

УДК 656.212.5.08

Е. А. ФИЛАТОВ^{1*}

^{1*} Каф. «Транспортные узлы», Учреждение образования «Белорусский государственный университет транспорта», ул. Кирова, 34, 246653, г. Гомель, Республика Беларусь, тел. (0232) 95-39-48, эл. почта filatoff.ea@yandex.ru, ORCID 0000-0001-7710-3110

ПОВЫШЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ФУНКЦИОНИРОВАНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНЫХ СТАНЦИЙ

Цель. Целью исследования является разработка дополнительных требований к конструкции путевого развития, для повышения безопасности функционирования железнодорожных станций за счет обеспечения нормативных условий взаимодействия вагонов различных типов. **Методика.** Исследованы статистические параметры вагонопотоков, перерабатываемых на станциях, с учетом их линейных размеров. Зонами наибольшей концентрации технологических операций, требующих контроля процесса сцепления вагонов являются горловины железнодорожных станций, поэтому в первую очередь требуется выполнить анализ их конструкций. Для оценки влияния линейных размеров вагонов на конструкцию путевого развития сравниваются величины выноса консольной части вагона с эффективной шириной захвата автосцепки в зависимости от геометрических параметров пути. С помощью расчета наиболее неблагоприятных для сцепления вагонов конструкций пути – *s*-образных кривых без прямых вставок, устанавливаются геометрические параметры проектируемого путевого развития для повышения безопасности маневровой работы с вагонами различных типов, а для существующего – технологические ограничения на эксплуатацию железнодорожной инфраструктуры в конкретных условиях. **Результаты.** Доля вагонов с увеличенными линейными размерами в последние годы значительно возросла. При этом выявлено, что неблагоприятные условия взаимодействия могут создаваться не только с длиннобазными, но и с вагонами массовых типов (до 60-70 %). Выполненный анализ конструкций горловин станций позволил определить наиболее распространенные сочетания геометрических элементов пути, снижающих эффективность выполнения маневровой работы: сопряжение прямой и круговой (переводной) кривой без переходного радиуса; *s*-образная кривая с и без прямой вставки (в том числе образованная с участием переводных кривых стрелочных переводов). Установлены величины радиусов, обеспечивающие повышение безопасности выполнения маневровой работы на станциях с вагонами различных типов. Так, наличие длиннобазных платформ вызывает необходимость при проектировании *s*-образных кривых без прямых вставок применять радиусы 660 м, круговых кривых – 290 м, а для станций, специализированных на работе с цистернами 420 м и 190 м соответственно. Установленные параметры криволинейных участков путей позволяют определить опасные зоны в конструкциях схем железнодорожных станций, где указанные ограничения не выполняются. Учитывая значительное количество таких зон, результаты исследований позволяют локализовать самые неблагоприятные из них, а в отдаленной перспективе полностью устранить и отказаться от ручного труда при контроле операций сцепления вагонов на станциях. **Научная новизна.** Установленные аналитические зависимости определяют допустимые величины радиусов криволинейных участков путей, обеспечивающие автоматическое сцепление вагонов различных линейных размеров. Это позволило установить, что неблагоприятные условия взаимодействия вагонов на станциях могут создаваться не только с длиннобазными вагонами, но и с вагонами массовых типов, что подтверждается и на практике. Полученные выражения позволяют определить дополнительные требования к методам проектирования железнодорожных станций в условиях качественного изменения структуры вагонного парка, обеспечивающие безопасность выполнения маневровых операций. **Практическая значимость.** Применение предложенных подходов при проектировании горловин, парков, грузовых пунктов и других объектов путевой инфраструктуры, обеспечивает повышение уровня безопасности при выполнении маневровой работы на станциях, особенно перерабатывающих вагоны с увеличенными линейными размерами, в том числе специализированных на обслуживании нефтеналивных, контейнерных и других грузов. При этом наибольший эффект может быть достигнут при проектировании горочных горловин, т. к. в них сконцентрировано большее количество криволинейных участков путей в плане и вертикальных кривых в конструкции продольного профиля, что требует построения трехмерной модели взаимодействия вагонов и вводит дополнительные ограничения при проектировании.

Ключевые слова: вагоны с увеличенными линейными размерами, геометрические параметры элементов путевого развития, безопасность взаимодействия вагонов, *s*-образная кривая.

