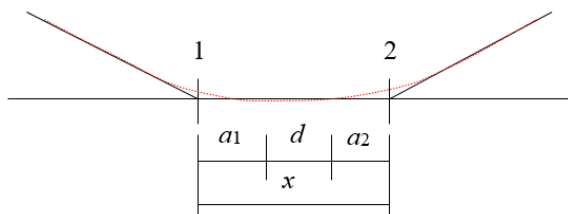


Рисунок 4 – Схема встречного одностороннего расположения стрелочных переводов

На рис. 5 показано моделирование маневровой работы с вагонами массовых типов при размещении стрелочных переводов марки 1/9 по схеме № 2.

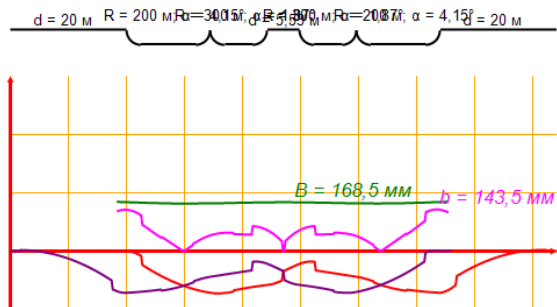


Рисунок 5 – Моделирование маневровой работы с вагонами массовых типов при встречном одностороннем расположении переводов марки 1/9 без вставки

При применении аналогичной схемы для вагонов увеличенных размеров безопасность также обеспечивается (рис. 6,  $\Delta = 8,5$  мм).

Как видно из результатов моделирования, при расположении вагонов расчетных типов на стрелочных переводах марок 1/9 и 1/11 по схеме № 2 безопасность по принятому критерию [7] обеспечивается во всех случаях (рис. 5 и 6). Это объясняется отсутствием s-образных кривых по маршруту движения по такой схеме.

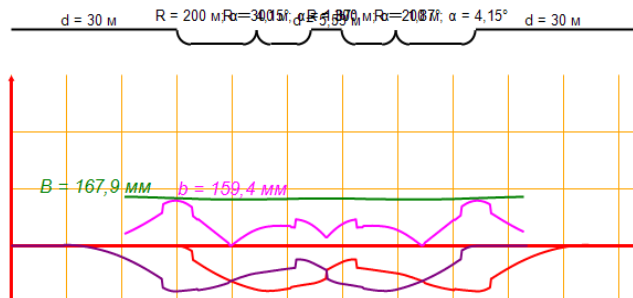


Рисунок 6 – Моделирование маневровой работы с вагонами увеличенных размеров при расположении переводов марки 1/9 по схеме № 2

При таком размещении переводов наихудшие условия создаются при взаимодействии вагонов максимально различных размеров. На рис. 7 показано моделирование наиболее неблагоприятного в условиях БЧ сочетания вагонов: хоппердозатора (модель 20-902, длина 10,87 м) и платформы (модель 23-4000, длина 23,22 м. Эффективность взаимодействия путевого развития и подвижного состава при таких условиях также подтверждается,  $\Delta_{1/9} = 8,5$  мм ( $\Delta_{1/11} = 44,9$  мм).

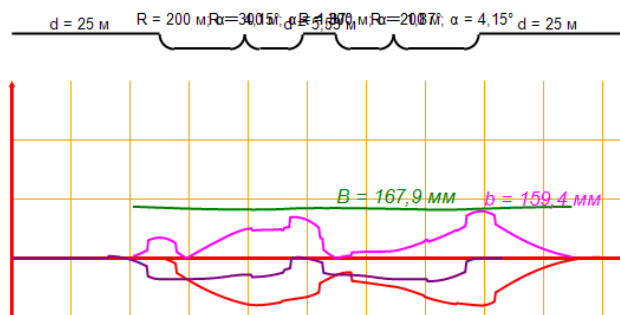


Рисунок 7 – Моделирование взаимодействия вагонов моделей 23-4000 и 20-902 при расположении переводов марки 1/9 по схеме №2 без вставки

Схема попутного разностороннего расположения стрелочных переводов № 3 показана на рис. 8. Такое сочетание образует две одиночные кривые, соответствующие отдельным стрелочным переводам. Следовательно, по маршрутам движения не создается дополнительных ограничений при маневровой работе в пределах данной схемы размещения стрелочных переводов. Если стрелочный перевод № 1 будет правосторонним

(пунктирная линия на рис. 8), то образуется составная круговая кривая, состоящая из сочетания переводных кривых со вставкой. Условия маневровой работы в таком случае будут аналогичны схеме № 2 (рис. 4).

