

4 О железнодорожном транспорте : Закон Респ. Беларусь, 6 янв. 1999 г., № 237-3 // Эталон – Беларусь // Эталон – Беларусь : информ.-поисковая система (дата обращения: 03.09.2024).

5 О местном управлении и самоуправлении в Республике Беларусь : Закон Респ. Беларусь, 4 янв. 2010 г., № 108-3 // Эталон – Беларусь : информ.-поисковая система (дата обращения: 03.09.2024).

6 Бюджетный кодекс Республики Беларусь Беларусь : Закон Респ. Беларусь, 16 июля 2008 г., № 412-3 // Эталон – Беларусь : информ.-поисковая система (дата обращения: 03.09.2024).

7 Подходы к формированию Комплексного плана транспортного обслуживания населения регионов Республики Беларусь / А. А. Ерофеев, В. Г. Кузнецов, Е. А. Федоров, П. М. Дулуб // Инновационное развитие транспортного и строительного комплексов : материалы Междунар. науч.-практ. конф., посвященной 70-летию БелИИЖТа – БелГУТа, Гомель, 16–17 ноября 2023 года : в 2 ч. – Гомель : БелГУТ, 2023. – Ч. 1. – С. 238–240.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ:

■ Федоров Евгений Александрович, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», заведующий кафедрой «Управление эксплуатационной работой и охрана труда», канд. техн. наук, доцент, gwtor@gmail.com;

■ Килочицкая Марина Анатольевна, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», младший научный сотрудник НИЛ «Управление перевозочным процессом», Kil_MA@bsut.by;

■ Литвинова Ирина Михайловна, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», старший преподаватель кафедры «Управление эксплуатационной работой и охрана труда», litvinka77@yandex.by.

УДК 656.212.001.2

ПРОЕКТИРОВАНИЕ СТРЕЛОЧНЫХ ГОРЛОВИН ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Е. А. ФИЛАТОВ

УО «Белорусский государственный университет транспорта», г. Гомель

В процессе эволюции подходов к проектированию стрелочных горловин сформировался ряд устойчивых тенденций их изменения. Так, следует отметить переход от минимальных радиусов кривых 140 м и стрелочных переводов марки 1/4,5 (радиус 140 м) в 1960-е годы к радиусам кривых 200 м и стрелочных переводов марки 1/6 (радиус 200 м) на современном этапе [1–3]. Данный переход сопровождался также увеличением величин радиусов кривых для эксплуатации вагонов увеличенных размеров (8-осные, 6-осные, длинномерные, транспортеры), введением ограничений радиусов при

сцеплении вагонов и при наличии *s*-образных кривых [4]. Появление таких ограничений связано с ростом количества вагонов увеличенных размеров и возникновением потребности обеспечения безопасности и эффективности маневровой работы с ними [5].

Наиболее сложными схемами путевого развития, на которые в первую очередь повлияли эти изменения, являются горловины парков путей. В их конструкциях широко применяются кривые и стрелочные переводы в различных сочетаниях. При этом в 1950–60-е гг. величины прямых вставок между переводами допускалось не предусматривать [6]. Однако позднее появился целый ряд ограничений на взаимную укладку стрелочных переводов с применением прямых вставок до 12,5 м [7], еще позже требования дополнены параметрами вставок при скоростях движения в пределах 140–200 км/ч [3].

Появление ограничений минимальной величины вставки связано во многом с увеличением количества путей на железнодорожных станциях и стремлением разработки конструкций горловин минимальной длины. Так, на рисунках 1 и 2 показаны схемы простейших горловин, не имеющих конструкционных ограничений на величину вставки [8]. Ее длина определяется величиной междупутья *e* с учетом длины стрелочного перевода $L_{сп}$ и угла крестовины α : $d_1 = e / \sin \alpha - L_{сп}$.

Например, при использовании стрелочных переводов марки 1/9 и величины междупутья 5,3 м длина прямой вставки $d = 16,93$ м. Эта величина соответствует требованиям проектирования *s*-образных кривых радиусом менее 250 м ($d_0 = 15$ м), которые образуются при движении с основного пути на пути № 2–5 (см. рисунки 1 и 2).

Однако у таких конструкций имеется существенный недостаток: большая длина горловины и значительная разница в длинах укладываемых путей. Длина простейшей стрелочной горловины между центрами первого и последнего стрелочных переводов по проекции на основной путь определяется как отношение суммарной величины междупутья Σe к тангенсу угла крестовины α в первом случае (см. рисунок 1) или к синусу угла крестовины во втором (см. рисунок 2).

