

СТРЕЛОЧНЫЙ ПЕРЕВОД Р65 М1/25 ДЛЯ ВСЖМ-1. ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПОСТРОЕНИЯ СТРУКТУРЫ ПЕРЕВОДНЫХ, ЗАМЫКАЮЩИХ И КОНТРОЛЬНЫХ УСТРОЙСТВ



П.С. Сиделев



Е.Ю. Минаков

Организация и развитие в России скоростных и высокоскоростных железных дорог со скоростями движения поездов до 200–400 км/ч — одна из приоритетных задач, стоящих сегодня перед компанией «Российские железные дороги».

Ключевые слова: стрелочный перевод, электропривод стрелочный, стрелочная гарнитура, остряк, рамный рельс, внешний замыкатель

EDN: KXQMTU

Для реализации проекта ВСЖМ-1 требуется в первую очередь создание отечественного подвижного состава, разработка и строительство объектов инфраструктуры и энергоснабжения, обеспечивающих полноценное прохождение поезда с пассажирами на высоком уровне комфортности, надежности и безопасности. Казалось бы, чего тут думать, за рубежом ведь все это уже есть, покупай и ... Но были уже попытки реализовать проект высокоскоростной линии Москва—Казань с участием зарубежных партнеров — не получилось. А проект Москва—Санкт-Петербург с применением подвижного состава «Сапсан» попал под санкции и теперь у нас нет даже запасных частей для него. Должно быть все отечественное!

В данной статье авторы хотят познакомить читателя с методикой решения одной задачи — построения структуры переводных, замыкающих и контрольных устройств стрелочного перевода с непрерывной поверхностью катания типа Р65 марки крестовины М1/25.

Разрабатываемые конструкции должны обеспечивать выполнение требований перевозочного процесса на высокоскоростных участках ВСЖМ-1 со скоростями движения до 400 км/ч по основному пути в прямом направлении — до 120 км/ч на ответвление по переводу и по съезду в соответствии с требованиями. Перевод и съезд представляют собой отдельные конструкции с единой геометрической схемой.

Сиделев Павел Сергеевич, главный инженер управления автоматики и телемеханики Центральной дирекции инфраструктуры — филиала ОАО «РЖД». Область научных интересов: исследования и разработка эффективных форм, методов и алгоритмов организации транспортных услуг, эксплуатации устройств железнодорожной автоматики и телемеханики, включая управление процессами перевозок. Автор десяти научных работ.

Минаков Евгений Юрьевич, кандидат технических наук, ведущий научный сотрудник кафедры «Системы управления транспортной инфраструктуры» Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: исследования структуры и архитектуры построения конструктивных решений и систем управления и контроля устройства железнодорожной автоматики и телемеханики, а также процесс их совершенствования с учетом современных функциональных требований и условий эксплуатации в рамках эксплуатации на Российских железных дорогах, включая организацию скоростного и высокоскоростного движения поездов. Автор 49 научных работ.

Федоринин Николай Иванович, кандидат технических наук, доцент кафедры социально-гуманитарных, естественно-научных и общественных дисциплин Воронежского филиала Ростовского государственного университета путей сообщения (ВФ РГУПС). Область научных интересов: исследования и научный анализ механизма износостойкости пар трения в условиях низких температурных режимов работы. Автор 63 научных работ.

Геометрическая схема стрелочного перевода и съезда типа Р65 марки крестовины М1/25 — клотоидного* типа [5].

При разработке стрелочного перевода и съезда применены стрелочные кривые с минимальным радиусом 2230 м и максимальным 4100 м. Теоретическая длина стрелочного перевода — 85804 мм. Практическая длина стрелочного перевода — 113575 мм, нормального съезда с междупутьем 5,00 м — 227040 мм. Длина боковой обработки головки остряка (строганая часть), мм:

- прямого — 17339;
- кривого — 17334.

Поверхности катания элементов стрелочного перевода имеют форму, соответствующую поверхностям катания примыкающих путей.

Расчетное непогашенное ускорение экипажа при движении на боковое направление не должно превышать $0,5 \text{ м/с}^2$; величина приращения непогашенного поперечного ускорения не должна превышать $0,75 \text{ м/с}^3$.

Структурная схема остряковой части стрелочного перевода типа Р65 марки крестовины М1/25 с точками приложения и расчетные значения величин переводных усилий, расчетных значений величины хода остряка в данной точке, размещением оборудования перевода и контроля величины смещения остряков в режиме перевода стрелки приведена на рис. 1 [5].

На стрелке использована гибридная система передачи переводных усилий. Мест приложения переводных усилий — 5, количество электроприводов — 5. Крепление электроприводов — анкерного типа на железобетонном основании — железобетонных плит.

