

УДК 656.212.5:656.208

С. А. ПОЖИДАЕВ, кандидат технических наук, Е. А. ФИЛАТОВ, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ ПЛАНА ГОРОЧНЫХ ГОРЛОВИН СОРТИРОВОЧНЫХ ПАРКОВ С УЧЁТОМ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОГО ВЗАИМОДЕЙСТВИЯ ДЛИННОБАЗНОГО ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Учитывая сложившуюся тенденцию увеличения доли длиннобазного подвижного состава, обеспечение требований безопасности маневровой работы с такими вагонами выходит на первый план. Существующая инфраструктура в большинстве случаев не обеспечивает повышенные требования к конструкциям элементов плана и профиля железнодорожных станций. Рассматриваются вопросы совершенствования методов расчёта и проектирования горочных горловин сортировочных парков станций для преодоления проблем обеспечения безопасности при переработке длиннобазного подвижного состава на сортировочных горках. Полученные конструктивные решения направлены на обеспечение безопасности маневровой работы с вагонами повышенной длины и представляют высокую теоретическую и практическую значимость для реализации в конструкциях горловин существующих сортировочных станций.

Одной из устойчивых тенденций развития железнодорожного транспорта в современных условиях является увеличение доли подвижного состава повышенных габаритов и грузоподъёмности. С эксплуатационной точки зрения это повышает погонную нагрузку, сокращает общую продолжительность погрузочно-выгрузочных операций, уменьшает объём маневровой работы, снижает потребность в длине станционных путей и дает возможность полнее использовать тягу локомотива, позволяет снизить удельные затраты энергии на перемещение 1 т груза, т.е. в целом значительно повышает эффективность использования железнодорожной инфраструктуры. Кроме того, в настоящее время всё шире используются контейнерные перевозки, позволяющие унифицировать подвижной состав и погрузочно-выгрузочные механизмы, сократить продолжительность погрузочно-выгрузочных операций и ускорить доставку груза получателю.

Одним из наиболее перспективных и масштабных международных проектов в транспортной сфере последних десятилетий является проект возрождения «Великого шелкового пути» из Китая в страны Западной Европы. Транспортно-логистической основой этого проекта являются контейнерные перевозки грузов железнодорожным транспортом с использованием специальных платформ для перевозки крупнотоннажных контейнеров, также имеющих увеличенные линейные размеры. Уже сегодня через Беларусь курсируют 19 контейнерных поездов, из них 8 – в сообщении Китай – Западная Европа.

Применение таких вагонов предъявляет повышенные требования и к самой инфраструктуре железных дорог, главным образом связанные с увеличенными габаритами этого подвижного состава. Так, за счет большего выноса консольной части вагона усложняется прохождение кривых участков путей в профиле и в плане, а также выполнение на этих участках маневровой работы [1–3].

Основная сложность маневровой работы с длиннобазными вагонами проявляется в подсистемах расформирования станций, включающих развитые по структуре горочные горловины. Анализ конструкций сортировочных горок на станциях Белорусской железной дороги показал несоблюдение требований безопас-

ности в их горловинах при взаимодействии длиннобазного подвижного состава. Это накладывает ограничения на эксплуатацию горочных комплексов, приводит к замедлению роспуска составов, а также к нарушениям и бракам в работе и, в конечном счете, затрудняет продвижение вагонопотока. Очевидно, что актуальность решения задач проектирования горочных горловин с учетом обеспечения безопасного взаимодействия подвижного состава повышенной длины в перспективе будет только повышаться.

Согласно требованиям Норм [2] в расчетах и проектировании автосцепных устройств вагонов выполняются проверки на обеспечение:

- 1) автоматической сцепляемости вагонов при сопряжении кривой расчетного радиуса и прямой без переходного радиуса;
- 2) прохода вагонов в сцепе участка сопряжения прямой и кривой без переходного радиуса;
- 3) прохода одиночных вагонов в сцепе S-образной кривой расчетного радиуса без прямой вставки между обратными кривыми.