Вступление

В условиях ограниченных ресурсов в экономике и роста конкуренции на рынке транспортных услуг, основным направлением повышения эффективности работы предприятий железнодорожного транспорта является повышение производительности труда и сокращение дополнительных потерь. Это предъявляет повышенные требования к уровню технической оснащенности железнодорожного транспорта. Наиболее прогрессивной парадигмой развития железных дорог «пространства 1520» на ближайшие годы должно стать внедрение «безлюдных» технологий. Однако широкое внедрение автоматизации сдерживается наличием ряда технологических ограничений, вызванных в том числе несовершенством существующего технического оснащения станций и широким применением ручного труда.

Ещё одним из направлений повышения производительности железнодорожного транспорта является увеличение доли подвижного состава повышенных габаритов и грузоподъемности. Однако, кроме очевидных преимуществ, применение таких вагонов предъявляет повышенные требования и к самой инфраструктуре железных дорог, связанные, главным образом, с их увеличенными размерами.

Сложившиеся тенденции вызывают потребность исследования условий взаимодействия длиннобазных вагонов в зонах концентрации размещения криволинейных участков путей (в том числе стрелочных переводов) с целью повышения уровня безопасности и эффективности работы железнодорожных станций.

Анализ существующей нормативной базы по вопросам проектирования [1-3] выявил отсутствие специальных требований к проектированию путевого развития железнодорожных станций, учитывающих безопасность сцепления вагонов с увеличенными линейными размерами. Основным источником требований, связывающих параметры конструкции путевого развития и линейные размеры вагонов, служат Нормы расчета и проектирования грузовых вагонов железных дорог колеи 1520 мм [4] и Общие требования по обеспечению сохранности вагонов при производстве маневровых работ [5] (табл. 1).

В табл. 1 в числителе приведены допустимые радиусы кривых при выполнении маневровых операций с вагонами увеличенных линейных размеров (длиной по осям автосцепок более 21 м), а в знаменателе – других массовых типов. Жирным шрифтом отмечены параметры Норм расчета и проектирования грузовых вагонов. Однако следует учитывать, что указанные нормы предъявляют в первую очередь требования к проведению испытаний

Допускаемые радиусы кривых участков путей

Участок пути	Минимальный радиус кривого участка пути в плане, м		
	сцепление автосцепное	проход в сцепе	проход одиночного вагона
Сопряжение прямой и кривой без переходного радиуса	<u>135</u> 250	<u>80</u> 110	<u>60</u> 80
S-образная кривая без прямой вставки	<u>190</u> 480	<u>120</u> 160	<u>120</u> 160
Круговая кривая	<u>135</u> 250	<u>80</u> 110	<u>60</u> 80

новых вагонов и к выполнению маневровых работ с вагонами и не являются обязательными при проектировании железнодорожной инфраструктуры.

Цель

Целью исследования является разработка дополнительных требований к конструкции путевого развития, для повышения безопасности функционирования железнодорожных станций за счет обеспечения нормативных условий взаимодействия вагонов различных типов.

Методика

Для достижения указанной цели необходимо решить следующие задачи:

- исследование параметров вагонопотоков с учетом их линейных размеров;
- определение технологических условий и зон концентрации маневровых операций, требующих контроля сцепления вагонов;
- выявление наиболее распространенных конструкций путевого развития, создающих неблагоприятные условия для взаимодействия вагонов;
- определение геометрических параметров криволинейных участков путей, обеспечивающих эффективность и безопасность маневровой работы с вагонами, в том числе повышенных линейных размеров.

Анализ статистических данных о перерабатываемом вагонопотоке позволил определить количественное распределение вагонов с учетом их длины по осям автосцепок (рис. 1). В исследуемых выборках около 90-95 % вагонов можно отнести к массовым типам, около 5-10 % к длиннобазным. На крупных станциях может перерабатываться до 300 таких вагонов в сутки. Кроме того, следует учитывать, что в перспективе доля таких вагонов будет расти. Этому может способствовать значительный прирост потока контейнеров, следующего из Китая в Европу и расширение сферы производства вагонов, повышенной грузоподъемности и габаритов.