Замыкающие устройства — внешние замыкатели клеммерного типа — располагаются в каждой точке передачи переводных усилий.

Характерные точки — начало остряка, конечная точка заделки остряка и точки приложения переводных усилий обозначены буквами А, D, F, C, E, G, H соответственно.

На схеме обозначены предполагаемые точки установки дополнительных автономных устройств контроля плотности прилегания остряка к рамному рельсу.

Крестовина стрелочного перевода и съезда типа Р65, марки крестовины М1/25, имеет непрерывную поверхность катания с гибким подвижным сердечником [5]. На рис. 2 приведена структурная схема крестовинной части стрелочного перевода типа Р65 марки крестовины М1/25 с размещением оборудования перевода и величиной смещения подвижного сердечника крестовины (ПСК) в режиме перевода стрелки.

Характерные точки — начало остряка, конечная точка заделки остряка и точки приложения переводных усилий обозначены буквами R, Q, T, L, M соответственно.

На крестовине, так же, как и на стрелке, применена гибридная система передачи переводных усилий. Мест приложения переводных усилий — 3, количество электроприводов — 3. Крепление электроприводов — анкерного типа на железобетонном основании.

Замыкающие устройства — внешние замыкатели клеммерного типа — располагаются в каждой точке передачи переводных усилий.

В процессе перевода остряков и ПСК стрелочного перевода из-за возможного попадания посторонних

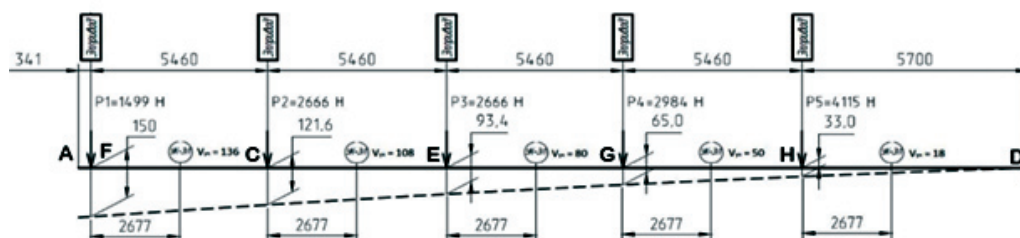


Рис. 1. Структурная схема остряковой части стрелочного перевода типа Р65 марки крестовины М1/25

*Клотоида или спираль Корню (в иностранной литературе известна также как спираль Эйлера) — плоская кривая, у которой радиус кривизны изменяется линейно как функция длины дуги.

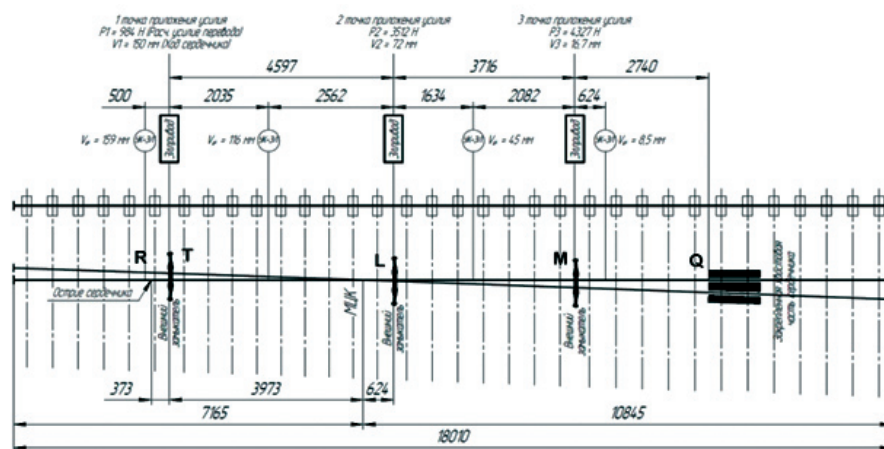


Рис. 2. Структурная схема крестовинной части стрелочного перевода типа Р65 марки М1/25

предметов между острием и рамным рельсом возможен нежелательный изгиб острьякового рельса приблизительно в горизонтальной плоскости. Ввиду этого, может возникнуть ситуация, когда шиберы электроприводов, установленные в соседних точках приложения усилий перевода, выполняют свой полный ход, замкнут внешние замыкатели и контрольная система будет свидетельствовать о штатном срабатывании стрелочного перевода, в то время как острьяковый рельс будет иметь существенную выпуклость (изгиб), искажающую проектную геометрию рельсового пути за пределами допустимых значений [3]. При скорости движения подвижного состава 400 км/ч это может привести к опасному состоянию.