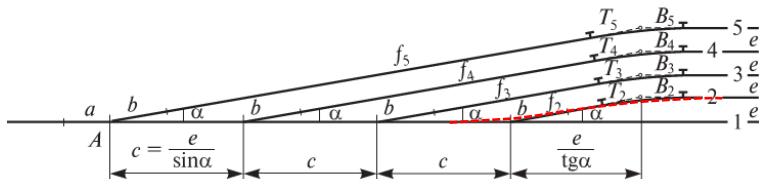


Рисунок 1 – Стрелочная улица «под углом крестовины»

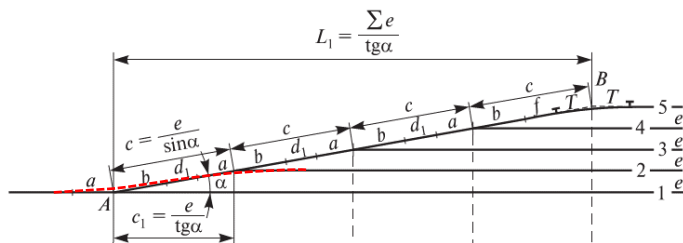


Рисунок 2 – Стрелочная улица «на основном пути»

При пяти укладываемых путях длина стрелочных улиц по проекции (от центра стрелочного перевода до вершины угла поворота (ВУП) наиболее удаленной в парк кривой) $L_1 = 190,81$ м (для рисунка 1), т. е. на увязку одного пути приходится в среднем $l_1 = 38,16$ м длины станционной площадки. Для стрелочной улицы «на основном пути» эти величины составят 191,98 и 38,40 м соответственно (см. рисунок 2).

Следует отметить, что преимуществом таких горловин является малое количество кривых, применяемых в схеме на рисунке 1. Так, при увязке пяти путей используются четыре стрелочных перевода и одна закрестовинная кривая. На увязку одного пути приходится в среднем $\alpha' = 6,34^\circ$, а для улицы «на основном пути» – $\alpha' = 10,14^\circ$. Также в обоих случаях образуется одна s-образная кривая при увязке пути № 2 (см. рисунки 1 и 2).

Для сокращения длины простейшей стрелочной улицы «на основном пути» разработана конструкция сокращенной стрелочной улицы (рисунок 3) [8]. За счет наличия дополнительной кривой в основании стрелочной улицы достигается сокращение ее общей длины. Для увязки пяти путей длина проекции горловины складывается из координаты стрелочного перевода № 2 и приращения координаты перевода № 4. Тогда расстояние b_1 от центра перевода № 1 до начала кривой B_1 для перевода марки 1/9 составит 24 м [8].

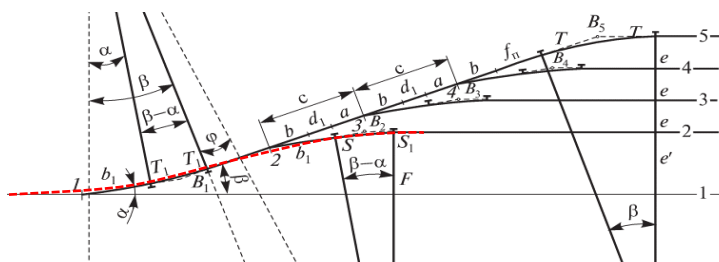


Рисунок 3 – Сокращенная стрелочная улица

Угол отклонения стрелочной горловины $\beta = 8,17^\circ$ (см. рисунок 3), при этом длина стрелочной улицы составит 186,12 м. С учетом возможности

укладки дополнительного пути между путями № 1 и № 2 на увязку одного пути приходится в среднем 31,02 м длины парка, что на 7 м меньше предыдущих вариантов и позволяет сэкономить при одинаковом количестве путей более 40 м длины станции. Данная схема компактнее предыдущих, однако в ней применяется большее количество углов поворота, образуемых кривыми, и проектируется s-образная при примыкании пути № 2. На увязку одного пути приходится в среднем 8,17° углов поворота.

Построенные на основе простейших стрелочные улицы других типов имеют в своей конструкции прямые вставки, длина которых во многом определяет компактность всей горловины, т. к. другие параметры, как правило, неизменны. Например, сокращенная стрелочная улица под двойным углом крестовины (рисунок 4) имеет в своей конструкции минимальное расстояние между стрелочными переводами L_0 , зависящее от длины прямой вставки d [8]. Полная длина такого соединения 169,27 м. Часть длины стрелочной улицы, приходящаяся на один путь, – 21,16 м, а средняя величина углов поворота на один путь – 9,51°. Стрелочные переводы № 2 и № 4 образуют s-образную кривую.