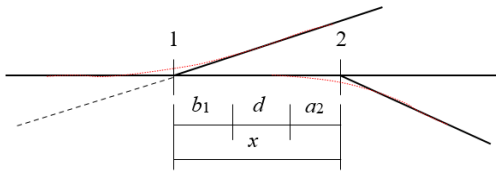


Рисунок 8 – Схема попутного разностороннего расположения стрелочных переводов

Схожие со схемой попутного расположения условия технической совместимости (переводные кривые не образуют составных кривых) создаются также при применении схем № 4 и № 5 (рис. 9, [2]), т. к. образуются только одиночные круговые кривые.

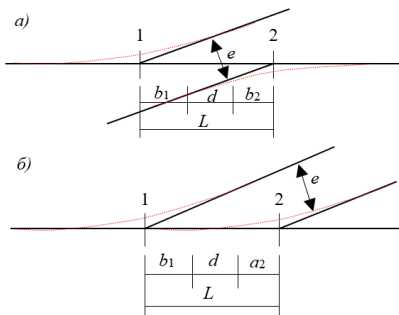


Рисунок 9 – Взаимное расположение стрелочных переводов крестовинами навстречу (а) и одностороннее в попутном направлении (б)

Однако, как показывает практика применения таких схем на станциях их конструкция может отличаться от указанных в [2]. На рис. 10, а показана схема № 4, образующая обыкновенный одиночный съезд между параллельными путями. Такое расположение переводов создает условия, аналогичные варианту попутной укладки переводов по схеме № 5 (рисунок 9, б), который образует s-образную кривую с прямой вставкой. Схема одностороннего расположения стрелочных переводов в попутном направлении (рисунок 10, б) также может образовывать s-образную кривую.

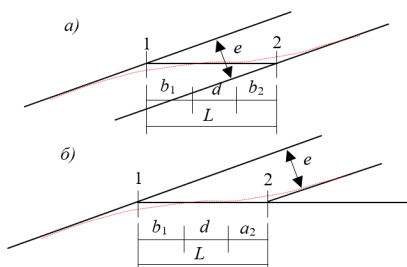


Рисунок 10 – Модификации расположения стрелочных переводов крестовинами навстречу (а) и одностороннее в попутном направлении (б)

При этом величина вставки  $d$  может рассчитываться как с учетом конструкции переводов, так и по величине междупутья, образуемого прилегающими путями. Исходя из параметров схем укладки переводов на главных и приемоотправочных путях она должна быть не менее 12,5 м, на прочих – не менее 6,25 м, а в стесненных – не менее 4,5 м [2]. Для наименьшей величины вставки 4,5 м:  $l_{1/11} = 4,5 + 2 \cdot 8,25 = 21$  м;  $l_{1/9} = 4,5 + 2 \cdot 3,8475 = 12,195$  м (рис. 11).

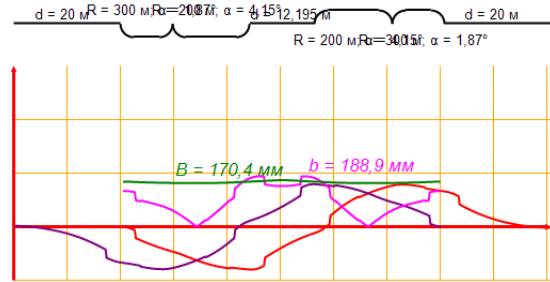


Рисунок 11 – Моделирование взаимодействия вагонов увеличенных размеров при расположении переводов марок 1/9 навстречу крестовинами с прямой вставкой 4,5 м

Как видно из рис. 11, применение прямой вставки минимальной допустимой длины 4,5 м [2] не обеспечивает безопасность и эффективность маневровой работы с вагонами увеличенных размеров между стрелочными переводами марки 1/9 ( $\Delta = -18,5$  мм). По результатам моделирования маневров по такой схеме с переводами марки 1/11 установленный критерий технической совместимости выполняется ( $\Delta = +52,2$  мм). Для вагонов массовых типов и переводов марки 1/9 условие также обеспечивается ( $\Delta = +11,8$  мм).