Определим допустимые и предельные значения прогиба острьяковых рельсов и максимально допустимой скорости движения подвижного состава при этом.

На острьяковый рельс в горизонтальной плоскости воздействуют пять толкателей усилием P_1, P_2, P_3, P_4 и P_5 соответственно. Силой сухого трения острьякового рельса о подкладки пренебрегаем, так как в данном случае трение только уменьшает возможный прогиб острьякового рельса. Прогибом рамного рельса ввиду его крепления к железобетонным плитам также пренебрегаем.

Считаем, что «камешек» (см. рис. 3) попадает между рамным рельсом и острием на участке FC, т.е. на участке возникает дополнительная опора в некоторой точке В.

Расчетная схема нагружения острьякового рельса для определения величины прогиба острьяка показана на рис. 3.

Рассмотрим два случая определения упругой жесткости балки:

- а) на участке с полноценным профилем острьякового рельса ОР65 по ГОСТ 55820-2013 (см. рис. 5) [6];
- б) на участке в острие строганой части острьяка как самого ослабленного профиля (см. рис. 6).

Сечение острьякового рельса ОР65, согласно ГОСТ 55820-2013 «Рельсы железнодорожные острьяковые. Технические условия» [6] приведено на рис. 4.

Определим геометрические параметры поперечного сечения острьякового рельса. Схематично представим сечение острьякового рельса на участке отсутствия строганой части как состоящий из элементарных геометрических форм (см. рис. 5. Геометрические размеры в мм).

Методика определения параметров подробно приведена в Отчете о научно-исследовательской работе по теме: «Техническое обоснование /расчет/ введения автономных устройств контроля изменения геометрии стрелочного перевода при возможном попадании постороннего предмета между острием и рамным рельсом в процессе перевода стрелки Р65 М1/25 для ВСЖМ-1» [5].

На участке отсутствия строганой части

Полная площадь сечения

$$S = S_1 + S_2 + S_3 - S_4 = \\ = 25,08 + 42,78 + 39,52 - 2,28 = 105,1 \text{ см}^2.$$

Координаты центра тяжести сечения

$$x_{ц} = \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2 + S_3 x_3 - S_4 x_4}{S}; \quad (1)$$

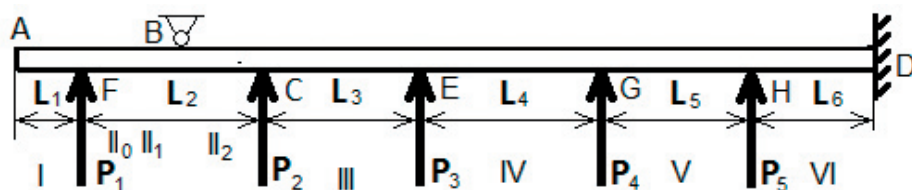


Рис. 3. Расчетная схема нагружения острьякового рельса. Математическая модель

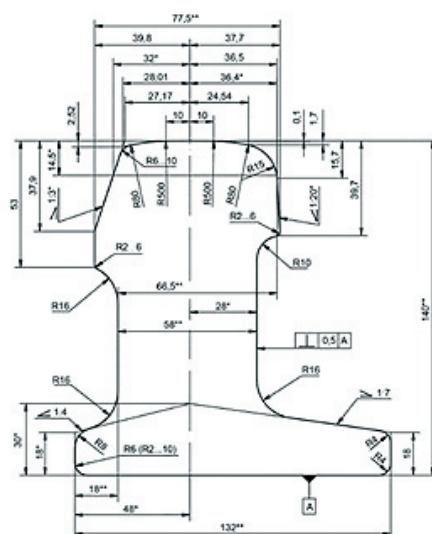


Рис. 4. Сечение острьякового рельса ОР65 согласно ГОСТ 55820-2013

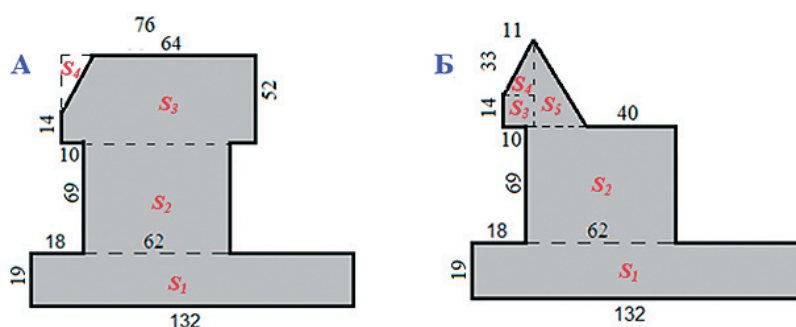


Рис. 5. Схематичное сечение острьякового рельса: А – на участке отсутствия строганой части;
 Б – на участке строганой части

$$y_{\text{ц}} = \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2 + S_3 y_3 - S_4 y_4}{S} \quad (2)$$

