

13. Baranik S.V. Primenimost' BIM-tekhnologii v dorozhnoy otrasli [The applicability of BIM technologies in the road industry]. *SAPR i GIS avtomobil'nykh dorog [CAD and GIS for roads]*, 2015. No. 1(4). Pp. 24–28.

14. Informatsionnoe modelirovanie v stroitel'stve. Pravila formirovaniya informatsionnoi modeli ob'ektov na razlichnykh stadiyakh zhyznennogo tsykla [Information modeling in construction. Rules for forming an information model of objects at various stages of the life cycle]: SR 333.1325800.2017: approved by the Ministry of Construction and Housing and Communal Services of the Russian Federation on September 18, 2017; effective from March 19, 2018. Moscow: Standartinform Publ., 2017. 40 p.

15. Bykova N.M., Baranov T.M., Tolstikov E.O. Razvitie metodiki otsenki gruzopod'yomnosti mostov s ispol'zovaniem mobil'nykh avtomatizirovannykh sistem monitoringa [Development of methods for assessing the load capacity of bridges using mobile automated monitoring systems]. *Transportnye sooruzheniya [Transport facilities]*, 2015. Vol. 2. No. 4(8). URL: <https://ts.today/PDF/01TS415.pdf>. DOI: 10.15862/01TS415.

16. Vervovkina O.I. O gibridnom metode prognozirovaniya riskov na zheleznodorozhnom transporte na osnovanii obschego logiko-veroyatnostnogo metoda [On the hybrid method of forecasting risks in railway transport based on the general logical-probabilistic method]. *Izvestiya Peterburgskogo universiteta putei soobscheniya [Proceedings of Petersburg Transport University]*, 2017. Vol. 14. No. 4. Pp. 82–89.

17. Vervovkina O.I. Rezul'taty primeneniya gibridnogo metoda otsenki funktsional'nykh riskov narusheniya bezopasnosti dvizheniya na regional'nom i lineynom urovnyakh v khozyaystve puti [Results of the hybrid method of assessing functional risks of traffic safety violations at the regional and linear levels in the economy of the road]. *Nadyozhnost' i kachestvo slozhnykh sistem [Reliability and quality of complex systems]*, 2019. No. 1 (25). Pp. 106–117.

18. Vervovkina O.I. O sisteme otsenki riskov v oblasti funktsional'noi bezopasnosti dvizheniya poezdov [About the risk assessment system in the field of functional safety of train traffic]. *Mir transporta [World of transport]*, 2017. Vol. 15. No. 6 (73). Pp. 206–221.

Информация об авторах

Каимов Евгений Витальевич – канд. техн. наук, доцент кафедры строительства железных дорог, мостов и тоннелей, Иркутский государственный университет путей сообщения, г. Иркутск, e-mail: Eugen-Kaimov@yandex.ru

Information about the authors

Evgenii V. Kaimov – Ph.D. in Engineering Science, Associate Professor, the Subdepartment of Building of Railways, Bridges and Tunnels, Irkutsk State Transport University, Irkutsk, e-mail: Eugen-Kaimov@yandex.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.2(70).128-138

УДК 625.151, 625.171

Инновации в сфере контроля состояния стрелочных переводов

В. В. Атапин^{1,2}, **А. А. Чекин^{1,2}**, **А. В. Баширов¹**

¹Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, Российская Федерация

²Научно-производственный центр информационных и транспортных систем, г. Самара, Российская Федерация