При этом необходимо учитывать особенности взаимодействия грузовых вагонов I и II групп [2]: к I группе относятся грузовые вагоны массовых типов с возможностью роспуска их на сортировочных горках без ограничений, ко II – грузовые вагоны, отличающиеся увеличенными линейными размерами (длина по осям автосцепки более 21 м). Для вагонов габаритов 0-Т (по верхней части, превышающей 430 мм от уровня головок рельсов), 1-Т и Т расчетный радиус принимается равным 200 м, а для вагонов габаритов 01-Т, 02-Т и 03-Т – 250 м [4, 5].

Автоматическое сцепление вагонов в кривых меньше расчетного радиуса проверке не подлежит, т.к. сцепление в таких условиях должно производиться под контролем работника, выполняющего маневры. Кроме того, положения Норм [2, таблица 8.2] не допускают при роспуске составов с сортировочной горки проталкивание очередным отцепом вагонов II группы при их остановке в кривых участках путей в голове сортировочного парка. Допускаемые радиусы при сопряжении двух круговых кривых, направленных в разные стороны (S-образной), ещё больше (таблица 1 [3]).

Таблица 1 – Допускаемые радиусы кривых участков путей

Участок пути	Минимальный радиус кривого участка пути в плане, м (числитель – для вагонов I группы, знаменатель – II)		
	сцепление автоматическое	проход в сцепе	проход одиночного вагона
Сопряжение прямой и кривой без переходного радиуса	$\frac{135}{250}$	$\frac{80}{110}$	$\frac{60}{80}$
S-образная кривая без прямой вставки	$\frac{190}{480}$	$\frac{120}{160}$	$\frac{120}{160}$
Круговая кривая	$\frac{135}{250}$	$\frac{80}{110}$	$\frac{60}{80}$

Как видно из данных таблицы 1, наиболее высокие требования предъявляются к технологической операции автоматического сцепления вагонов всех категорий. Эта операция наиболее часто встречается во время роспуска вагонов с горки на участках путей сортировочного парка, где вагоны могут слишком замедлиться или остановиться даже в пределах стрелочной зоны, не докатившись до расчетной точки.

Анализ конструкций горловин ряда станций Белорусской железной дороги показал, что наиболее часто встречается неблагоприятное сочетание круговой кривой, расположенной на пути, и переводной кривой стрелочного перевода, причем эти кривые часто направлены в разные стороны, образуя S-образную кривую без прямой вставки. Кроме того, в большинстве случаев минимальный радиус круговых кривых в конструкциях горловин существующих станций  $R \approx 200$  м, большие же радиусы применяются достаточно редко. Сочетание этих факторов является самым неблагоприятным для взаимодействия подвижного состава, т. к. при этом создаются наихудшие условия для прохода вагонов в сцепе и обеспечения автоматического сцепления вагонов, особенно длиннобазных, шести- и восьмиосных вагонов и других типов железнодорожного подвижного состава II группы (см. таблицу 1).

Обеспечение автоматической сцепляемости вагонов согласно [2] проверяется по условию

$$B \geq [n(2l + n) - l_T^2] / (2R) + \lambda,$$

где  $B$  – эффективная ширина захвата автосцепки (СА-3М), м,

$$B = B' [1,655 \sin(65 - \beta_0) - 0,5];$$

$B'$  – полная ширина захвата при параллельно расположенных сцепных приборах, м;  $\beta_0$  – угол пересечения продольных осей автосцепок,  $\beta_0 = \arctg[(1 + n) / R]$ , град;  $n$  – длина консоли от пятникового сечения вагона до оси автосцепки, м;  $2l, 2l_T$  – базы вагона и тележки, соответственно, м;  $R$  – расчетный радиус кривой, м;  $\lambda$  – дополнительное поперечное смещение центров зацепления автосцепок, мм.

В расчетах следует учитывать, что составляющая первого выражения  $[n(2l + n) - l_T^2] / (2R)$  представляет собой величину выноса автосцепного устройства тележечного вагона в наружную сторону кривой  $u_{нар \tau}$ .

Аналогично определяется возможность обеспечения автоматической сцепляемости вагонов на участке сопряжения круговой кривой и прямого участка.

В связи с тем, что взаимодействующие вагоны нахо-

дятся в кривых участках пути и выносы их автосцепных устройств в поперечных сечениях, соответствующих осям автосцепок, происходят в разные стороны в наружную сторону кривых при максимальном удалении от ближайших направляющих поперечных сечений (в пятниках вагонов), суммарная величина выносов определяется как сумма величин выносов, полученных для каждого вагона во взаимодействующей паре.