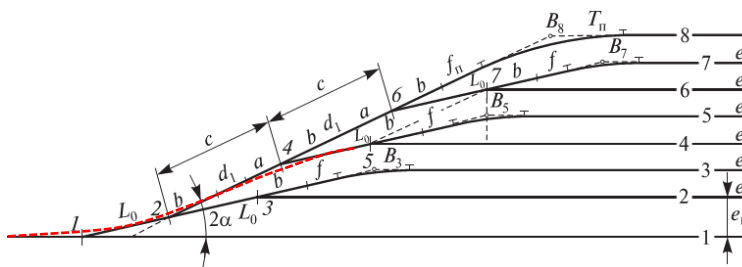


Рисунок 4 – Стрелочная улица под двойным углом крестовины

Длина прямой вставки влияет также на общую длину конструкции стрелочных улиц комбинированного типа (рисунок 5) [8].

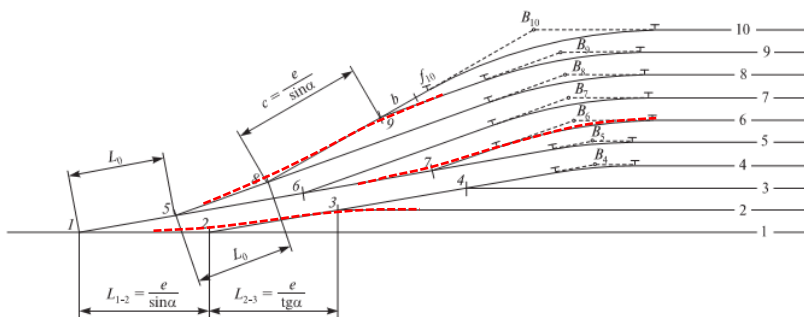


Рисунок 5 – Стрелочная улица комбинированного типа

В показанной схеме (см. рисунок 5) наиболее глубоко расположенными в парк являются переводы № 4, № 7 и № 9. Общая длина такого соединения на 10 путей составляет 238,5 м. Средняя длина стрелочной улицы, приходящаяся на один путь, $l_2 = 23,85$ м, что эффективнее большинства показанных выше схем (см. рисунки 1–3). Однако среднее количество углов поворота в такой схеме заметно больше $\alpha' = 13,95^\circ$. Кроме того, в конструкции используются три s-образные кривые: СП2-СП3, СП8-СП9, СП7-В6.

Веерные стрелочные улицы редко применяются в стрелочных горловинах станций. В таких соединениях взаимное размещение стрелочных переводов определяется величинами прямых вставок [8]. Их длина соизмерима с длиной улиц «на основном пути», но в конструкции имеются кривые большей длины.

Широкое распространение в конструкциях горочных горловин сортировочных парков получили пучкообразные улицы с применением симметричных стрелочных переводов марки 1/6. На рисунке 6 [9] показана конструкция такой горловины на 36 путей. Длина горловины от ЦП1 до ВУП № 45 составляет 321,48 м, а средняя длина горловины на один путь $l_2 = 321,48 / 36 = 8,93$ м. Пучкообразная конструкция горловин наиболее экономично по сравнению с другими использует длину станционной площадки. При этом расстояния между стрелочными переводами принимаются наименьшими с применением прямых вставок наименьшей длины [2]. Однако сокращение длины приводит к существенному увеличению количества кривых. Так, в горловине на рисунке 6 используется 104 кривые и 40 стрелочных переводов для увязки 36 путей. Таким образом, на один путь приходится более одного перевода и более трех кривых, что определяет среднюю величину углов поворота $\alpha' = 2 \cdot (9,4625 \cdot 20 + 267,075) / 36 = 25,35^\circ$ [9], что в 2–4 раза больше, чем в других типах горловин. Кроме того, в конструкциях таких горловин за счет применения симметричных стрелочных переводов образуется большое количество s-образных кривых. Так, на рисунке 6 при увязке 18 путей использовано 30 s-образных кривых (в 5–13 раз больше других типов стрелочных улиц): ВУ22-СП1, СП1-СП3, СП2-ВУ23 и другие.

Таким образом, развитие железных дорог привело к необходимости увязки в стрелочных горловинах большого количества путей. Стремление запроектировать горловины наименьшей длины привело к предельному сокращению длин основных элементов путевого развития (стрелочных переводов, кривых, прямых вставок). Это позволило в 6 раз эффективнее использовать длину станционной площадки, особенно при большом количестве путей в парках станций. С другой стороны, эксплуатационные качества таких конструкций изменились: более короткие соединения путей сконцентрировали динамические нагрузки от подвижного состава, связанные с движением по криволинейным участкам путей (круговым и s-образным кривым, отдельным стрелочным

переводам и их комбинациям). Это и определяет во многом минимальные величины радиусов кривых и длин прямых вставок между ними и стрелочными переводами. Часть же ограничений, связанных с взаимодействием стрелочных горловин и подвижного состава (обеспечение эффективного движения в сцепе и автоматического сцепления), не получила существенного отражения в требованиях к проектированию путевого развития.