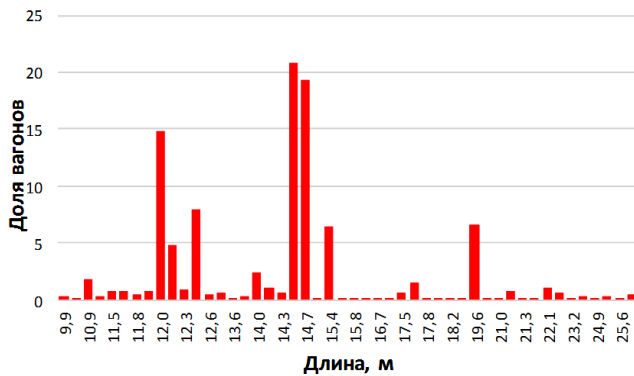


Рис. 1. Распределение количества вагонов с учетом их полной длины

Наличие таких вагонов на станциях вызывает дополнительные технологические ограничения, связанные с невозможностью их автоматического сцепления при остановке в зонах криволинейных участков путей (в горловинах станций, в зонах грузовых фронтов на путях общего и необщего пользования).

В существующих требованиях (табл. 1) выделены следующие неблагоприятные сочетания геометрических элементов путевого развития: сопряжение прямой и кривой без переходного радиуса, s-образная кривая без прямой вставки, круговая кривая. Однако анализ наличия таких сочетаний в существующих схемных решениях (рис. 2) позволяет дополнительно включить в этот перечень кривые, образованные с участием переводных кривых стрелочных переводов в различных сочетаниях (более 63 %), а также s-образные кривые с прямой вставкой (около 20 %).



Рис. 2. Доля различных конструкций элементов путевого развития в горловинах станций

Как видно из рис. 1 практически 60 % рассмотренных сочетаний – это одиночные кривые, а около 40 % – s-образные (30 % – с прямой вставкой).

Наиболее небезопасной операцией взаимодействия вагонов является их автоматическое сцепление (табл. 1), которое происходит при маневровой работе с вагонами: в горочной и выходной горловинах при расформировании и формировании

составов поездов; в горловинах приемоотправочных парков; на путях общего и необщего пользования при наличии кривых (особенно вблизи грузовых фронтов). Кроме того, вероятность сцепления в криволинейных участках горловин значительно возрастает при недостаточности полезных длин путей в парках.

Обеспечение автоматической сцепляемости вагонов при сопряжении кривой и прямой согласно Норм расчета и проектирования вагонов [4] проверяется по условию обеспечения превышения эффективной ширины захвата автосцепки B величины смещения автосцепного устройства вагона в наружную сторону кривой b

$$B \geq b.$$

Для определения величины радиуса R при которой будет обеспечиваться автоматическая сцепляемость вагонов необходимо решить систему уравнений при $B = b$

$$\begin{cases} B'[1,655 \sin(65 - \beta_0) - 0,5] = B; \\ (n(2l + n) - l^2_{\tau})/2R + \lambda = b, \end{cases}$$

где B' – полная ширина захвата при параллельно расположенных сцепных приборах, м;

β_0 – угол пересечения продольных осей автосцепок

$$\beta_0 = \arctg((l + n)/R);$$

где n – длина консоли от пятникового сечения вагона до оси автосцепки, м;

$2l, 2l_{\tau}$ – базы вагона и тележки, соответственно, м;

R – расчетный радиус кривой, м;

λ – дополнительное поперечное смещение центров зацепления автосцепок, мм.

Решим данную систему уравнений численным способом на примере четырехосного крытого вагона для перевозки автомобилей длиной 24 260 мм (база 17 000 мм, консоль 3 630 мм). Последовательно определяя вынос консольной части вагона и эффективную ширину захвата автосцепки для различных величин радиусов получаем графики зависимостей, соответствующих величин от R (рис. 3). Наилучшим образом, показанные зависимости аппроксимируются экспоненциальной моделью или полиномиальной третьей степени. В точке пересечения этих графиков находится предельная величина радиуса, обеспечивающая автоматическое сцепление вагонов. Как видно из рисунка безопасность взаимодействия таких вагонов обеспечивается при радиусе кривой равном или более 259 м, что не обеспечивается на большинстве существующих станций.