Сравнивая суммарную величину выносов двух вагонов и необходимую ширину захвата автосцепок, делается вывод о выполнении условия безопасного взаимодействия. Схематическое изображение этой ситуации показано на рисунке 1.

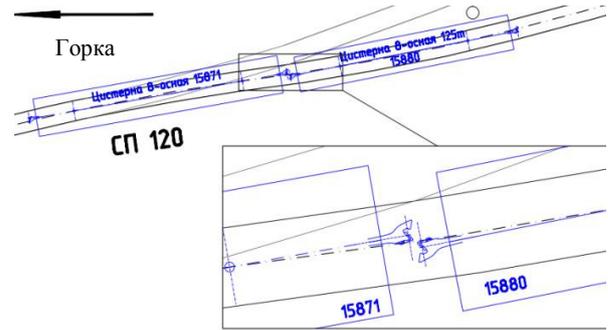


Рисунок 1 – Схема неблагоприятного взаимодействия длиннобазного подвижного состава в S-образной кривой

Так, при взаимодействии двух восьмиосных цистерн проектов 15-880 и 15-871, расположенных в пределах переводной кривой симметричного стрелочного перевода ЦП № 120 и в круговой кривой радиусом 200 м (см. рисунок 1), суммарная величина выноса автосцепных устройств в наружную сторону кривой  $u_{нар \tau} = 0,321$  м при эффективной ширине захвата автосцепки  $B = 0,186$  м. Таким образом, автоматическое сцепление этих вагонов обеспечить невозможно, что и привело на практике к повреждению элементов ВСП и сходу подвижного состава.

Выполненные расчеты показывают, что для существующего путевого развития станций Белорусской железной дороги целесообразно производить роспуск длиннобазного подвижного состава с сортировочных горок, не допуская их остановки в кривых участках путей малых радиусов [ $R < 200$  м (для грузовых вагонов I группы) или  $R < 250$  м (для грузовых вагонов II группы)] для последующего взаимодействия с другим подвижным составом. В кривых с радиусами  $200 < R < 480$ , [2], образующих S-образные кривые без прямых вставок, в т.ч. с учетом переводных кривых стрелочных переводов, следует полностью исключить проталкивание длиннобазного подвижного состава очередным отцепом (аналогичного или массового типов). Сцепление вагонов должно производиться только под контролем работника, выполняющего маневры. Приведенные ограничения с учетом недостаточной полезной длины сортировочных путей значительно снижают эффективность эксплуатационной деятельности.

Для смягчения условий взаимодействия длиннобазных вагонов в кривых участках путей следует устраивать прямые вставки между обратными кривыми длиной 12–20 м или сложные кривые переменного радиуса, запроектированные с помощью методов сплайн-функ-

ций, например кубического сплайна дефекта 1-го порядка, рационального сплайна и др., что потребует изменения нормативной базы по проектированию железнодорожных станций.

Предложенные рекомендации должны быть учтены при расчете и проектировании конструкций горочных горловин. Их реализация влияет на длину горловины, полезную длину сортировочных путей, сопротивление движению скатывающихся отцепов и безопасность выполнения маневровой работы. В этих условиях задача проектирования плана горочной горловины является достаточно сложной, т. к. горловина включает в себя большое количество простых геометрических конструктивов, поиск параметров каждого из которых является многовариантной задачей и усложняется взаимным влиянием геометрии этих элементов друг на друга.

При этом главные трудности возникают при выборе величин углов поворотов в конструктивных кривых пучков на спускной части горки. Конструктивные кривые проектируются для сокращения длины горловины, исключения длинных прямых вставок. Кроме того, решение задачи выбора величин углов поворота в кривых участках путей на спускной части горки неразрывно связано с поиском наилучших параметров сопрягающих кривых на сортировочных путях. Считается, что если на маршруте скатывания размещаются две и более кривые с неизвестными углами поворотов, то однозначное определение их величин невозможно [6].