Вычислим

$$x_{\text{ц}} = \frac{25,08 \cdot 6,6 + 42,78 \cdot 4,9 + 39,52 \cdot 4,6 - 2,28 \cdot 1,2}{105,1} \approx 5,27 \text{ см.};$$

$$y_{\text{ц}} = \frac{25,08 \cdot 0,95 + 42,78 \cdot 5,35 + 39,52 \cdot 11,4 - 2,28 \cdot 12,73}{105,1} \approx 6,41 \text{ см.}$$

Главные моменты инерции

$$J_{\text{max}}^{\text{min}} = \frac{J_x + J_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{J_x - J_y}{2}\right)^2 + J_{xy}^2} \quad (3)$$

Вычислим

$$J_{\min}^{\max} = \frac{1968 + 721}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{1968 - 721}{2}\right)^2 + 239^2} =$$

$$= 1344,5 \pm 668;$$

$$J_{\min} = 1344,5 - 668 = 677 \text{ см}^4;$$

$$J_{\max} = 1344,5 + 668 = 2013 \text{ см}^4.$$

Угол положения главных осей

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctg \frac{2J_{xy}}{J_y - J_x}. \quad (4)$$

Вычислим

$$\alpha = \arctg \frac{2(-239)}{721 - 1968} \approx 10,5^\circ.$$

На участке строганой части

Полная площадь сечения

$$S = S_1 + S_2 + S_3 + S_4 + S_5 =$$

$$= 25,08 + 42,78 + 1,56 + 1,81 + 4,94 = 76,17 \text{ см}^2.$$

Координаты центра тяжести сечения

$$x_{ц} = \frac{S_1 x_1 + S_2 x_2 + S_3 x_3 + S_4 x_4 + S_5 x_5}{S} =$$

$$\frac{25,08 \cdot 6,6 + 42,78 \cdot 4,9 + 1,56 \cdot 1,35 + 1,81 \cdot 1,53 + 4,94 \cdot 2,6}{76,17} \approx 5,2 \text{ см}; \quad (5)$$

$$y_{ц} = \frac{S_1 y_1 + S_2 y_2 + S_3 y_3 + S_4 y_4 + S_5 y_5}{S} =$$

$$\frac{25,08 \cdot 0,95 + 42,78 \cdot 5,35 + 1,56 \cdot 9,5 + 1,81 \cdot 11,3 + 4,94 \cdot 10,4}{76,17} \approx 4,46 \text{ см}. \quad (6)$$

Главные моменты инерции

$$J_{\min}^{\max} = \frac{J_x + J_y}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{J_x - J_y}{2}\right)^2 + J_{xy}^2}. \quad (7)$$

Вычислим

$$J_{\min}^{\max} = \frac{826 + 637}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{826 - 637}{2}\right)^2 + 288^2} =$$

$$= 731,5 \pm 303,1;$$

$$J_{\max} = 731,5 + 303,1 \approx 1035 \text{ см}^4;$$

$$J_{\min} = 731,5 - 303,1 \approx 428 \text{ см}^4.$$

Угол положения главных осей

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctg \frac{2J_{xy}}{J_y - J_x}. \quad (8)$$

Вычислим

$$\alpha = \frac{1}{2} \arctg \frac{2(-288)}{637 - 826} \approx 35,92^\circ.$$

Определим максимально возможный прогиб остряка на участке с полноценным профилем при возможном попадании постороннего предмета между остряком и рамным рельсом в процессе перевода стрелки.

Задана система нагружения остряка, показанная на рис. 6. На балку произвольной длины действуют две поперечные силы P_n и P_a на расстоянии L друг от друга. Воздействие этих сил организовано так, что поперечное сечение балки в местах приложения этих сил не может поворачиваться. На расстоянии l от точки приложения левой силы находится упор, препятствующий смещению балки.

Очевидно, что в точке упора поворот сечения балки отсутствует, поэтому можно считать, что в этом сечении реализована заделка. Разрезая балку в этой точке и отбрасывая правую часть, будем рассматривать только левую часть (рис. 7).