Проверка других длин прямых вставок при встречном расположении крестовинами стрелочных переводов 1/9 показала, что для обеспечения безопасности маневров с вагонами увеличенных размеров длины вставки 6,25 м также недостаточно ( $l = 6,25 + 2 \cdot 3,8475 = 13,945$  м,  $\Delta = -7,2$  мм). Исходя из минимального междупутья 4,5–4,8 м [2] длина прямого участка для переводов марки 1/9, уложенных по схеме № 4:  $d = 4,5 / \sin 6,3403 - 2 \cdot 15,812 = 9,12$  м;  $l = 9,12 + 2 \cdot 3,8475 = 16,815$  м. Техническая совместимость в таком случае обеспечивается,  $\Delta = 5,8$  мм. Таким образом длина вставки, определяемая минимальным междупутьем, обеспечивает безопасность маневровой работы с вагонами увеличенных размеров.

При попутном одностороннем расположении стрелочных переводов по схеме № 5 (рис. 9, б и 10, б) величины прямой вставки при минимальном междупутье 4,5 м [2] для марки 1/9 будет достаточно  $d = 4,5 / \sin 6,3403 - (15,812 + 15,223) = 9,71$  м.

Результаты моделирования для модификации схемы № 5 (см. рисунок 10, б) показаны на рис. 12.

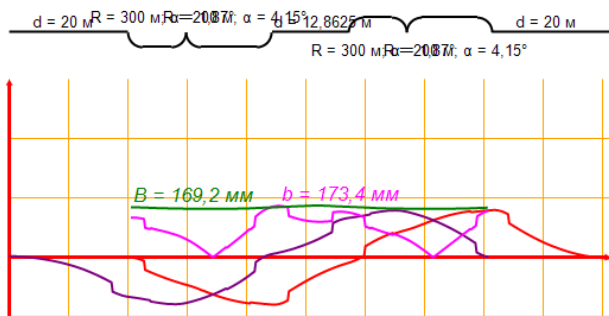


Рисунок 12 – Моделирование маневровой работы с вагонами увеличенных размеров при попутном одностороннем расположении переводов марки 1/9 с прямой вставкой 6,25 м

Как следует из рис. 12, применение стрелочных переводов марки 1/9 с длинами прямых вставок 4,5 м ( $l = 4,5 + 2,765 + 3,8475 = 11,1125$  м) и 6,25 м ( $l = 6,25 + 2,765 + 3,8475 = 12,8625$  м) не обеспечивает техническую совместимость ( $\Delta_{4,5} = -4,2$  мм,  $\Delta_{6,25} = -1,2$  мм). Поэтому необходимо использовать прямую вставку 12,5 м ( $l = 12,5 + 2,765 + 3,8475 = 19,1125$  м), которая позволяет обеспечить эффективность взаимодействия ( $\Delta = 11,4$  мм). Применение переводов марки 1/11 даже без применения вставок не создает условий для нарушения безопасности маневров ( $l = 8,25 + 2,765 = 11,015$  м),  $\Delta = 30,8$  мм.

*Симметричные стрелочные переводы марки 1/6.*

Как известно, при проектировании стрелочных горловин сортировочных парков рекомендуются к применению симметричные стрелочные переводы марки 1/6. Схемы № 1 и № 2 встречного расположения симметричных стрелочных переводов в отличие от обыкновенных образуют s-образные сочетания кривых при движении в любых направлениях (рис. 13).