✉ vitap88@rambler.ru; atapin@infotrans-logistic.ru

Резюме

В статье рассматриваются вопросы контроля и оценки состояния стрелочных переводов. Показана значимость стрелочного перевода как одного из основных объектов инфраструктурного комплекса с широким перечнем контролируемых параметров с указанием их наименования, раздела в форме ПУ-29 и применяемого средства контроля. Представлена существующая технология контроля состояния стрелочных переводов, описан порядок и измерительные устройства, применяемые в процессе контроля состояния стрелочных переводов. Приведена основная форма отчетности по состоянию стрелочных переводов ПУ-29 «Книга записи результатов проверки стрелочных переводов и глухих пересечений» с подробным описанием способа ее заполнения. Указаны предпосылки и важность перехода на использование электронных путевых шаблонов, описаны их отличительные особенности от обычных ручных механических средств диагностики, приведены технические характеристики и рассмотрен принцип работы каждого из устройств. В работе представлена новая технология контроля состояния стрелочных переводов, дана схема взаимодействия автоматизированных путевых шаблонов с программным обеспечением мобильного рабочего места Единой корпоративной автоматизированной системой управления инфраструктурой, которое предназначено для проведения объективного контроля за нормируемыми техническими параметрами стрелочных переводов в эксплуатации. Благодаря использованию данного программного обеспечения исключается влияние человеческого фактора на процессы записи измерений и формирование отклонений в содержании путем управления процессом записи и передачи измеряемых параметров. Приведены примеры измерений отдельных параметров стрелочного перевода автоматизированным путевым шаблоном АПСИ-03МС. Представлены достоинства и недостатки внедрения новых средств диагностики. Предлагаются технические решения, позволяющие оптимизировать и улучшить процесс контроля состояния стрелочных переводов.

Ключевые слова

стрелочный перевод, электронный шаблон, Единая корпоративная автоматизированная система управления инфраструктурой, форма ПУ-29, синхронизация, комплексная оценка, матрица рисков, неисправность, схема измерения, время промера

Для цитирования

Атапин В. В. Инновации в сфере контроля состояния стрелочных переводов / В. В. Атапин, А. А. Чекин, А. В. Баширов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 128–138. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).128-138

Информация о статье

поступила в редакцию: 20.03.2021, поступила после рецензирования: 11.04.2021, принята к публикации: 19.04.2021

Innovations in the field of monitoring of the state of turnout switches

V. V. Atapin^{1,2}✉, A. A. Chekin^{1,2}, A. V. Bashirov¹

¹Samara state University of railway transport, Samara, the Russian Federation

²Research and Production Center of Information and Transport Systems, Samara, the Russian Federation

✉ vitap88@rambler.ru; atapin@infotrans-logistic.ru

Abstract

The article considers the issues of control and assessment of the state of turnout switches. It shows the significance of a turnout switch as one of the main objects of the infrastructure complex with a wide list of controlled parameters, with an indication of their name, the section in the form PU-29 and the control means used. The existing procedure and measuring devices used in the process of monitoring the state of turnout switches are described. The authors represent the main form of reporting on the state of turnout switches PU-29 «Book of recording the results of checking turnout switches and crossings at grade" with a detailed description of the method of filling it out. The paper indicates the prerequisites for and importance of the transition to the use of electronic gauge templates. It describes features distinguishing them from conventional hand tools, provides their technical characteristics and considers the principle of operation of each of the devices. A new technology for monitoring the state of turnout switches is represented. The authors describe the scheme of interaction of automated gauge templates with the mobile workplace software, the unified corporate automated infrastructure management system, which is designed to objectively control the normalized technical parameters of turnout switches in operation. Thanks to the use of this software, the influence of the human factor on the measurement recording processes and the formation of deviations in the content are eliminated by controlling the recording process and transmitting the measured parameters. Examples of measurements of individual parameters of the turnout switch are provided by the automated APSH-03MS track gauge. The advantages and disadvantages of the introduction of new diagnostic tools are presented. Technical solutions are proposed to optimize and improve the process of monitoring the state of turnout switches.

Keywords

turnout switch, electronic template, unified corporate automated infrastructure management system, form PU-29, synchronization, complex risk assessment, matrix of risks, malfunction, measurement scheme, measuring time

For citation

Atapin V. V., Chekin A. A., Bashirov A. V. Innovatsii v sfere kontrolya sostoyaniya strelochnykh perevodov [Innovations in the field of monitoring of the state of turnout switches]. *Sovremennye tekhnologii. Sistemnyi analiz. Modelirovanie* [Modern Technologies. System Analysis. Modeling], 2021, No. 2 (70), pp. 128–138. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).128-138

Article info

Received: 20.03.2021, Revised: 11.04.2021, Accepted: 19.04.2021

Введение

Для обеспечения бесперебойности движения поездов, планирования работ планово-предупредительного характера по текущему содержанию пути, а также работ по ремонту проводятся регулярные осмотры и проверки состояния пути, стрелочных переводов и различных сооружений. Сроки и порядок контроля перечисленных объектов устанавливаются Инструкцией по текущему содержанию железнодорожного пути [1].