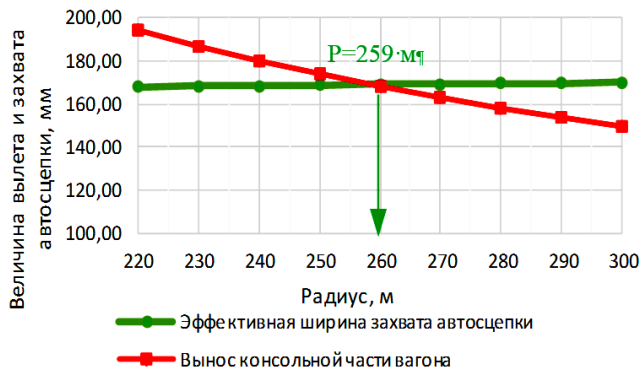


Рис. 3. Определение величин радиусов кривых, обеспечивающих безопасность сцепления четырехосных крытых вагонов для перевозки автомобилей

Решим представленную систему уравнений аналитически. Учитывая, что $B = b$, то

$$B'[1,655 \sin(65 - \beta_0) - 0,5] = (n(2l + n) - l^2_{\tau})/2R + \lambda$$

Выполним подстановку $R = (l + n) \operatorname{ctg}\beta_0$ и заменим

$$A = B' \cdot 1,655 \cdot \sin 65; \quad C = B' \cdot 1,655 \cdot \cos 65;$$

$$D = (n(2l + n) - l^2_{\tau})/2(l + n); \quad E = 0,5 B' + \lambda.$$

Учитывая, что при малых углах $\sin\beta_0 \approx \operatorname{tg}\beta_0$ и $\cos\beta_0 \approx 1$, то с достаточной точностью

$$\operatorname{tg}\beta_0 = (A - E) / (C + D).$$

Допустимая величина радиуса таким образом, должна соответствовать условию:

$$R > (l + n) / \operatorname{tg}\beta_0.$$

Так, для четырехосного крытого вагона для перевозки автомобилей $\operatorname{tg}\beta_0 = 0,0469409$, а величина $(l + n) / \operatorname{tg}\beta_0 = 258,41$ м. Таким образом, при величине радиуса $R = 259$ м безопасность автоматического сцепления таких вагонов обеспечивается, что соответствует результатам предыдущего расчета (рис. 3).

Оценим условия взаимодействия вагонов на участке s -образной кривой без прямой вставки. Количество таких сочетаний в рассматриваемой выборке невелико (т.к. в рассмотренных схемах станций увязывается небольшое количество путей), и с учетом переводных кривых составляет более 10 %. Однако условия сцепления вагонов на этих участках наихудшие.

Учитывая, что вынос консольной части взаимодействующих вагонов в каждой части s -образной кривой будет равен B , то справедливо предположить, что суммарный вынос консолей в точке сопряжения обратных кривых будет равен $2B$ [6]. Как видно из схемы взаимодействия [4] при равенстве линейных размеров вагонов и геометрических параметров кривых автосцепные устройства будут

расположены параллельно, т. к. ось сцепления параллельна базам вагонов ($\beta_{0-1} = \beta_{0-2}$). Следовательно, угол β_0 можно принять равным 0, а эффективная ширина захвата автосцепки максимальна и равна B' .

Условие обеспечения безопасного взаимодействия в s -образной кривой таким образом $B' \geq 2b$.

Последовательно определяя суммарный вынос консольных частей двух четырехосных крытых вагонов для перевозки автомобилей и эффективную ширину захвата автосцепки для различных величин радиусов получаем соответствующие графики зависимостей (рис. 4).

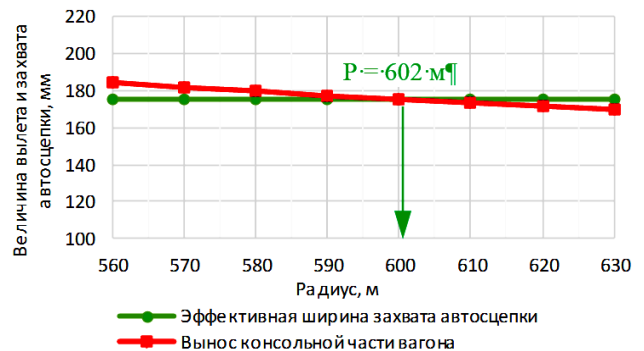


Рис. 4. Определение величин радиусов s -образных кривых, обеспечивающих безопасность взаимодействия четырехосных крытых вагонов для перевозки автомобилей

Как видно из диаграммы, условия сцепления вагонов в s -образной кривой значительно сложнее, чем в круговой, и безопасность взаимодействия четырехосных крытых вагонов для перевозки автомобилей обеспечиваются при применении кривых радиусом 602 м и более.