Методика определения максимально возможного прогиба остряка также подробно приведена в Отчете о научно-исследовательской работе по теме: «Техническое обоснование /расчет/ введения автономных устройств контроля изменения геометрии стрелочного перевода при возможном попадании

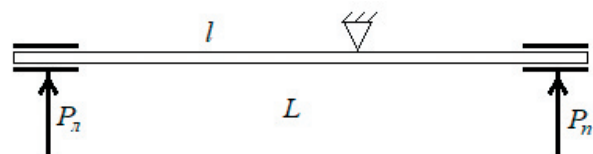


Рис. 6. Расчетная схема нагружения

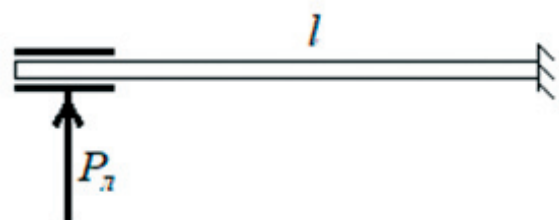


Рис. 7

постороннего предмета между остяком и рамным рельсом в процессе перевода стрелки Р65 М1/25 для ВСЖМ-1» [5].

Тогда прогиб определяется по формуле:

$$y_{\text{л}} = \frac{P_{\text{л}} l^3}{12 E J_k} \quad (9)$$

Определим максимально возможный прогиб остяка с усеченным профилем при возможном попадании постороннего предмета между остяком и рамным рельсом в процессе перевода стрелки на участке в острие строганой части остяка как самого ослабленного профиля (переменное сечение). Расчет проведем аналогично предыдущей задаче для полноценного профиля.

Аналогичный расчет по определению прогиба длинной ветви подвижного сердечника крестовин (ПСК) при возможном попадании постороннего предмета между ПСК и усовиком в процессе перевода стрелки в зависимости от приложенного усилия на шибере

электропривода $F_{\text{ш}}$ при условии $P_{\text{л}} = 1000 \div 7500$ Н, $L = 4597$ мм, $E = 2,1 \cdot 10^5$ Н/мм², $J_k = 7,2 \cdot 10^6$ мм⁴, $l_{\text{л}} = 2035$ мм. При этом необходимо принять конструктивную особенность подвижного сердечника крестовины, состоящую в том, что он состоит из двух остяковых рельсов — длинной ветви и короткой ветви, скрепленных вместе вплотную (на скользящей посадке), работающие в процессе перевода одновременно. Поэтому при попадании постороннего предмета прогибу будут подвержены оба остяковых рельса. Тогда прогиб ПСК определяется по формуле:

$$y_{\text{л.пск}} = \frac{P_{\text{л}} l^3}{24 E J_k} \quad (10)$$

На рис. 8 приведен график зависимости прогиба остяка $y_{\text{л}}$ при приложении переводных усилий на шибере электропривода $F_{\text{ш}}$ для двух определяющих состояний остяка:

- на участке с полноценным профилем остякового рельса ОР65 по ГОСТ 55820-2013 — линия 1;

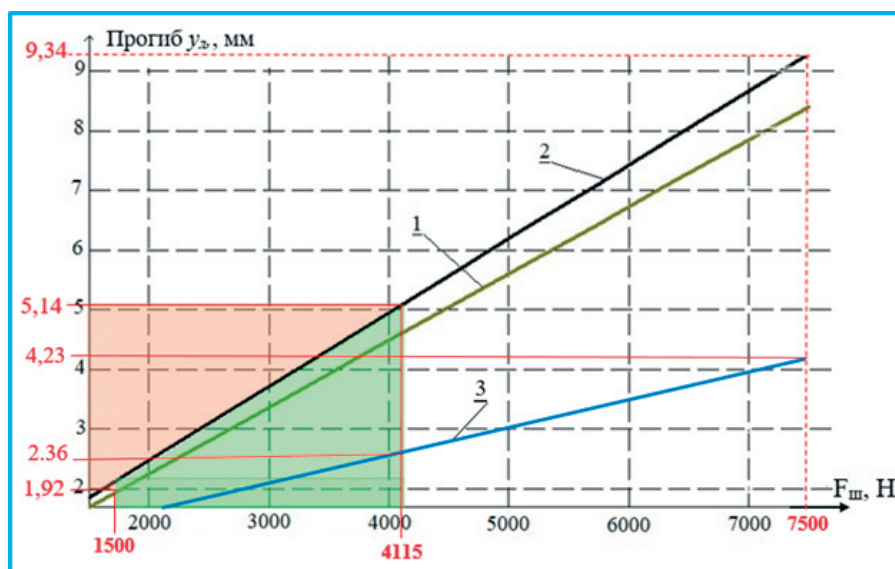


Рис. 8. График зависимости прогиба остяка $y_{\text{л}}$ при приложении переводных усилий на шибере электропривода $F_{\text{ш}}$ для двух определяющих состояний остяка:

- на участке с полноценным профилем остякового рельса — линия 1;
- на участке в острие строганой части остяка как самого ослабленного профиля (переменное сечение) — линия 2;
- на участке строганой части ПСК между установкой первого и второго электроприводов — линия 3;
- — интервал рабочих переводных усилий на шибере электропривода $F_{\text{ш}}$;
- — интервал прогибов остяка при приложении в случае возможного попадания постороннего предмета между остяком и рамным рельсом в процессе перевода стрелки при приложении рабочих переводных усилий на шибере электропривода $F_{\text{ш}}$.