В сфере путевого хозяйства немаловажную роль занимает контроль стрелочных переводов.

Описание существующей технологии контроля состояния стрелочных переводов

При осмотрах стрелочных переводов проверяются:

- прямолинейность пути по контрольной нити прямого направления и плавность кривизны переводной и крестовинных кривых (визуально или по ординатам);
- соответствие фактического состояния стрелочного перевода нормам устройства и содержания в плане и профиле;
- состояние деревянных и железобетонных брусков и шпал, наличие «кустов» негодных деревянных и железобетонных брусков и шпал (визуально), наличие дефектных брусков и шпал (визуально);
- состояние рельсов, крестовин, контрольных, креплений, зазоров и ступенек в стыках, изолирующих стыках;
- состояние балластной призмы, водоотводов.

Обобщенный перечень контролируемых параметров стрелочного перевода, а также средства, которыми осуществляется их контроль, приведены далее (табл. 1).

Таблица 1. Перечень контролируемых параметров стрелочного перевода
Table 1. The list of controlled parameters of the turnout switch

№ п/п	Наименование параметра	Раздел в ПУ-29	Средства контроля		
			Существующие	Новые	
1	2	3	4	5	
1	Шаблон и уровень в стыке рамного рельса	Первый раздел	ЦУП и аналоги	АПШ-03МС, ШЭП-2, Нева-1	
2	Шаблон и уровень у острия остряка				
3	Шаблон и уровень в корне по прямому и боковому пути				
4	Шаблон и уровень в середине переводной кривой				
5	Шаблон и уровень в переднем вылете крестовины по прямому и боковому пути				
6	Шаблон и уровень в крестовине (сечение 40 мм) по прямому и боковому пути				
7	Шаблон и уровень в заднем вылете крестовины по прямому и боковому пути				
8	Расстояние от рабочей грани контррельса до рабочей грани сердечника крестовины по прямому и боковому пути		Расчетный параметр (ЦУП и штангенциркуль)		
9	Расстояние от рабочей грани контррельса до рабочей грани усовика по прямому и боковому пути		Штангенциркуль путевой ПШВ		
10	Ширина желоба в контррельсе по прямому и боковому пути				
11	Ширина желоба в крестовине по прямому и боковому пути				
12	Боковой износ рамного рельса по прямому и боковому пути				
13	Боковой износ остряка в сечении 50 мм по прямому и боковому пути				
14	Вертикальный износ сердечника крестовины по прямому и боковому пути				
15	Вертикальный износ усовика крестовины по прямому и боковому пути				
16	Понижение остряка против рамного рельса в сечении 50 мм и более по прямому и боковому пути				
17	Неприлегание остряка к рамному рельсу по прямому и боковому пути				Штангенциркуль путевой ПШВ, мерный клин
18	Неприлегание остряка к подушкам по прямому и боковому пути				
19	Неприлегание сердечника к усовику по прямому и боковому пути для НПК				
20	Неприлегание сердечника к подушкам по прямому и боковому пути для НПК				
21	Отступления от проектного положения между передним торцом усовиком и торцом сердечника для НПК		Рулетка		
22	Отступления от проектного положения между длинным и коротким рельсом сердечника для НПК				
23	Ординаты переводной кривой в разных сечениях стрелочного перевода	Второй раздел	ЦУП, рулетка	АПШ-03МС, ШЭП-2, Нева-1	
22	Взаимное положение остряка и рамного рельса	Третий раздел	Шаблон модели 00316 или КОР	КОР	
23	Прямолинейность поверхности катания		Мерная линейка	–	
24	Расстояние от острия остряка до проектных сечений		Рулетка		