Учитывая масштабность задачи проектирования горловины, первоначально поиск решения осуществлялся графическими методами, а качество горловины зависело от опыта и таланта проектировщика. Следующим этапом развития методов проектирования стал поиск аналитических решений для расчета углов наклона основных пучков, углов расположения путей в пучке. Используемые методы, так или иначе, предполагают поиск частного решения (комбинации определяющих углов поворота) из области допустимых значений этих углов. При этом в качестве дополнительного критерия выбора варианта конструкции горловины принимается её минимальная длина [7].

Некоторыми исследователями неоднократно предпринимались попытки поиска универсального решения методами имитационного моделирования с применением программных комплексов и аналитических решений. Большую определенность решению придает вынужденное исключение конструктивных кривых за счет применения прямых вставок. Однако значительный объем вычислений и необходимость комплексной увязки их результатов не позволили найти такое универсальное решение удовлетворительного качества. При этом критерием выбора параметров конструкции горочной горловины требование обеспечения безопасных условий взаимодействия длиннобазных вагонов до сих пор не рассматривалось.

Предлагаемый метод решения базируется на расчёте углов наклона основных элементов горочной горловины по отношению к продольной оси сортировочного парка с учетом ограничений, накладываемых на допустимые радиусы кривых и их расчетные сочетания (см. таблицу 1), а также требований Правил и Норм проектирования [1]. Углы поворота конструктивных кривых горочной горловины сортировочного парка определяются

аналитически в соответствии со схемой горочной горловины сортировочного парка. В качестве примера рассматривается горочная горловина сортировочного парка на 36 путей, при этом в каждом пучке  $\frac{1}{2}$  части горловины проектируется 6 путей (рисунок 2) по схеме «6 + 6 + 6» (рисунок 3). Соединение двух спускных путей и двух путей роспуска выполняется с помощью перекрёстного съезда из четырёх симметричных стрелочных переводов марки крестовины 1/6. Первыми разделительными элементами горловины в головной зоне сортировочной горки являются входные стрелочные переводы перекрёстного съезда. На двух горочных тормозных позициях укладываются пятизвенные вагонные замедлители типа ЗВУ (2 – на первой тормозной позиции и 3 – на второй). В горловине предусматривается два обходных пути, примыкающих к крайним путям сортировочного парка. Критерием нахождения неизвестных углов поворотов в конструкции горловины является расчётная длина горки (от вершины горки до расчётной точки) [6, 7].

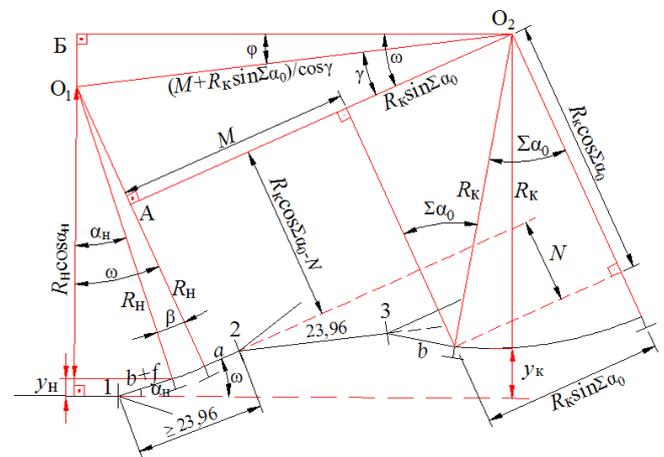


Рисунок 2 – Расчетная схема определения угла поворота  $\beta$  конструктивной кривой в пучке из 6 путей

Для обеспечения автоматического сцепления длиннобазных вагонов в круговых кривых участках сортировочных путей применяются радиусы  $R \geq 250$  м. Незвестными величинами являются углы поворота  $\beta$  конструктивных кривых и их производные углы в симметричных ( $\omega$ ) и несимметричных ( $\omega'$  и  $\omega''$ ) пучках путей, углы наклона пучков ( $\beta_1$  и  $\beta_2$ ) и участка первой тормозной позиции ( $\beta_3$ ) к базису горочной горловины – оси сортировочного парка (см. рисунок 3).