- на участке в острие строганой части остряка как самого ослабленного профиля (переменное сечение) — линия 2;

- на участке строганой части ПСК между установкой первого и второго электроприводов.

Будем считать, что форма изогнутой оси острякового рельса близка к окружности радиуса

$$R = \frac{l^2 + 4y^2}{2y}. \quad (11)$$

Боковое непогашенное ускорение колеса, вызванное наличием постороннего предмета между остряком и рамным рельсом, определяется по формуле:

$$a_n = \frac{V^2}{R}. \quad (12)$$

На рис. 9 приведен график зависимости бокового непогашенного ускорения подвижного состава при наличии постороннего предмета между остряком и рамным рельсом - прогибе остряка:

- при прогибе остряка 2 мм — кривая 1;
- при прогибе остряка 3 мм — кривая 2;
- при прогибе остряка 4 мм — кривая 3;
- при прогибе остряка 5 мм — кривая 4;
- при прогибе остряка 6 мм — кривая 5.

На основании проведенных расчетов и анализа конструкций автономных устройств контроля положения остряков и ПСК отечественных и зарубежных производителей можно сделать определенные выводы и сформулировать следующие рекомендации по фор-

мированию структуры стрелочного перевода с непрерывной поверхностью типа Р65 марки крестовины М1/25 для ВСЖМ-1.

1. В процессе перевода остряков и ПСК стрелочного перевода с непрерывной поверхностью типа Р65 марки крестовины М1/25 наиболее ослабленным участком является участок F—С острякового рельса стрелки (см. рис. 1) и участок Т—L острякового рельса ПСК (см. рис. 2) с максимальным запилом строганой части.

2. При воздействии интервала рабочих переводных усилий на шибере электропривода в пределах $F_{ш}=1500÷4115$ Н прогибы острякового рельса при возможном попадании постороннего предмета между остряком и рамным рельсом в процессе перевода стрелки представляют:

- с полноценным профилем острякового рельса ОР65 по ГОСТ 55820-2013 прогибы не превышают $y_n \leq 4,35$ мм (см. рис. 8);

- на участке в острие строганой части остряка как самого ослабленного профиля прогибы не превышают $y_n \leq 5,14$ мм (см. рис. 8).

3. При воздействии максимально возможных рабочих переводных усилий на шибере электропривода в пределах $F_{ш}=7500$ Н (по ГОСТ 32685-2014) прогибы острякового рельса с полноценным профилем ОР65 по ГОСТ 55820-2013 при возможном попадании постороннего предмета между остряком и рамным рельсом в процессе перевода стрелки на участке в острие строганой части остряка как самого ослаблен-

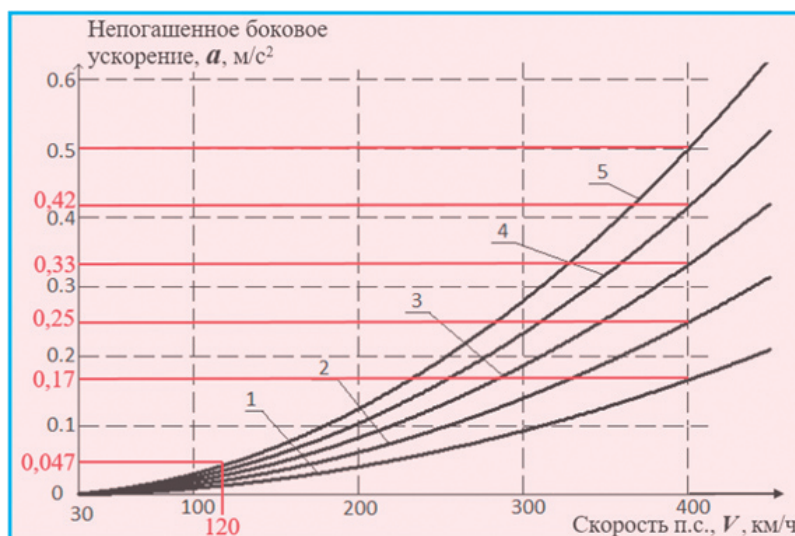


Рис. 9. График зависимости бокового непогашенного ускорения подвижного состава при наличии постороннего предмета между остряком и рамным рельсом - прогибе остряка

ного профиля превышают $y_d > 8$ мм (см. рис. 8), что не может обеспечить пропуск подвижного состава со скоростью 400 км/ч (см. рис. 9), а потому требует ограничения скорости прохода подвижного состава по стрелочному переводу.