	5, 10, 15, 20 и 50 мм		
25	Боковой износ остряка в сечении 20 мм и вне пределов боковой строжки по прямому и боковому пути	Штангенциркуль путевой ПШВ	АПШ-03МС, ШЭП-2, Нева-1
26	Понижение остряка против рамного рельса в острие остряка, сечении 5, 10, 15 и 20 мм по прямому и боковому пути		
27	Разъединение стрелочных остряков и подвижных сердечников крестовин с тягами	Оценивается визуально	–
28	Выкрашивание остряка или подвижного сердечника		
29	Излом остряка или рамного рельса		
30	Разрыв контррельсового болта в одноболтовом, или обоих болтов в двухболтовом вкладыше		
31	Зазор в стыках	Штангенциркуль путевой ПШВ	АПШ-03МС
32	Вертикальные и горизонтальные ступеньки в стыках	Мерный клин	–
33	Износ контррельсов разных профилей	Штангенциркуль путевой ПШВ	АПШ-03МС
34	Шаг остряка		–
35	Вертикальный износ рамного рельса по прямому и боковому пути		–
36	Ширина желоба башмакосбрасывателя		АПШ-03МС, ШЭП-2, Нева-1

Из приведенных данных (см. табл. 1) видно, что на каждом стрелочном переводе более 30 шт. контролируемых параметров. Все параметры являются по-своему важными и имеют свою категоричность в отчетных документах. При анализе норм на содержание стрелочных переводов можно сделать вывод, что по многим из параметров при превышении установленных допусков, осуществляется ограничение скорости движения или закрытие движения [2].

С давних времен основной формой отчетности по состоянию стрелочных переводов является форма ПУ-29: «Книга записи результатов проверки стрелочных переводов и глухих пересечений». Ведение и заполнение данной формы осуществлялось в ручном режиме по результатам осмотра. Пример данной формы приведен (рис. 1).

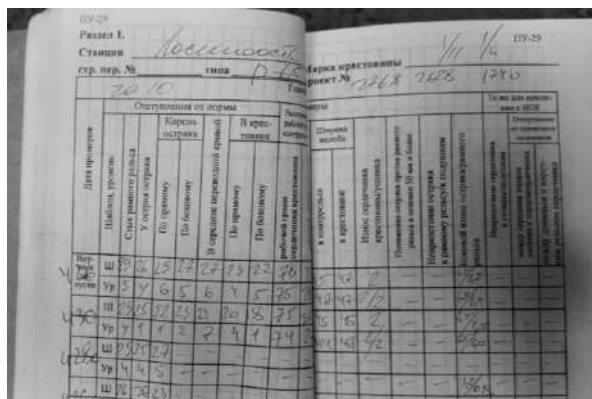


Рис. 1. Пример существующей формы ПУ-29 (заполняется вручную)

Fig. 1. The example of an existing form PU-29 (to be filled in manually)

Измерение параметров, входящих в указанную форму (см. рис. 1), производится с использованием путеизмерительного шаблона ЦУП (рис. 2), универсального шаблона модели 00316, шаблона КОР (рис. 3), штангенциркуля (рис. 4), мерного клина, металлической линейки и рулетки [3–6].



Рис. 2. Шаблон путевой ПШ-1520 (аналог ЦУП)
Fig. 2. Gauge template PSh-1520 (analogous to TsUP)



Рис. 3. Шаблон КОР для измерения очертаний и контуров
Fig. 3. KOR gauge for measuring outlines and contours

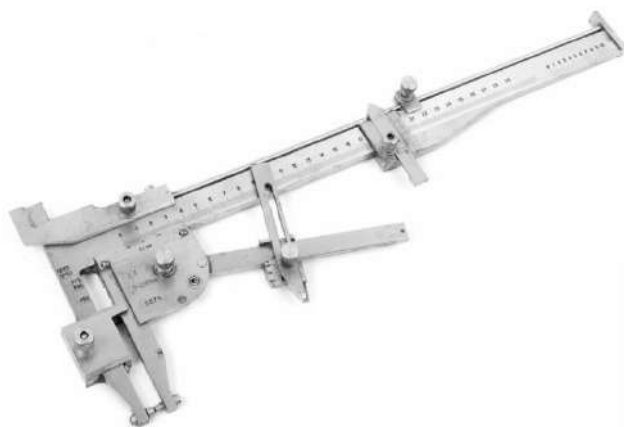


Рис. 4. Штангенциркуль путевой типа ПШВ
Fig. 4. The rail sliding caliper of a PShV type

Корпус путевых шаблонов типа ЦУП изготовлен из алюминиевого профиля, который подвержен температурным изменениям. Принцип, заложенный в измерение параметра «уровень» зачастую не обеспечивает необходимую точность, требуемую действующими нормативными документами. Путевой штангенциркуль ПШВ является непростым инструментом, измерение им требует выполнения определенных выставок и установок, а главное полностью зависит от человеческого фактора.