Решим задачу нахождения допустимого радиуса s -образной кривой аналитически при тех же условиях: $l_1 = l_2, n_1 = n_2, R_1 = R_2$. Учитывая, что

$$B' = 2b, \text{ то } B' = 2((n(2l + n) - l^2_{\tau})/2R + \lambda).$$

Выразив отсюда R , получим условие нахождения допустимой величины радиуса s -образной кривой

$$R > (n(2l + n) - l^2_{\tau}) / (B' - 2\lambda).$$

Для четырехосного крытого вагона для перевозки автомобилей правая часть этого неравенства равна 601,88 м. Таким образом, при величине радиуса $R = 602$ м безопасность автоматического сцепления таких вагонов обеспечивается, что подтверждает результаты предыдущего расчета.

Выполнив аналогичные расчеты для вагонов с различными типами, встречающихся в представленной выборке (рис. 1) сведём их в табл. 2, округляя величины радиусов в большую сторону.

Таблица 2

Параметры криволинейных участков путей, обеспечивающих автоматическое сцепление вагонов

Параметры вагона (длина/база/ консоль), м	Допустимые величины радиусов, м	
	Сопряжение прямой и кривой без переходного радиуса	s-образная кривая без прямой вставки
4-осн. разл. типов (13,92/8,65/2,635)	110	240
4-осн. крытый (15,35/9,83/2,76)	130	280
4-осн. крытый (17,67/12,24/2,715)	150	330
8-осная цистерна (18,69/10,52/4,085)	170	390
8-осный полувагон (20,24/12,07/4,085)	190	430
8-осная цистерна (21,25/13,92/3,665)	190	420
4-осн. 2-ярусн. платф. (21,66/16,5/2,58)	180	400
4-осн. крытый (для автом.) (24,26/17/3,63)	260	610
4-осн. платформа (24,52/19,62/2,45)	190	440
4-осн. платформа (26,22/19/3,61)	290	660

Анализ табл. 2 показывает, что автоматическое сцепление вагонов на участках сопряжения прямой и кривой без переходного радиуса (например, в горловинах парков на участках крайних закрестовинных кривых) не обеспечивается при существующих нормах проектирования только для двух типов рассмотренных вагонов. На участках же s-образных кривых без прямых вставок для всех рассмотренных вагонов безопасное взаимодействие не может быть полностью обеспечено. При этом очевидной связи между длиной вагона равной 21 м (определяющей категорию длиннобазный) и обеспечением безопасного автоматического сцепления не наблюдается. Это значит, что при выполнении маневров с вагонами различной длины, в том числе и массовых типов, автоматическое сцепление на s-образных участках пути может не обеспечиваться.

Для обеспечения безопасности маневровой работы при проектировании железнодорожных станций следует учитывать полученные ограничения величин радиусов. Так, для станций, на которых выполняются маневры с длиннобазными платформами, при проектировании s-образных кривых без прямых вставок необходимо применять радиусы 660 м, круговых кривых – 290 м, а для станций, специализированных на работе с цистернами –

420 м и 190 м соответственно. Применение различных величин радиусов в пределах одной s-образной кривой без прямой вставки по возможности должно быть исключено, т. к. за счет снижения эффективной ширины захвата автосцепки ($\beta_0 = (\beta_{0.1} - \beta_{0.2}) > 0$) условия взаимодействия в этом случае ещё больше ухудшаются.

Выполненные исследования показали, что указанные ограничения могут быть значительно «смягчены» при применении прямых вставок, а также ограничении длины кривых. Это значит, что безопасное автоматическое сцепление в s-образных кривых может обеспечиваться и при меньших, чем в табл. 2 величинах радиусов, и в конкретных условиях проектирования может быть достигнуто размещением прямой вставки между обратными направленными кривыми (в том числе переводными) и уменьшения длин этих кривых (меньше длины базы с консольной частью вагона).