4. Контроль прогиба остряка при переводе стрелки по маршруту в боковом направлении движения подвижного состава, где скорость движения подвижного состава не превышает 120 км/ч, является не актуальным но даже избыточным.

5. Установка автономных электромеханических устройств контроля положения ПСК на крестовине в структуре стрелочных переводов пологих марок с НПК в точках между приложения переводных усилий на электроприводе шибера $F_{ш}$ является $L-M$ (см.рис.2) не требуется. Это обосновывается тем, что расстояние между точками приложения усилий

на электроприводе шибера $F_{ш}$ на участке ПСК $L-M$ составляет 3716 мм, расстояние от предполагаемой точки установки устройства контроля (УК) до ближайшего электропривода составляет 1634 мм.

На основании проведенных расчетов и выводов, изложенных выше, РОАТ РУТ (МИИТ) предлагает следующую структуру стрелочного перевода и съезда типа Р65 марки крестовины М1/25 для ВСЖМ-1, обеспечивающую оптимальные условия функционального назначения, отвечающую требованиям безопасности, современному уровню состояния науки, технологии и производства, конкурентоспособного отечественного изделия. На рис. 10 приведена структурная схема комплекса переводных, замыкающих и контрольных устройств остряковой части, а на рис. 11 — крестовинной части стрелочного перевода типа Р65 М1/25. ⚙️

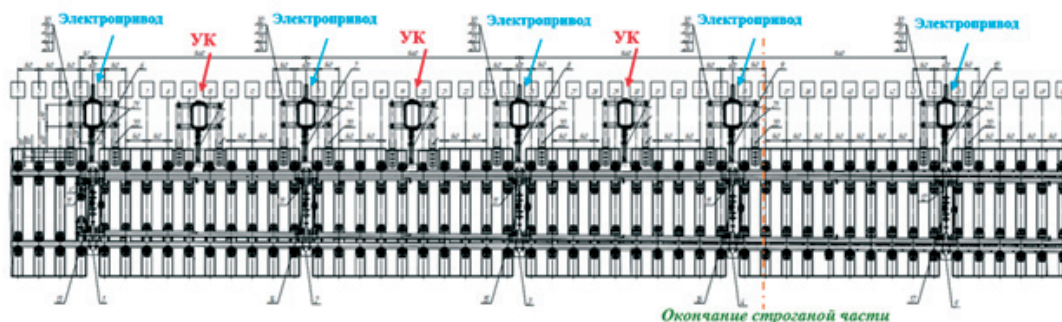


Рис. 10. Структура комплекса переводных, замыкающих и контрольных устройств остряковой части стрелочного перевода типа Р65 М1/25

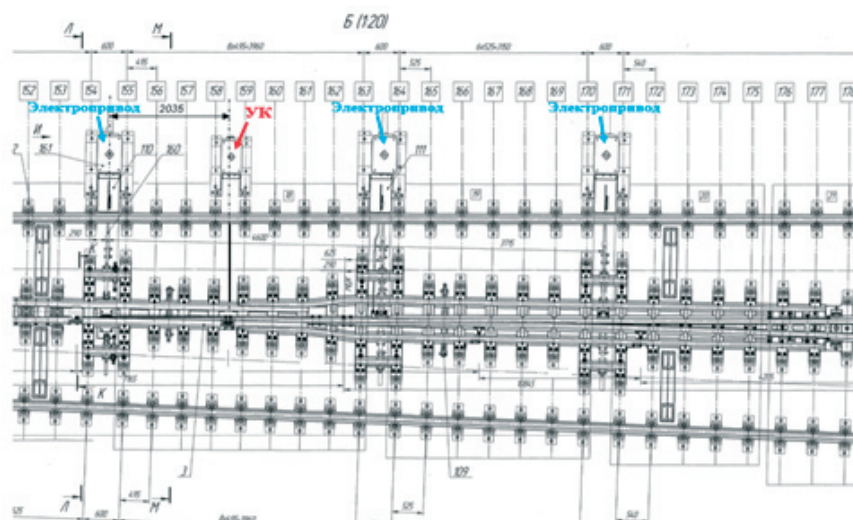


Рис. 11. Структура комплекса переводных, замыкающих и контрольных устройств крестовинной части стрелочного перевода типа Р65 М1/25