Таким образом, существующая технология контроля состояния стрелочных переводов привела к необходимости проведения «революции» не только в сфере измерительных устройств, но и к изменению формы ведения ПУ-29, созданию рабочих заданий на выполнение промеров, планированию работ и устранению выявленных неисправностей с полным отсутствием человеческого фактора или его максимальным исключением [7–8].

Описание новой технологии контроля состояния стрелочных переводов

Использование новой технологии контроля состояния стрелочных переводов началось с утверждения распоряжения ОАО «РЖД» «О проведении опытной эксплуатации автоматизированных путевых шаблонов для измерения геометрических параметров рельсовой колеи железнодорожного пути и стрелочных переводов с передачей данных в ЕК АСУИ на полигоне Октябрьской дирекции инфраструктуры» [9] № ЦДИ-402/р от 6 апреля 2018 г.

Главной целью данного распоряжения стало проведение в I полугодии 2018 г. на участках Бологовской и Вышневолоцкой дистанций пути Октябрьской дирекции инфраструктуры опытной эксплуатации автоматизированных путевых шаблонов с передачей данных в Единую корпоративную автоматизированную систему управления инфраструктурой

(ЕК АСУИ) следующих фирм-производителей:

- ООО «Мобильные системы диагностики Холдинг» (модель – Нева-1);
- АО «Фирма Твема» (модель – ШЭП-2);
- АО «Научно-производственный центр информационных и транспортных систем» (модель – АПШ-3МС).

Конечным результатом данной эксплуатации стала разработка Комплекта устройств для автоматизированного измерения геометрических параметров железнодорожного пути, стрелочных переводов, обработки полученной информации, передачи результатов в ЕК АСУИ (далее – Комплект).

Основное назначение Комплекта заключается в обеспечении объективного контроля (мониторинга) за нормируемыми техническими параметрами пути и стрелочных переводов в эксплуатации. Исключение влияния человеческого фактора на процессы записи измерений и формирование отклонений в содержании (инцидентов) должно обеспечиваться путем управления процессом записи и передачи измеряемых параметров с помощью специального программного обеспечения (ПО).

Применительно к самим устройствам были заложены следующие требования:

- диапазон рабочей температуры от -40 до $+40$ °С (при температуре окружающего воздуха от $+40$ до $+20$ °С – не менее 8 ч, от $+20$ до 0 °С – не менее 6 ч, от 0 до -20 °С – не менее 4 ч, от -20 до -40 °С – не менее 2 ч);
- габариты (длина × ширина × высота) шаблона в рабочем положении не более $1\,770 \times 220 \times 310$ мм;
- сохранять работоспособность при эксплуатации на открытом воздухе при наличии осадков в виде дождя и снега;
- обеспечивать передачу результатов измерений на мобильное устройство;
- соответствовать современным требованиям технической эстетики и эргономики, обеспечивать удобство работы и считывание значений контролируемых параметров;
- легкодоступный и быстросъемный аккумуляторный отсек;
- контроль уровня заряда аккумуляторной батареи;
- обслуживание одним оператором в процессе работы;
- наличие противокоррозионного покрытия лакокрасочного по ГОСТ 9.032, металлического и неметаллического по ГОСТ 9.303;
- сохранять работоспособность при воздействии помех от сигнальных и тяговых токов;
- сопротивление электроизоляции между измерительными наконечниками не менее 50 Мом;
- масса электронного шаблона без мобильного устройства, дополнительных аккумуляторов и зарядного устройства не более 4,0 кг;

– срок службы – не менее 5 лет [10].

Мобильное устройство (МРМ) должно обеспечивать прием информации от электронного шаблона и длительность непрерывной работы (при 50 % яркости постоянно включенного экрана, активных Bluetooth и Глонасс / (GPS)) при температуре окружающего воздуха +40 до +20 °С – не менее 8 ч, от +20 до 0 °С – не менее 6 ч, от 0 до –20 °С – не менее 4 ч. Устройство должно располагаться в пыле-, влаго-, ударозащитном корпусе или иметь пыле-, влаго-, ударозащитный чехол. Масса МРМ не должна превышать 0,2 кг.