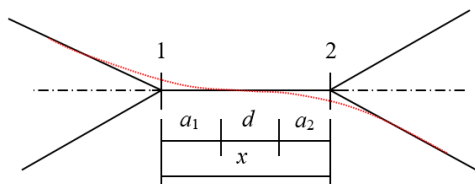


Рисунок 13 – Схема встречного расположения симметричных стрелочных переводов

Такая схема расположения применяется с прямой вставкой минимальной длины 5,26 м ( $l = 5,26 + 2 \cdot 0,737 = 6,734$  м), необходимой для устройства предстрелочного участка [1]. Проверка этой схемы выявила значительное несоблюдение критерия технической совместимости с ваго-

нами массовых типов (рисунок 14,  $\Delta = -37,9$  мм) и увеличенных размеров ( $\Delta = -75,8$  мм).

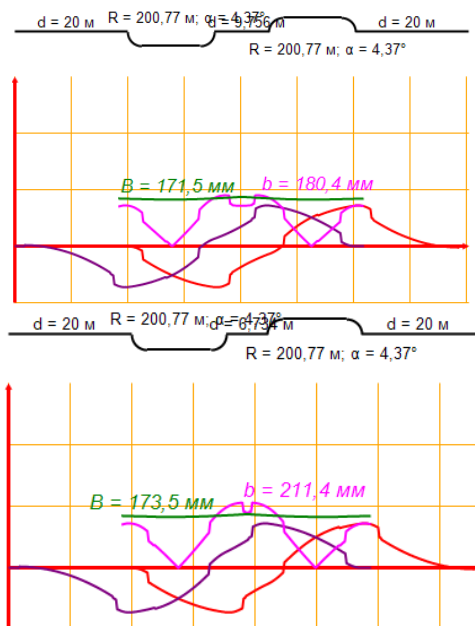


Рисунок 14 – Моделирование маневровой работы с вагонами массовых типов на встречно расположенных симметричных стрелочных переводах марки 1/6 с прямой вставкой 5,26 м

Схемы попутного расположения симметричных стрелочных переводов № 3 и № 5 образуют конструкцию, показанную на рис. 15. Такое размещение переводов также образует s-образную кривую по маршруту движения.

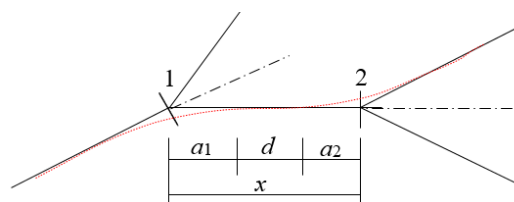


Рисунок 15 – Схема попутного расположения симметричных стрелочных переводов

При использовании симметричных стрелочных переводов марки 1/6, длина вставки должна быть не менее 7,46 м, на прочих путях – не менее 6,25 м, а в стесненных условиях – не менее 4,5 м [2]. Тогда расстояние между переводными кривыми при применении вставок:  $d = 4,5$  м,  $l = 2,175 + 4,5 + 3,725 = 10,4$  м;  $d = 6,25$  м,  $l = 2,175 + 6,25 + 3,725 = 12,15$  м;  $d = 7,46$  м,  $l = 2,175 + 7,46 + 3,725 = 13,36$  м. Моделирование маневров на симметричных переводах марки 1/6, предназначенных для приемоотправочных путей позволила установить, что безопасность взаимодействия обеспечивается только для вагонов массовых типов с применением вставки 6,25 м (рис. 16,  $\Delta = +8,6$  мм).

При длине вставки 4,5 м несоответствие составляет  $\Delta = -3,5$  мм. Для вагонов увеличенных

размеров рекомендуемые длины вставок не обеспечивают установленный критерий безопасности ( $\Delta_{4,5} = -33$  мм,  $\Delta_{7,46} = -9,8$  мм).