Угол наклона  $\omega$  определяется в соответствии с методом проекций или по методу БелГУТа [8]. Методы предполагают поиск расчетного угла вписыванием внутреннего пути пучка из 6 путей (наиболее трудного по вписыванию) относительно базиса пучка. Решение может достигаться проецированием элементов конструкции пучка на вертикальную ось, когда сумма проекций известна (метод проекций), или построением проекций отрезков  $M$  и  $N$ , которые лежат на осях, расположенных параллельно и перпендикулярно условной оси расчетного пучка. Так, в пучке из 6 путей угол поворота  $\beta$  в кривой, располагаемой после головного стрелочного перевода, можно рассчитать в соответствии со схемой, показанной на рисунке 2.

Из расчетной схемы на рисунке 2  $\beta = \omega - \alpha_n$ , где  $\omega = \phi + \gamma$ . Из прямоугольных треугольников  $O_1A O_2$  и  $O_1B O_2$

$$\operatorname{tg}\gamma = (R_n - R_k \cos \Sigma \alpha_0 + N) / (M + R_k \sin \Sigma \alpha_0);$$

$$\sin \varphi = (R_k + y_k - y_n - R_n \cos \alpha_n) \cos \gamma / (M + R_k \sin \Sigma \alpha_0),$$

где  $R_n$  – радиус начальной круговой сопрягающей кривой с искомым углом  $\beta$ , м;  $R_k$  – радиус последней соединительной кривой расчетного пути, м;  $\alpha_n$  – угол наклона начального направления участка пути к базису (оси симметрии);  $\Sigma \alpha_0$  – алгебраическая сумма углов поворота отрезка расчетного пути протяжением от конца кривой за первым стрелочным переводом пучка или его ответвления до начала последней соединительной кривой, рассчитываемая относительно направления участка пути, получаемого после прохождения кривой с искомым углом;  $y_n$  – ордината начала кривой за первым стрелочным переводом пучка или его ответвления;  $y_k$  – ордината горизонтальной касательной к последней соединительной кривой расчетного пути, м;  $M$  – проекция отрезка расчетного пути протяжением от конца кривой за первым стрелочным переводом пучка или его ответвления до начала последней соединительной кривой на направление участка пути, получаемое после прохождения кривой с искомым углом, м;  $N$  – то же на ось, перпендикулярную к направлению угла наклона  $\omega$ , м.

Длина проекции  $M$  определяется как сумма проекций отдельных элементов участка пути от конца кривой, расположенной за головным стрелочным переводом пучка, до начала закрестовинной кривой внутреннего пути, т. е.

$$M = a + 23,96 \cdot \cos(\alpha / 2) + b \cdot \cos(\alpha).$$

Длина проекции этого же участка пути на ось, перпендикулярную к направлению участка пути, получаемого после прохождения кривой с искомым углом поворота  $\beta$ ,

$$N = 23,96 \cdot \sin(\alpha / 2) + b \cdot \sin(\alpha),$$

где 23,96 – минимальное расстояние между центрами стрелочных переводов при их попутной укладке с обеспечением длины предстрелочного участка 6 м изолированной рельсовой цепи управления стрелочным переводом марки крестовины 1/6 с типом рельсов Р50;  $\alpha$  – угол крестовины симметричного стрелочного перевода марки 1/6.

Исходные величины для определения угла  $\beta$ :

$$R_n = R_k = 200 \text{ м}; \alpha_n = \alpha / 2; \Sigma \alpha_0 = \alpha; y_n = 0,87 \text{ м}; y_k = 2,65 \text{ м};$$

$$M = a + 23,96 \cdot \cos(9,46233 / 2) + 10,56 \cdot \cos 9,46233 = 41,24 \text{ м};$$

$$N = 23,96 \cdot 0,082481 + 10,56 \cdot 0,164399 = 3,71 \text{ м};$$

$$\operatorname{tg}\gamma = \frac{200 - 200 \cdot 0,986394 + 3,72}{41,25 + 200 \cdot 0,164399} = 0,086793;$$

$$\gamma = \arctg 0,086874 = 4^\circ 57' 37'';$$

$$\sin \varphi = \frac{200 + 2,65 - 0,87 - 200 \cdot 0,996593}{41,25 + 200 \cdot 0,164399} \cdot 0,996240 = 0,033069;$$

$$\varphi = \arcsin 0,033069 = 1,89509^\circ;$$

$$\omega = \varphi + \gamma = 1,89509^\circ + 4,96046^\circ = 6,85555^\circ;$$

$$\beta = \omega - \alpha_n = 6,85555^\circ - 4,73117^\circ = 2,12438^\circ = 2^\circ 7' 28''.$$

Аналогично рассчитываются углы поворота в кривых и наклона в несимметричных пучках путей, углы наклона пучков и угол наклона участка первой тормозной позиции к базису. На основе этих значений определяются углы поворота в закрестовинных кривых, сопрягающих наклонные участки путей в горловине, и сортировочные пути, углы наклона всех участков путей в горловине между основными точками плана горловины и расстояния между этими точками, а также координаты всех основных точек плана 1/2 части горочной горловины, по которым выполняется её графическое построение.

