

УДК 629.4:625.1.001.4

*В. И. СЕНЬКО, доктор технических наук, А. К. ГОЛОВНИЧ, доктор технических наук, С. В. МАКЕЕВ, кандидат технических наук, Белорусский государственный университет транспорта, Гомель*

## ПРОЕКТИРОВАНИЕ КРИВОЛИНЕЙНЫХ УЧАСТКОВ ПУТИ ДЛЯ ИСПЫТАНИЙ ПОДВИЖНОГО СОСТАВА

Для проведения испытаний подвижного состава требуется проверка целого ряда условий на вписывание в кривые участки железнодорожных путей согласно нормам ГОСТ. В настоящее время многие испытательные центры проводят системные исследования по конкретным позициям испытаний, связанных с технологией их исполнения, критичными параметрами криволинейных элементов путей и др. В этом направлении остаются многие проблемы, важные для практики испытаний. Данная статья предлагает решение ряда задач, связанных с сооружением эффективного путевого развития, которое обеспечивает качественную проверку сцепляемости вагонов, прохода в кривой одиночного вагона и прохода в сцепе.

**Введение.** Одним из важнейших требований к новым и усовершенствованным конструкционным решениям вагонов является правильное геометрическое вписывание при движении подвижного состава в кривых. Прохождение криволинейных участков пути малого радиуса приводит к повороту тележек относительно кузова вагона, перекосу колесных пар тележки при выборе зазора в колее, перекосу боковых рам над буксами при выборе поперечных зазоров в буксовых проемах, перекосу кузова над тележками при выборе зазоров, отклонению автосцепок. Незначительный радиус кривых может оказаться критическим для автоматической сцепляемости единиц подвижного состава. Оценка качества вписывания вагонов в кривые малого радиуса можно провести экспериментально или расчетным путем. Расчет производится при наиболее неблагоприятном сочетании значимых факторов с максимально допустимыми шириной колеи и износе гребня бандажа, максимальных значениях допусков и износов элементов тележки, зазоров в установке экипажа в колее и др. Этот способ проверки эксплуатационной надежности и безопасности подвижного состава является наиболее простым, тем не менее, моделирование динамики прохождения подвижного состава кривых с помощью расчетов не позволяет учесть взаимное коррелированное влияние многих факторов, способных привести в некоторых случаях к наступлению опасных состояний. Экспериментальная проверка вписывания вагонов в кривые позволяет получить надежные натурные результаты, в полной мере имитирующие возможные практические ситуации, которые могут возникнуть с вагоном при его эксплуатации в составе рабочего парка. Однако в настоящее время на действующих испытательных центрах отсутствует полноценная, реально функционирующая схема путевого развития требуемых криволинейных участков путей малого и сверхмалого радиусов (120, 80 и 60 м). На основе имеющегося опыта применения расчетных методик предлагается ряд проектных решений по вариантам схем укладки криволинейных участков железнодорожного пути для проведения соответствующих испытаний.

**Проектирование кривых в плане.** Кривые железнодорожного пути, на которых проверяются безопас-

ность и надежность конструкционных деталей подвижного состава в процессе передвижения и сцепления, проектируются согласно [1]. Для трех транспортных операций (автоматическое сцепление, проход сцепы и одиночного вагона) определяются три различных участка пути, включающие прямые и криволинейные элементы для вагонов основных типов с длиной по осям сцепления 21 м и менее, а также с увеличенными линейными размерами (длиной более 21 м по осям сцепления). Таким образом, всего требуется сооружение 18 участков пути с определенными параметрами кривых в плане. В таблице 1 [1] указаны лишь минимальные радиусы кривых без величин их длин. Предлагается дополнить данную таблицу длинами элементов пути в плане на основании сведений, приведенных в примечаниях к таблице 1 [1].

Так как по требованиям испытаний необходимо полное вписывание вагона в заявленные участки пути, то для подвижного состава основных типов определяем длину путевого элемента в 25 м (полноразмерная рельсо-шпальная решетка), а для вагонов с увеличенными линейными размерами – 50 и 100 м. Все криволинейные участки пути проектируются без возвышения наружного рельса в колее.

По условиям испытаний [2] проводится контроль прохода двух вагонов в сцепе, автоматического сцепления и одиночного вагона в кривой. Поточность выполнения операций достигается последовательной укладкой ряда кривых по убыванию величин радиусов. Данная схема позволит зафиксировать такие места на участках кривых, начиная с которых, возникают проблемы с вписыванием вагонов.

Анализ разработанной и приведенной в данной статье таблицы позволяет установить, что определенные транспортные операции можно совместить на одной кривой (1.1 и 1.3, 2.1 и 2.3, 3.1 и 3.3).