Литература

1. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утверждены Приказом Министерства транспорта РФ от 23.06.2022 № 250. - URL: <https://company.rzd.ru/ru/9353/page/105104-?id=1827&ysclid=manrs2prih43218606> (дата обращения: 10.03.2025). - Текст : электронный.
2. Комплекс переводных, замыкающих, контрольных и диагностических устройств стрелочных переводов для организации скоростного и высокоскоростного движения поездов (до 400 км/час). Технические требования. КПЗКУ-ВСЖМ.ТТ. № 2341 от 30.12.2021 г. - Текст : непосредственный.
3. Горелик, А. В. Методы обеспечения безопасности перевода, замыкания и контроля положения стрелок : монография / А. В. Горелик, Д. Е. Минаков ; Министерство транспорта Российской Федерации, Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования «Российский университет транспорта». - Москва : РУТ (МИИТ), 2021. - 142 с. - Текст : непосредственный.
4. Разработка структурной схемы, проведение кинематических расчетов механических связей комплекса переводных и замыкающих устройств стрелочного перевода (съезда) типа Р65 марки 1/25. - Текст : непосредственный // Отчет о научно-исследовательской работе : утвержден 29.04.2021 г. Научный руководитель Е. Ю. Минаков. - Москва : РОАТ РУТ (МИИТ), 2021. - 63 с. - Текст : непосредственный.
5. Техническое обоснование / расчет / введения автономных устройств контроля изменения геометрии стрелочного перевода при возможном попадании постороннего предмета между острием и рамным рельсом в процессе перевода стрелки Р65 М1/25 для ВСЖМ-1. - Текст : непосредственный // Отчет о научно-исследовательской работе по теме утвержден 19.05.2025 г. Научный руководитель Е. Ю. Минаков. - Москва : РОАТ РУТ (МИИТ), 2025. - 66 с.
6. ГОСТ Р 55820-2013 Рельсы железнодорожные острижковые. Технические условия = Switch and crossing rails. Specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 22 ноября 2013 г. № 1754-ст.: введен впервые : дата введения 2014-07-01 / Разработан Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ОАО «ВНИИЖТ»», Проектно-технологическим конструкторским бюро по пути и путевым машинам - филиалом ОАО «Российские железные дороги» (ПТКБ ЦП ОАО «РЖД»), Федеральным государственным предприятием «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии Федерального агентства железнодорожного транспорта» (ФГУП «НИИ мостов»), Открытым акционерным обществом «Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»). - Москва : Стандартиформ, 2018. - 70 с. - Текст : непосредственный.
7. ГОСТ Р 51685-2013 Рельсы железнодорожные. Общие технические условия = Railway rails. General specifications : национальный стандарт Российской Федерации : издание официальное : утвержден и введен в действие Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 14 октября 2013 г. № 1155-ст.: взамен ГОСТ Р 51685-2000 : дата введения 2014-07-01 / разработан Открытым акционерным обществом «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта (ОАО «ВНИИЖТ»», Открытым акционерным обществом «Уральский институт металлов» (ОАО «УИМ»), Федеральным государственным унитарным предприятием «Научно-исследовательский институт мостов и дефектоскопии Федерального агентства железнодорожного транспорта» (ФГУП «НИИ мостов и дефектоскопии»), Институтом металлургии и материаловедения имени А. А. Байкова Российской академии наук (ИМет РАН), Обществом с ограниченной ответственностью «ЕвразХолдинг» (ООО «ЕвразХолдинг»), Открытым акционерным обществом «ЕВРАЗ Нижнетагильский металлургический комбинат» (ОАО «ЕВРАЗ НТМК»), Открытым акционерным обществом «Объединенный Западно-Сибирский металлургический комбинат» (ОАО «ЕВРАЗ ЗСМК»). - Москва : Стандартиформ, 2014. - 101 с.
8. ГОСТ 32685-2014. Приводы стрелочные электромеханические. Требования безопасности и методы контроля = Electromechanical switch machines. Safety requirements and methods of checking : издание официальное : Приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 10 октября 2014 г. № 1306-ст. межгосударственный стандарт ГОСТ 32685-2014 введен в действие в качестве национального стандарта Российской Федерации с 1 июня 2015 г.: введен впервые : дата введения : 2015-06-01 / разработан Федеральным государственным бюджетным образовательным учреждением высшего профессионального образования «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора Александра I» (ФГБОУ ВПО ПГУПС). - Москва : Стандартиформ, 2015. - 7 с. - Текст : непосредственный.
9. 9. Феодосьев, В. И. Соппротивление материалов / В. И. Феодосьев. - Москва : Наука, 1967. - 552 с. - Текст : непосредственный.