Далее решаются задачи вписывания кривых для соблюдения необходимых междупутий, а также сопряжение прямых участков с помощью S-образных кривых на участках путей сортировочного парка. При построении S-образных кривых может возникнуть ситуация, когда расстояние между осями крайних путей смежных пучков мало и не отвечает нормативным требованиям [1].

Решения можно добиться, если по центру междупутья между этими пучками провести линию, сопрягая ее с крайним путем верхнего пучка обратными кривыми с радиусами 250 м для обеспечения прохода и сцепа длиннобазных вагонов. В итоге получится S-образная кривая с прямой вставкой. Для того чтобы эта кривая не «нарушала» нормативные требования к взаимному расположению кривых [1], необходимо скопировать соседнюю кривую и переместить ее на допустимую величину междупутья по направлению к проектируемой кривой. И после этого еще раз проверить вписывание пути для обеспечения габарита и условий взаимодействия длиннобазных вагонов [9].

В проектируемой горловине получено шесть S-образных кривых (по одной в каждом пучке) с прямыми вставками между обратными кривыми достаточной длины (в пределах 19,7–37,7 м), поэтому применение радиуса, равного 250 м, обеспечивает безопасность автоматического сцепления длиннобазных вагонов. Однако имеются S-образные кривые, образованные переводными кривыми стрелочных переводов № 9, 11, 13, 15, 18, 20 и 21 и закрестовинными кривыми без прямой вставки (см. рисунок 1). При этом автоматическое сцепление вагонов может безопасно выполняться только за крайними предельными столбиками.

В завершении выполняется расчет координат основных точек, в которых преломляется прямолинейное расположение участков путей в плане: центров стрелочных переводов и вершин углов поворота кривых.

Расстояния между расчетными и связующими точками для кривых участков, расположенных за крайними стрелочными переводами, можно определить после расчета координат по формулам

$$L = \Delta y / \sin \varphi; L = \Delta x / \cos \varphi.$$

Необходимо следить, чтобы длины участков путей между центрами стрелочных переводов, в пределах которых расположены дополнительные (конструктивные) кривые, были не менее чем 23,96 м (Р50) или 23,84 м (Р65). Такими контролируемыми значениями являются длины участков ЦП6-ЦП7, ЦП6-ЦП8, ЦП12-ЦП13, ЦП12-ЦП14, ЦП17-ЦП18 и ЦП17-ЦП19 (рисунок 3). Также контролируется правильность вписывания всех закрестовинных кривых при принятых радиусах.

В таблице 2 представлены результаты расчета определяющих углов горловины по двум вариантам: а) предусматривающим увеличение радиусов кривых до 250 м, но не менее 200 м при сохранении нормального междупутья между пучками 5,3 м; б) обеспечивающим  $R \geq 250$  м всех кривых участков путей сортировочного парка за счет уменьшения ширины междупутий в начале сортировочных путей между пучками до 4,8 м.

Таблица 2 – Расчетные параметры горочной горловины

Параметр			Значение по вариантам		
			а	б	
Угол наклона, град	в симметричном пучке $\omega$		6,89	6,90	
	в несимметричном пучке	$\omega'$	6,72	6,76	
		$\omega''$	6,70	6,70	
	пучка	среднего	$\beta_1$	5,70	5,29
		верхнего	$\beta_2$	6,96	6,23
участка первой тормозной позиции		$\beta_3$	10,16	9,93	
Длина горловины от стрелочного перевода № 1 до конца наиболее удаленной в парк кривой, м			341,7	355,4	