В результате оказывается возможным проектирование двух сложных, связанных, многоэлементных прямолинейных и криволинейных участков пути с фиксированными радиусами для испытаний универсальных вагонов основных типов (рисунок 1, а) и специализированного подвижного состава с увеличенными линейными размерами (рисунок 1, б).

Таблица 1 – Параметры участков железнодорожных путей для проведения испытаний подвижного состава

Транспортная операция	Номер и участок пути	Радиус кривой в плане, м		Длина элементов в плане, м	
		Вагоны основных типов	Вагоны с увеличенными линейными размерами	Вагоны основных типов	Вагоны с увеличенными линейными размерами
1 Сцепление автоматическое	1.1 Сопряжение прямой и круговой кривой	135	250	12,5/25 (прямая/ кривая)	25/50 (прямая/ кривая)
	1.2 S-образная кривая без прямой вставки	190	480	12,5/12,5 (кривая/ кривая)	25/25 (кривая/ кривая)
	1.3 Круговая кривая	135	250	25	50
2 Проход в сцепе	2.1 Сопряжение прямой и круговой кривой	80	110	25/50 (прямая/ кривая)	50/100 (прямая/ кривая)
	2.2 S-образная кривая без прямой вставки	120	160	25/25 (кривая/ кривая)	50/50 (кривая/ кривая)
	2.3 Круговая кривая	80	110	50	100
3 Проход одиночного вагона	3.1 Сопряжение прямой и круговой кривой	60	80	12,5/25 (прямая/ кривая)	25/50 (прямая/ кривая)
	3.2 S-образная кривая без прямой вставки	120	160	12,5/12,5 (кривая/ кривая)	25/25 (кривая/ кривая)
	3.3 Круговая кривая	60	80	25	50

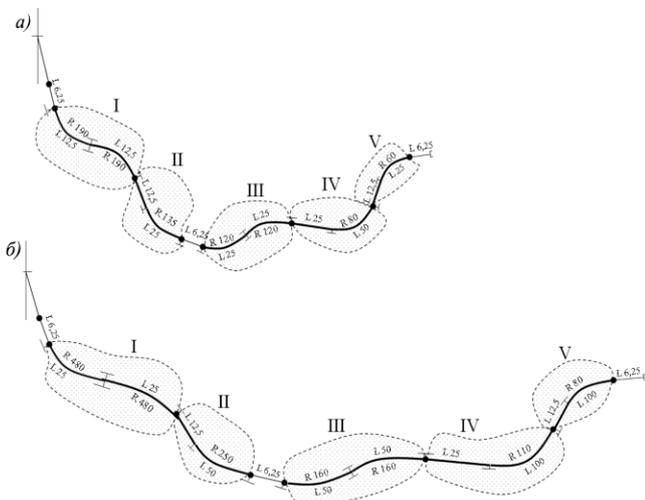


Рисунок 1 – План связанного полигона кривых для испытания вагонов: а – основных типов; б – с увеличенными линейными размерами

Многоэлементный участок формируется из пяти путевых структур, каждая из которых позволяет испытывать вагоны по одной или нескольким транспортным операциям. Структура I обеспечивает проведение операции 1.2 (см. таблицу 1), структура II – операции 1.1 и 1.3, структура III – операции 2.2 и 3.2, структура IV – операции 2.1 и 2.3, структура V – операции 3.1 и 3.3.

Обе кривые развернуты по линейной схеме, требуя вытянутых в длину площадок размерами 200 x 30 м и 500 x 40 м соответственно. Развернутые длины двух многоэлементных участков пути составляют соответственно 218,75 и 456,25 м.

При недостаточной территории кривые можно проектировать по компактным схемам с поворотом кривых внутрь площадки (рисунок 2). Потребная площадка – 140 x 130 м. Изменение кривизны отдельных элементов при выборе варианта компактной схемы допускается только на границах путевых структур I–V. Контрольные точки сопряжения, выделенные на рисунке 1 жирными точками, определяют длины соответствующих элементов. Три прямые вставки (в начале, в середине и в конце каждой многоэлементной конструкции) длиной по

6,25 м являются дополнительными нефункциональными звеньями, которые могут не укладываться. Они служат для более четкого разграничения отдельных путевых структур по кривым, фиксируя положение вагонов при проведении испытаний с возможным выводением их за границы кривых участков пути.