Анализ конструкций существующих горловин показал, что в подавляющем большинстве случаев условия обеспечения безопасного взаимодействия полностью не обеспечиваются. Даже если учесть только зоны концентрации этих операций, отбросив большую часть стрелочных зон, то только на 30-60 % путей вероятность безопасного сцепления достаточна высока, но не гарантирована. При этом, чем большее количество путей увязано в горловине, тем больше количество таких опасных зон.

Особое влияние, установленные требования оказывают на проектирование горочных горловин, т. к. требование минимизации длины спускной части горки вынуждает применять стрелочные переводы марки 1/6 и большое количество кривых. Это приводит к концентрации неблагоприятных для взаимодействия вагонов зон на спускной части горки, которые могут совпадать вертикальными кривыми, ещё более ухудшая условия сцепления вагонов. Таким образом, задача определения нормативных выносов консольных частей вагонов из горизонтальной плоскости расширяется на трехмерное пространство. Для снижения влияния вертикальной планировки на безопасность автоматического сцепления необходимо исключать по возможности совпадения опасных зон в плане с зоной перелома продольного профиля путей.

Результаты

В результате анализа статистических данных установлено, что доля вагонов с повышенными линейными размерами, перерабатываемых на станциях в последние годы увеличилась и достигает 10 %. При этом условия опасного взаимодействия могут создаваться не только с длиннобазными, но и с большинством вагонов массовых типов,

доля которых в потоке может превышать 60 %. Выполненный анализ конструкций горловин станций (как зон концентрации маневровых операций) позволил установить наиболее распространенные сочетания геометрических конструкций путевого развития горловин. Получены аналитические выражения, позволяющие определить величину радиуса, обеспечивающего безопасность автоматического сцепления вагонов на участках сопряжения прямой и кривой без переходного радиуса и *s*-образной кривой без прямой вставки. Выполнена проверка полученных зависимостей численным способом. Рассчитанные ограничения на геометрические параметры элементов путевого развития, позволяют установить опасные зоны на станциях. Учитывая значительное количество таких зон, особенно в горловинах парков, результаты исследований позволят в будущем локализовать и ликвидировать самые неблагоприятные из них, а в перспективе полностью отказаться от ручного труда при контроле операций взаимодействия вагонов на станциях.

Научная новизна и практическая значимость

Установлены аналитические выражения для определения величины радиуса кривой, обеспечивающего автоматическое сцепление вагонов различных линейных размеров на участках сопряжения прямой и кривой без переходного радиуса и *s*-образной кривой без прямой вставки. На их основе определены геометрические параметры путей, обеспечивающие безопасность сцепления вагонов. Это позволило установить, что небезопасное взаимодействие может происходить не только с длиннобазными, но и с вагонами других массовых типов (табл. 2), что подтверждается и на практике.

Установленные зависимости между конструкцией путевого развития и параметрами вагонов позволяют определить дополнительные требования к методам проектирования железнодорожных станций в современных условиях качественного изменения структуры вагонопотока.

Применение предложенных подходов при проектировании горловин парков [6], путевого развития грузовых пунктов и других объектов путевой инфраструктуры обеспечивает повышение уровня

безопасности функционирования железнодорожных станций.

Выводы

Учет выявленных ограничений на практике позволит локализовать опасные зоны на станциях при выполнении маневровой работы с вагонами, особенно повышенных линейных размеров. Применение установленных требований к криволинейным участкам путей при проектировании позволит в перспективе снять ряд технологических ограничений при выполнении маневровой работы и повысит эффективность и безопасность функционирования станций, особенно перерабатывающих вагоны с увеличенными линейными размерами (в том числе специализированных на обслуживании нефтеналивных, контейнерных и других грузов).