Первый вариант плана 1/2 части горочной горловины сортировочного парка на 36 путей представлен на рисунке 3, а, при этом на крайних путях № 11–13 радиус 250 м при величине междупутий 5,3 м применить не удалось. Горловина, запроектированная аналогичным образом, но обеспечивающая безопасность работы с длиннобазным подвижным составом, изображена на рисунке 3, б. Увеличение радиусов закрестовинных кривых достигается за счет уменьшения междупутий между пучками до 4,8 м. Это позволило уменьшить угол наклона участка первой тормозной позиции  $\beta_3$  на  $0,23^\circ$ , наклон среднего пучка

$\beta_1$  – на  $0,41^\circ$  и верхнего  $\beta_2$  – на  $0,73^\circ$  (см. таблицу 2), что и обеспечило вписывание по крайним путям № 11–13 кривых радиусами 250 м. При этом расчетная длина горочной горловины увеличилась только на 13,7 м.

Таким образом, найдено аналитическое решение задачи проектирования горочной горловины сортировочного парка на 36 путей, обеспечивающее минимальную длину горловины и улучшение её эксплуатационных качеств с учетом накладываемых ограничений. При этом определяющими геометрическими параметрами являются ширина междупутий, углы поворота и радиусы кривых. Сложность и индивидуальность полученного аналитического решения подтверждает невозможность универсального решения для всех задач такого типа. Однако предложенный подход позволяет находить аналитические решения для каждой отдельно взятой горочной горловины.

Полученные результаты могут применяться при проектировании и реконструкции горловин на станциях, где значительная доля перерабатываемого вагонопотока имеет повышенные размеры и относится ко II категории подвижного состава. Особенно это актуально для промышленных станций, обслуживающих нефтеперерабатывающие предприятия, и специализированных – на переработке крупнотоннажных контейнеров.

Применение разработанных конструкций горловин и учет предложенных рекомендаций при эксплуатации существующих позволит устранить события, связанные с нарушением безопасности движения при расформировании составов, из-за несоблюдения требований [2] и в целом повысить безопасность и эффективность технологических процессов на станциях.