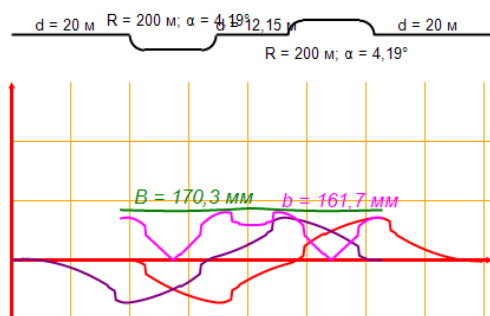


Рисунок 16 – Моделирование маневровой работы с вагонами массовых типов на попутно расположенных переводах марки 1/6 для ПОП с прямой вставкой 6,25 м

В горочных горловинах [1] длины вставок при попутной укладке симметричных переводов ограничиваются предстрелочным изолированным участком (23,97 и 23,85 м между центрами переводов типа Р50 и Р65 соответственно) и составляют для рельсов Р50 – 6,45 м, для Р65 – 6,34 м. При этом с учетом параметров перевода  $l_{P50} = 0,737 + 6,453 + 2,566 = 9,756$  м и  $l_{P65} = 0,737 + 6,338 + 2,451 = 9,526$  м. Условия взаимодействия, создаваемые для вагонов массовых типов показаны на рис. 17.

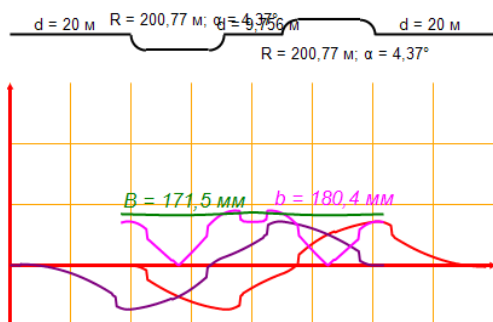


Рисунок 17 – Результаты моделирования маневров с вагонами массовых типов при попутном расположении симметричных стрелочных переводов марки 1/6 Р50

Как следует из рис. 17, показанные схемы не гарантируют безопасность маневров с расчетными типами подвижного состава ( $\Delta_{ВМТ} = -8,9$  мм,  $\Delta_{ВУР} = -40,2$  мм).

При размещении по такой же схеме комбинации стрелочных переводов 1/6–1/9 в соответствии с [1] должна применяться вставка длиной 5,7 м. Такая схема укладки не образует s-образную кривую, поэтому не создает ограничений при маневровой работе. Однако s-образное сочетание создается при укладке переводов в обратном порядке 1/9–1/6 (рис. 18). Расстояние между переводными кривыми при этом с учетом вставки 4,5 м  $l = 3,8475 + 4,5 + 0,737 = 9,0845$  м.

Как видно из рис. 18, схема не гарантирует безопасность маневров ( $\Delta = -14,9$  мм). Для вагонов увеличенных размеров риски еще больше ( $\Delta = -46,9$  мм). При размещении симметричных стрелочных переводов марки 1/6 навстречу крестовинами с вставкой 4,5 м [2]  $l_{\text{прям}} = 2,75 \cdot 2 + 4,5 = 10$  м. Учитывая результаты моделирования при попутном расположении симметричных стрелочных переводов марки 1/6 (рис. 17) можно сделать вывод, что данная схема не обеспечивает безопасность маневров с вагонами увеличенных размеров и массовых типов.

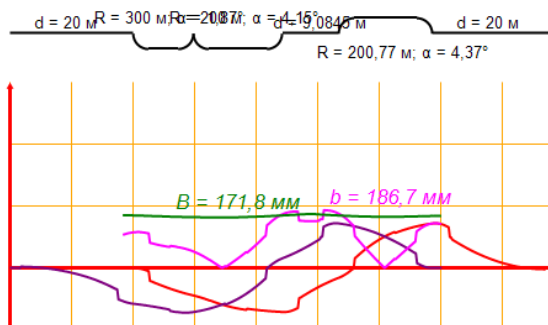


Рисунок 18 – Моделирование маневровой работы с вагонами массовых типов при комбинированном попутном расположении стрелочных переводов марок 1/9 и 1/6

## Выводы

В табл. 1 представлены результаты комплексной оценки требований к проектированию путевого развития станций по условию обеспечения безопасности маневровой работы с подвижным составом установленных расчетных групп.