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм. – Москва : Техноинформ, 2003. – 169 с.
2. Муха, Ю. А. Пособие по применению правил и норм проектирования сортировочных устройств / Ю.А. Муха, Л.Б. Тишков, В.П. Шейкин и др. – Москва : Транспорт, 1994. – 220 с.
3. Правила и технические нормы проектирования станций и узлов на железных дорогах колеи 1520 мм. – Москва, 2001. – 255 с.
4. Нормы для расчета и проектирования вагонов железных дорог МПС колеи 1520 мм (несамоходных) : Утв. : МПС РФ, 1996 г. – Москва : ГосНИИВ, ВНИИЖТ, 1996. – 317 с.
5. ГОСТ 22235-2010 : Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм. Общие требования по обеспечению сохранности при производстве погрузочно-разгрузочных и маневровых работ : Утв. : Межгосударственный Совет по стандартизации, метрологии и сертификации. – Москва : Стандартинформ, 2010. – 20 с.
6. Негрей, В.Я. Проектирование плана горочных горловин сортировочных парков с учетом обеспечения безопасного взаимодействия длиннобазного подвижного состава / В.Я. Негрей, С.А. Пожидаев, Е.А. Филатов // Вестник Белорусского государственного университета транспорта : Наука и транспорт. – 2015. – №2(31). – С. 42-47.

Статья рекомендована к публикации д.т.н., проф. Козаченко Д. Н. (Украина)

Поступила в редколлегию 06.05.2017.

Принята к печати 12.05.2017.

ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ФУНКЦІОНУВАННЯ ЗАЛІЗНИЧНИХ СТАНЦІЙ

Мета. Метою дослідження є розробка додаткових вимог до конструкції колійного розвитку, для підвищення безпеки функціонування залізничних станцій за рахунок забезпечення нормативних умов взаємодії вагонів різних типів. **Методика.** Досліджено статистичні параметри вагонопотоків, що переробляються на станціях, з урахуванням їх лінійних розмірів. Зонами найбільшої концентрації технологічних операцій, що вимагають контролю процесу зчеплення вагонів є горловини залізничних станцій, тому в першу чергу потрібно виконати аналіз їх конструкцій. Для оцінки впливу лінійних розмірів вагонів на конструкцію колійного розвитку порівнюються величини вису консольної частини вагона з ефективною шириною захвату автозчеплення в залежності від геометричних параметрів шляху. З допомогою розрахунку найбільш несприятливих для зчеплення вагонів конструкцій колії – s-образних кривих без прямих вставок, встановлюються геометричні параметри проєктованого колійного розвитку для підвищення безпеки маневрової роботи з вагонами різних типів, а для існуючого – технологічні обмеження на експлуатацію залізничної інфраструктури в конкретних умовах. **Результати.** Частка вагонів з збільшеними лінійними розмірами в останні роки значно зросла. При цьому виявлено, що несприятливі умови взаємодії можуть створюватися не тільки з довгобазними, але і з вагонами масових типів (до 60-70%). Виконаний аналіз конструкцій горловин станцій дозволив визначити найбільш поширені поєднання геометричних елементів шляхи, що знижують ефективність виконання маневрової роботи: спряження прямої та кругової (переказний) кривий без перехідного радіусу; s-подібна крива з і без прямої вставки (у тому числі утворена за участю перевідних кривих стрілочних переводів). Встановлені величини радіусів, що забезпечують підвищення безпеки виконання маневрової роботи з вагонами на станціях різних типів. Так, наявність довгобазних платформ викликає необхідність при проєктуванні s-образних кривих без прямих вставок застосовувати радіуси 660 м, кругових кривих – 290 м, а для станцій, спеціалізованих на роботі з цистернами 420 м і 190 м відповідно. Встановлені параметри криволінійних ділянок шляхів дозволяють визначити небезпечні зони в конструкціях схем залізничних станцій, де зазначені обмеження не виконуються. Враховуючи значну кількість таких зон, результати досліджень дозволяють локалізувати найбільш несприятливі з них, а у віддаленій перспективі повністю усунути і відмовитися від ручної праці при контролі операцій зчеплення вагонів на станціях. **Наукова новизна.** Встановлені аналітичні залежності визначають допустимі величини радіусів криволінійних ділянок шляхів, що забезпечують автоматичне зчеплення вагонів різних лінійних розмірів. Це дозволило встановити, що несприятливі умови взаємодії вагонів на станціях можуть створюватися не тільки з довгобазними вагонами, але і з вагонами масових типів, що підтверджується і на практиці. Отримані вирази дозволяють визначити додаткові вимоги до методів проєктування залізничних станцій в умовах якісної зміни структури вагонного парку, що забезпечують безпеку виконання маневрових операцій. **Практична значимість.** Застосування запропонованих підходів при проєктуванні горловин, парків, вантажних пунктів та інших об'єктів колійної інфраструктури, що забезпечує підвищення рівня безпеки при виконанні маневрової роботи на станціях, особливо переробних вагонів з збільшеними лінійними розмірами, у тому числі спеціалізованих на обслуговуванні нафтоналивних, контрейлерних та інших вантажів. При цьому найбільший ефект може бути досягнутий при проєктуванні гіркових горловин, т. к. у них сконцентрована більша кількість криволінійних ділянок колій в плані і вертикальних кривих в конструкції поздовжнього профілю, що вимагає побудови тривимірної моделі взаємодії вагонів і вводить додаткові обмеження при проєктуванні.