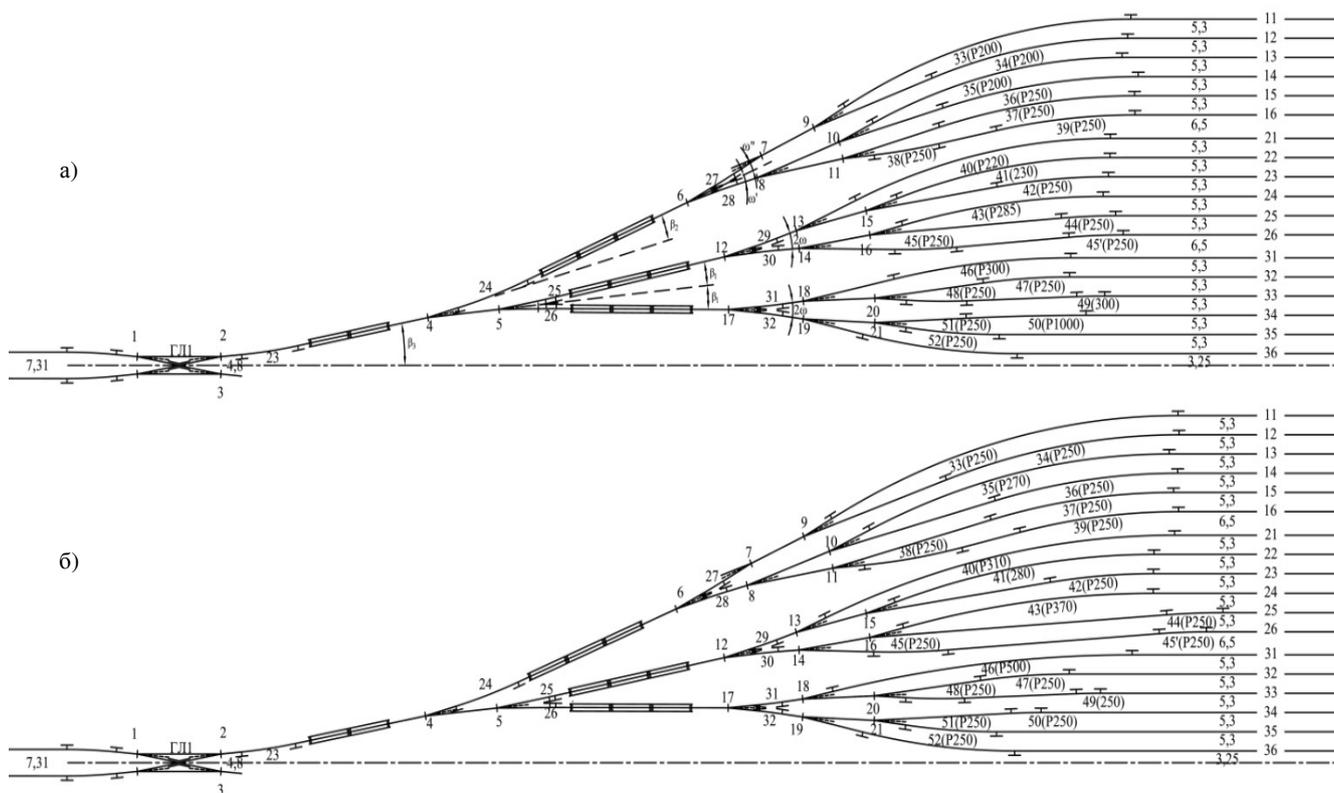


Рисунок 3 – План 1/2 части горочной горловины сортировочного парка на 36 путей при применении радиусов закрестовинных кривых:

а – не менее 200 м; б – не менее 250 м для обеспечения безопасных условий взаимодействия длиннобазного подвижного состава (автоматическое сцепление вагонов)

### Список литературы

1 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах Союза ССР. – М. : Транспорт, 1992. – 104 с.

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

3 ГОСТ 22235–76\*. Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ : межгосударственный стандарт. – М. : МПС, 1978.

4 Вагоны : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / Л. А. Шадур [и др.]; под ред. Л. А. Шадура. – 3-е изд., перераб. и доп. – М. : Транспорт, 1980. – 439 с.

5 Конструирование и расчет вагонов : учеб. для вузов ж.-д. трансп. / В. В. Лукин [и др.]; под ред. В. В. Лукина. – М. : УМК МПС России, 2000. – 731 с.

6 **Бобровский, В. И.** Совершенствование конструкции плана путевого развития горочных горловин [текст] /

В. И. Бобровский, А. И. Колесник, А. С. Дорош // Транспортные системы и технология перевозок : сб. науч. тр. Днепропетровского национального ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск : ДНУЖТ, 2011. – Вып. 1. – С. 27–33.

7 **Бобровский, В. И.** Совершенствование метода расчета параметров плана горочных горловин [текст] / В. И. Бобровский, А. И. Колесник // Транспортные системы и технология перевозок : сб. науч. тр. Днепропетровского национального ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск : ДНУЖТ, 2011. – Вып. 26. – С. 40–47.

8 Проектирование сортировочных станций с автоматизированными горочными комплексами [электр.] : учеб.-метод. пособие / В. Я. Негрей [и др.]. – Гомель : БелГУТ, 2015. – 214 с.

9 Автоматизированное проектирование плана горочной горловины с учётом обеспечения безопасного взаимодействия длиннобазного подвижного состава / С. А. Пожидаев, Е. А. Филатов, Е. Н. Иванов // Транспортные системы и технология перевозок : сб. науч. тр. Днепропетровского национального ун-та ж.-д. трансп. им. акад. В. Лазаряна. – Днепропетровск : ДНУЖТ, 2013. – Вып. 6. – С. 82–85.

Получено 28.07.2015

**S. A. Pozhidaev, E. A. Filatov.** Design plan hump neck park with marshalling considering securing long engagement rolling stock.

Given the current trend of increasing the share of long wheelbase vehicles, to ensure the safety requirements of shunting operations with such cars coming to the fore. The existing infrastructure in most cases does not provide increased design requirements elements of the plan and profile of the railway stations. Under these conditions, the work deals with the improvement of methods of calculation and design of parks hump necks sorting stations to overcome the security problems in the processing of the long wheelbase of the rolling stock on the humps. These designs are aimed at ensuring the safety shunting of the wagons increased length, which has a high theoretical and practical significance for the implementation of existing manholes in the construction of marshalling yards.