Как видно из табл. 1, безопасность и эффективность выполнения маневров с подвижным составом расчетных категорий в пределах рекомендованных схем укладки переводов не гарантирована. Так, более 70 % элементов не обеспечивают установленный критерий технической совместимости стрелочных горловин и подвижного состава [3]. При этом около половины схем не гарантируют безопасность маневров с вагонами массовых типов. Во всех таких случаях исследованные элементы стрелочных горловин образованы обратноподвижными кривыми с прямой вставкой или без нее, т. е. представляют собой s-образные кривые [10]. Учитывая особенности конструкции симметричных стрелочных переводов марки 1/6 (малая длина, наличие кривой при движении по любому пути), их применение вызывает наибольшие ограничения при маневрах.

Анализ требований к прямым вставкам в схемах взаимного размещения показал, что рекомендуемой их длины часто недостаточно для выполнения эффективной и безопасной маневровой работы. Анализ конструкций существующих

схем станций выявил наличие таких ситуаций в условиях Белорусской железной дороги. Для повышения безопасности и эффективности маневровой работы необходимо применение дополнительных рекомендаций [3], обеспечивающих улучшение инфраструктурных условий для эксплуатации грузовых вагонов различных типов в условиях БЧ.

Таблица 1 – Оценка соответствия требований к проектированию станций комплексному критерию технической совместимости

№ схемы	Схемы размещения	Нормы, м	Техническая совместимость с вагонами	
			массовых типов	увеличенных размеров
2.2	Схема укладки № 1			
2.2.1	1/11–1/11	$d = 0$ $d = 6,25$ $12,5$	обеспеч.	не обеспеч. обеспеч.
2.2.2	1/9–1/9	$d = 0$ $d = 6,25$ $12,5$	обеспеч.	не обеспеч. обеспеч.
2.3	Схема № 2 (1/11–1/11, 1/9–1/9)	$d = 0$ –12,5	обеспеч.	обеспеч.
2.4	Схема № 3 (1/11–1/11, 1/9–1/9)	$d = 0$ –12,5	обеспеч.	обеспеч.
2.5	Схема укладки № 4 (рис. 10, а)			
2.5.1	1/11 – 1/11	$d = 4,5$ –12,5	обеспеч.	обеспеч.
2.5.2	1/9–1/9	$d = 4,5$ –6,25 $d = 9,12$ $12,5$	обеспеч.	не обеспеч. обеспеч.
2.6	Встречное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6			
2.6.1	1/6 – 1/6	$d = 5,26$	не обеспеч.	не обеспеч.
2.7	Попутное расположение симметричных стрелочных переводов марки 1/6			
2.7.1	1/6 – 1/6 (ПОП)	$d = 4,5$ $d = 6,25$ $7,46$	не обеспеч. обеспеч.	не обеспеч.
2.7.2	1/6 – 1/6 P50 1/6 – 1/6 P65	$d = 6,45$ $d = 6,34$	не обеспеч.	не обеспеч.
2.7.3	1/9 – 1/6	$d = 4,5$	не обеспеч.	не обеспеч.
2.8	Навстречу крестовинами			
	1/6 – 1/6	$d = 4,5$ $d = 6,25$	не обеспеч. обеспеч.	не обеспеч.

## Литература

1. Муха, Ю. А. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю. А. Муха, Л. Б. Тишков, В. П. Шейкин. – М. : Транспорт, 1994. – 220 с.
2. 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.
3. Филатов, Е. А. Адаптация требований к стрелочным горловинам улучшенных эксплуатационных качеств для практического использования / Е. А. Филатов // Проблемы безопасности

на транспорте : материалы XII Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 24-25 ноября 2022 г.) : в 2 ч. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж.д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – Ч. 1. – С. 74–76.

4. Филатов, Е. А. Безопасность взаимодействия путевой инфраструктуры железнодорожных станций и подвижного состава / Е. А. Филатов // Интеллектуальные транспортные системы: материалы II Междунар. науч.-практ. конф./ – Москва: РУТ (МИИТ), 2023. – М. : Издательство Перо, 2023. – С.644–654.

5. ГОСТ 22235-2010 с изменениями. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ / Межгосударственный стандарт. – Стандартинформ, М., 2010.

6. Филатов, Е. А. Повышение безопасности функционирования железнодорожных станций / Е. А. Филатов // Сборник научных трудов Днепропетровского национального университета железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна «Транспортные системы и технологии перевозок». – Д.: ДНУЖТ, 2017. – Вып. 13. – С. 78–83.