Ключові слова: вагони з збільшеними лінійними розмірами, геометричні параметри елементів колійного розвитку, безпека взаємодії вагонів, s-подібна крива.

E. FILATOV

INCREASING THE SAFETY OF OPERATION RAILWAY STATIONS

Purpose. Research objective is development of additional requirements to a design of plans of railway tracks, for increase in safety of functioning of railway stations due to providing standard conditions of interaction of railway cars of various types. **Technique.** Statistical parameters of streams of the railcars processed at railway stations taking into account their linear sizes are investigated. Zones of the greatest concentration of the technological operations demanding control of process of coupling of cars are plans of railway stations therefore first of all it is required to make the analysis of their designs. For an assessment of influence of the linear sizes of railcars on a design of the plan of ways sizes of carrying out of a console part of the car are compared to the effective width of capture of an automatic coupling depending on geometrical parameters of a way. By means of calculation of designs of a way, adverse for coupling of railcars, – s-shaped curves without direct inserts, geometrical parameters of the projected plan of ways for increase in safety of shunting work with railcars of various types, and for the existing plan – technological restrictions for operation of railway infrastructure in specific conditions are set. **Results.** The share of railcars with the increased linear sizes considerably has increased in recent years. At the same time it is revealed that adverse conditions of interaction can be created not only with long-wheelbase railcars, but also with railcars of mass types (to 60-70%). The made analysis of designs of plans of railway stations has allowed to define the

most widespread combinations of the geometrical elements of a way reducing efficiency of performance of shunting work: connection of a direct and circular curve (including the railroad switch) a curve without changeable radius; a s-shaped curve with and without direct insert (including formed with participation of curve railroad switches). The sizes of radiuses providing increase in safety of performance of shunting work at stations with railcars of various types are established. So, existence of long-wheelbase platforms causes the necessity at design of s-shaped curves without direct inserts to apply the radiuses of 660 m, circular curves – 290 m, and to the stations specialized at work with tanks – 420 m and 190 m respectively. The set parameters of curvilinear sites of ways allow to define dangerous zones in designs of schemes of railway stations where the specified restrictions aren't carried out. Considering a significant amount of such zones, results of researches allow to localize the most adverse of them, and in the remote prospect to eliminate and refuse completely manual skills at control of operations of coupling of cars at stations. **Scientific novelty.** The established analytical dependences determine the admissible sizes of radiuses of curvilinear sites of ways providing automatic coupling of railcars of various linear sizes. It has allowed to establish that adverse conditions of interaction of railcars at stations can be created not only with long-wheelbase railcars, but also with railcars of mass types that is confirmed also in practice. The received expressions allow to define the additional requirements to methods of design of railway stations in the conditions of high-quality change of structure of the carriage park ensuring safety of performance of shunting operations. **Practical importance.** Application of the offered approaches at design of ways of parks, cargo points and other objects of railway infrastructure, provides increase in level of safety when performing shunting work at the stations which are especially processing railcars with the increased linear sizes including the oil, container and other freights specialized on service. At the same time the greatest effect can be reached at design of hump yards, because in them the bigger number of curvilinear sites of ways in the plan and vertical curves to designs of a longitudinal profile concentrates that demands creation of three-dimensional model of interaction of railcars and introduces additional restrictions at design.

Keywords: railcars with the increased linear sizes, geometrical parameters of elements of the plan of ways, safety of interaction of railcars, a s-shaped curve.