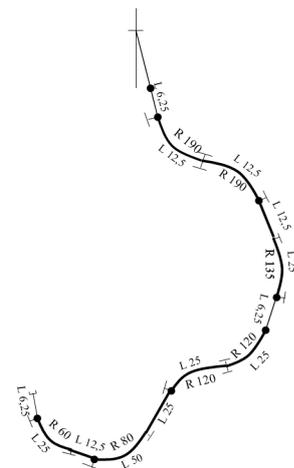


Рисунок 2 – Пример компактной схемы полигона кривых для испытания вагонов основных типов

Конструкции компактных схем могут быть различными с достаточно извилистой геометрией начертания путей, «сворачиванием» их в сложную структуру рядом располагаемых участков (при обязательном соблюдении габарита).

**Проектирование кривых в профиле.** Наиболее сложные условия движения вагонов по железнодорожным путям, имеющим кривизну в профиле, наблюдаются на сортировочных горках и на аппаратах паромы с переломом профиля между горизонтальной плоскостью и аппарелью. Согласно требованиям [2] при испытаниях вагонов необходимо выполнить проверку прохождения сортировочных горок и аппарельного съезда для грузовых вагонов универсального и специальных типов, а также пассажирского, моторвагонного подвижного состава и локомотивов.

Горб сортировочной горки представляет собой участки путей с переломом профиля между надвижной и спускной частями, проектируемые в соответствии с требованиями [3]. Предполагается на испытательном полигоне воссоздать фрагмент сортировочной горки, в полной мере позволяющий имитировать реальные физические процессы, сопровождающие движение подвижного состава при его перемещении через горку. Согласно [2] требуется обеспечить проверку прохождения вагонов горки с переломом профиля при сумме сопрягаемых уклонов надвижной и спускной частей, равной 55 % (рисунок 3).

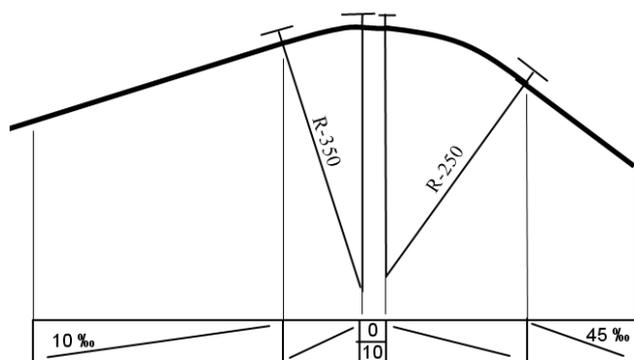


Рисунок 3 – Профиль горки

В данном случае проектируется только уравнивательная площадка длиной 10 м, через которую вагоны от уклона до 10 ‰ пути надвига перемещаются на путь с уклоном до 45 ‰ пути роспуска.

Принимаем, что в случае проверки на проход в сцепе из двух вагонов длиной по осям сцепления не менее 30 м каждого вагона потребуется общая длина участка

имитирующей сортировочной горки 100 м с учетом неточности установки подвижного состава, специфических конструктивных особенностей конкретных типов вагонов и др.

Результаты проведения испытаний оформляются протоколом, в котором кроме трафаретных содержатся:

- сведения по фактическим значениям кривых с указанием измеренных величин хорды и высоты сегмента, на которых проводились испытания;
- полученные результаты на сцепляемость, прохождение кривых сцепом и одиночным вагоном (по три измерения на сцепление и расцепление в каждой нормативной кривой и для каждой транспортной операции).

**Выводы.** Предлагаемые компоновочные решения по путевому развитию испытательного полигона, выполняющего испытания по вписыванию вагонов в кривые, позволит проводить эксперимент в полном соответствии с действующими требованиями на натурном материале. При положительных результатах испытаний мы получаем данные, гарантирующие безопасную эксплуатацию вагонов по условиям вписывания в кривые после передачи в рабочий парк.

#### Список литературы

- 1 Вагоны грузовые магистральных железных дорог колеи 1520 мм : ГОСТ 22235-2010. – Введ. 2011–05–01. – М. : Стандартинформ, 2011. – 19 с.
- 2 Железнодорожный подвижной состав. Методы контроля сцепляемости : ГОСТ 32700–2014. – Введ. 2015–06–01. – М. : Стандартинформ, 2015. – 6 с.
- 3 Правила и нормы проектирования сортировочных устройств на железных дорогах колеи 1520 мм : ВСН 207. – М. : Транспорт, 1992. – 104 с.

Получено 16.03.2016

**V. I. Senko, A. K. Golovnich, S. V. Makeev.** Design of curved sections of track for rolling stock test.

For the rolling stock test requires verification of a number of conditions on the entry in the curved sections of railway tracks according to standards. Currently, many test centers carry out systematic studies on specific test items associated with their execution technology, critical parameters of curvilinear elements ways and others. In this direction, there are still many issues that are important for the practice test. This article provides a solution to a number of problems associated with the construction of an effective gridiron, which provides high-quality adhesion test cars pass in the curve of a single passage in the car and grappled.