7. Филатов, Е. А. Обоснование параметров стрелочных горловин для обеспечения технической совместимости с подвижным составом / Е. А. Филатов // Проблемы безопасности на транспорте : материалы X Междунар. науч.-практ. конф. (Гомель, 26–27 ноября 2020 г.) : в 5 ч. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Бел. ж. д., Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю.И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2020. – Ч. 3. – С. 70–72.

8. Филатов, Е. А. Расчет параметров путевых структур железнодорожных станций по критерию безопасности / Е. А. Филатов // Транспортные системы и технологии перевозок : сб. науч. тр. Днепропетр. нац. ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепр : ДНУЖТ, 2017. – Вып. 14. – С. 86–94.

9. Каталог-справочник стрелочной продукции для железных дорог / Новосибирский стрелочный завод, 2007. – 172 с.

10. Филатов, Е. А. Влияние s-образных кривых на безопасность маневровой работы / Е. А. Филатов // Тихомировские чтения: Синергия технологии перевозочного процесса : материалы Междунар. науч.-практ. конф. / М-во трансп. и коммуникаций Респ. Беларусь, Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. А. А. Ерофеева. – Гомель : БелГУТ, 2021. – С. 387–391.

FILATOV Y.A., Senior Lecturer,  
Associate Professor of the Department «Operational management and labor protection»  
E-mail: filatoff.ea@yandex.by

Belarusian State University of Transport, Gomel, Republic of Belarus

Received 30 September 2024

## SAFETY OF SHUNTING OPERATIONS IN THE SWITCH AREAS OF RAILWAY STATIONS

*One of the most stable trends in the development of rail transport is the increase in the load capacity and capacity of freight cars, which leads to a proportional increase in their length (on average, by 1 m every 10 years). This leads to a corresponding increase in the displacement of the coupling axes of cars in curves relative to the track axis and, accordingly, to a decrease in the safety of shunting operations. At the same time, changing the track parameters to compensate for this phenomenon is often difficult and is not done. This is especially true for areas where turnouts are located. The article analyzes the applied schemes for the mutual laying of turnouts and establishes cases that do not ensure technical compatibility with rolling stock. Research has established that the worst operating conditions are created when adjacent switches form s-shaped curves, especially without an insert or with a minimum insert. This situation is more typical for symmetrical turnouts of the 1/6 brand. As a result, the parameters for the location of turnouts of various types were obtained, ensuring the efficiency of shunting operations with freight cars. The application of the research results will solve a number of problems of technical compatibility of rolling stock and mutual arrangement of turnouts (in terms of ensuring automatic coupling and movement of cars in coupling), thereby increasing the safety and efficiency of railway stations.*

**Keywords:** oversized cars, mass-produced cars, schemes of mutual placement of switches, technical compatibility, automatic coupling, movement in coupling.

### References

1. Mukha, Yu. A. Handbook on the application of rules and norms for the design of sorting devices / Yu. A. Mukha, L. B. Tishkov, V. P. Sheikin. – M. : Transport, 1994. – 220 p.
2. Rules and technical standards for the design of stations and nodes on railways of 1520 mm/M gauge in the Russian Federation. – M. : Technoinform, 2001. – 255 p.
3. Filatov, E. A. Adaptation of requirements to switch necks of improved operational qualities for practical use / E. A. Filatov // Problems of safety in transport : materials of the XII International Scientific and Practical Conference (Gomel, November 24-25, 2022) : at 2 ch. / M-in transp. and the communications of the Rep. Belarus, Bel. zh.d., Byelorussian State University of Transport ; under the general editorship of Yu. I. Kulazhenko. Gomel : BelGUT, 2022. –ch. 1. – pp. 74–76.
4. Filatov, E. A. Safety of interaction of track infrastructure of railway stations and rolling stock / E. A. Filatov // Intelligent transport systems: materials of the II International Scientific and Practical Conference / – Moscow: RUTH (MIIT), 2023. – Moscow : Pero Publishing House, 2023. – pp. 644–654.
5. GOST 22235-2010 with changes. Freight wagons of mainline railways with a length of 1520 mm. General requirements for safety during the production of loading and unloading and shunting operations / Intergovernmental standard. – Standartinform, M., 2010.
6. Filatov, E. A. Improving the safety of railway stations / E. A. Filatov // Collection of scientific papers of the Dnepropetrovsk National University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan «Transport systems and transportation technologies». – D.: DNUZHT, 2017. – Issue. 13. – pp. 78–83.
7. Filatov, E. A. Substantiation of the parameters of switch necks to ensure technical compatibility with rolling stock / E. A. Filatov // Problems of safety in transport : materials of the X International Scientific and Practical Conference (Gomel, November 26–27, 2020) : at 5 ch. / M transp. and Communications Rep. Belarus, Bel. zh. d., Byelorussian State University transp. ; under the general editorship of Yu.I. Kulazhenko. Gomel : BelGUT, 2020. – Ch. 3. – pp. 70–72.
8. Filatov, E. A. Calculation of the parameters of the way structures of railway stations according to the safety criterion / E. A. Filatov // Transport