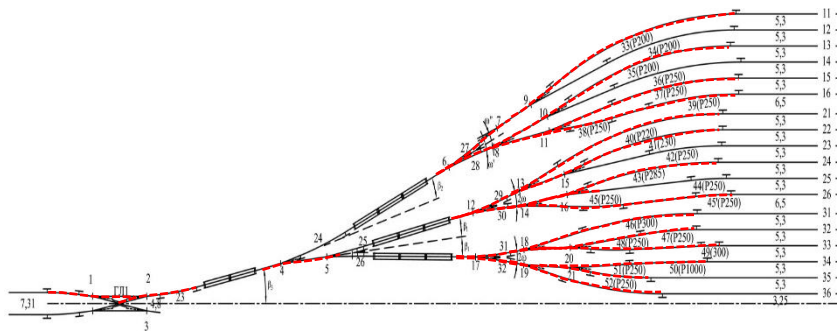


Рисунок 6 – Стрелочная улица пучкообразного типа

Таким образом, развитие горловин происходило под влиянием двух основных трендов. С одной стороны, это стремление запроектировать компактную горловину с минимальными величинами прямых вставок и радиусов. С другой стороны, имеет место интенсивное развитие конструкций подвижного состава: переход от безтележечных к тележечным вагонам, значительное увеличение габаритов и доли вагонов «увеличенных линейных размеров»; переход к автосцепке. Показанные тенденции связаны с решением задач, обусловленных кривизной пути: вписывание ходовых частей подвижного состава в колею и его динамика на кривых участках пути; смещение элементов конструкции вагонов при движении по криволинейным участкам пути (движение вагонов в сцепе и сцепление в кривых, обеспечение габаритов). Таким образом, увеличение размеров и количества длиннобазного подвижного состава вызывает необходимость увеличения радиусов кривых, применения более пологих стрелочных переводов, увеличения длин прямых вставок в s-образных кривых. Это требует переоценки существующих подходов к проектированию горловин и более широкому применению пологих марок стрелочных переводов, увеличению длин прямых вставок [10]. Кроме того, в условиях Белорусской железной дороги количество горочных путей не превышает 21, что облегчает поиск компромиссных решений для повышения безопасности и эффективности маневровой работы.

Список литературы

1 Нормы и технические условия проектирования железных дорог. НиТУ-58. – М. : ЦНИИС, 1958. – 137 с.

2 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. – М. : Техноинформ, 2003. – 169 с.

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 **ГОСТ 22235–2010.** Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ. – Введ. 01.05.2011. – М. : Стандартинформ, 2011. – 19 с.

5 Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных). – М. : ГосНИИВ, ВНИИЖТ, 1996. – 319 с.

6 Нормы и технические условия проектирования железных дорог нормальной колеи (1524 мм) промышленных предприятий. НиТУ 119-55. – М. : Стройиздат, 1955. – 70 с.

7 Технические указания на укладку стрелочных переводов при строительстве новых, развитии и переустройстве существующих станций : утв. 13 апр. 1971 г. и 11 мая 1971 г. – Введ. 01.10.1971. – М. : Оргтрансстрой, 1971. – 9 с.

8 **Савченко, И. Е.** Железнодорожные станции и узлы : учеб. / И. Е. Савченко, С. В. Земблинов, И. И. Страковский ; под ред. В. М. Акулиничева, Н. Н. Шабалина. – 4-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1980. – 479 с.

9 Проектирование сортировочных станций с автоматизированными горочными комплексами : учеб.-метод. пособие / В. Я. Негрей, В. А. Подкопаев, С. А. Пожидаев [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 235 с.

10 **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 нояб. 2022 г. : в 2 ч. Ч. 1 / Белорус. гос. ун-т трансп. ; под общ. ред. Ю. И. Кулаженко. – Гомель : БелГУТ, 2022. – С. 74–76.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ:

■ Филатов Евгений Анатольевич, г. Гомель, УО «Белорусский государственный университет транспорта», доцент кафедры «Управление эксплуатационной работой и охрана труда», канд. техн. наук, uer@bsut.by.

УДК 656.025

ИЗБЫТОЧНЫЙ ПАРК ГРУЗОВЫХ ВАГОНОВ: ПОНЯТИЕ, ВЛИЯНИЕ НА ПЕРЕВОЗОЧНЫЙ ПРОЦЕСС

Д. А. ХОДЫКИН

АО «Институт экономики и развития транспорта», г. Москва

Реформа железнодорожного транспорта, которая способствовала качественному обновлению вагонного парка привела к значительному росту