systems and technologies of transportation : collection of scientific tr. Dnepropetr. national. University of Railway Transport named after Academician V. Lazaryan. – Dnipro : DNUZHT, 2017. – Vol. 14. – pp. 86–94.

9. Directory of switch products for railways / Novosibirsk Switch Plant, 2007. – 172 p.

10. Filatov, E. A. The influence of s-shaped curves on the safety of shunting work /

E. A. Filatov // Tikhomirov readings: Engineering technology of the transportation process : materials of the International Scientific and Practical Conference / Moscow transp. and Communications Rep. Belarus, Belarus. state University transp. ; under the general editorship of A. A. Yerofeyev. Gomel : BelGUT, 2021. – pp. 387–391.

УДК 656.13.08

БОГДАНОВИЧ С. В., канд. техн. наук, доц.,  
доцент кафедры «Транспортные системы и технологии»  
E-mail: bsw001@gmail.com

ЗАЙЦЕВА И. С.  
инженер кафедры «Транспортные системы и технологии»

Белорусский национальный технический университет, г. Минск, Республика Беларусь

Поступила в редакцию 10.06.2024

## **АНАЛИЗ ПОДХОДОВ К ОЦЕНКЕ ОПАСНОСТЕЙ ПЕРЕСЕЧЕНИЙ АВТОМОБИЛЬНЫХ ДОРОГ**

*Безопасность пересечений и примыканий загородных автомобильных дорог является значительной проблемой для инженеров и исследователей во всем мире. Несмотря на более низкую интенсивность движения по сравнению с городскими районами, на загородные дороги приходится непропорционально большое количество смертельных случаев и тяжелых травм. Это несоответствие может быть связано с различными факторами, включая более высокую скорость транспортных средств, ограниченную видимость, отсутствие в ряде случаев необходимых дорожных знаков и освещения, а также особенности поведения водителей на загородных дорогах. В Республике Беларусь количество только ДТП с пострадавшими на пересечениях и примыканиях автомобильных дорог составляет около 10 % от общего числа на протяжении длительного времени. Следовательно, оценка и смягчение опасностей, связанных с такими участками, являются критически важными направлениями действий владельцев дорог. Пересечения и примыкания автомобильных дорог представляют собой сложную среду, где сходятся транспортные средства, пешеходы, велосипедисты и даже животные, создавая потенциальные точки конфликта. Оценка рисков безопасности, связанных с этими пересечениями, является многогранной задачей, которая требует исчерпывающего понимания факторов, способствующих авариям, и развития эффективных противодействий. На протяжении многих лет исследователи и практики предложили различные подходы для оценки эффективности безопасности пересечений загородных дорог, начиная от традиционных методов, основанных на исторических данных о ДТП, до более продвинутых технологий. Задачей данной статьи является анализ некоторых существующих подходов к оценке опасностей пересечений автомобильных дорог. Изучение сильных сторон и ограничений каждого метода позволит определить передовые практики и предложить рекомендации по улучшению процесса оценки безопасности.*