Изначальный вид изделий, которые проходили опытную эксплуатацию на Октябрьской дирекции инфраструктуры, приведен (рис. 5).

Представлен также вид изделий, эксплуатируемых практически на всех дирекциях инфраструктуры (рис. 6) [11–13].

Показан принцип работы данных устройств и взаимодействия (рис. 7). Для проведения промера стрелочного перевода первоначально пользователь (контролер пути) или руководитель работ (старший контролер, начальник участка, специалист технического отдела ПЧ) планирует промер в системе ЕК АСУИ, т. е. формирует рабочее задание (РЗ) на промер стрелочного перевода. После авторизации пользователя в ПО МРМ ЕК АСУИ, которое должно быть установлено на специализированный смартфон, осуществляется синхронизация и загрузка суточного плана работ по промеру стрелочных переводов, т. е. перечень ранее созданных РЗ.

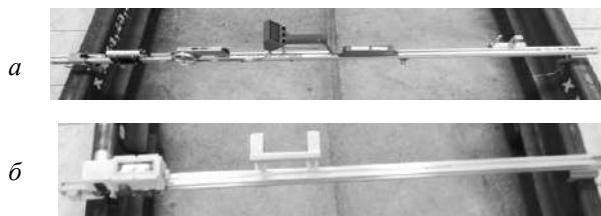


Рис. 5. Автоматизированные путевые шаблоны (опытные образцы):

a – Нева-1; *б* – ШЭП-2; *в* – АПШ-03МС

Fig. 5. Automated gauge templates (prototypes):

a – Neva-1; *b* – ShEP-2; *c* – APSh-03MS



Рис. 6. Автоматизированные путевые шаблоны (эксплуатируемые на сети ОАО «РЖД»):

a – Нева-1; *б* – ШЭП-2; *в* – АПШ-03МС

Fig. 6. Automated gauge templates (operated on the network of Russian Railways OAO):

a – Neva-1; *b* – ShEP-2; *c* – APSh-03MS

Далее осуществляется выбор и подключение необходимого электронного шаблона к мобильному устройству (смартфону) посредством сопряжения по Bluetooth. При первоначальном подключении также выполняется привязка шаблона к активу ЕТБ ДМ.

Для проведения измерений пользователь в активе выбирает конкретное рабочее задание и осуществляет промер согласно заданному перечню измерений. Для удобства работы и оптимизации про-

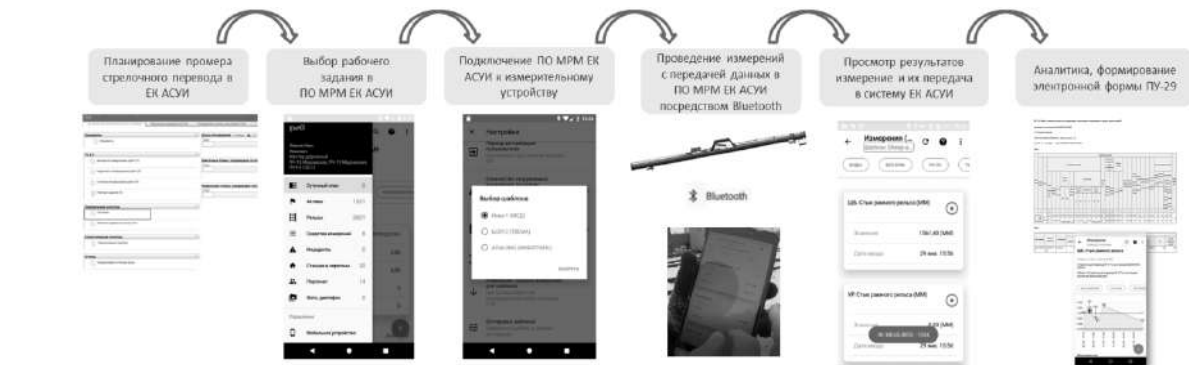


Рис. 7. Схема взаимодействия автоматизированных путевых шаблонов с программным обеспечением мобильного рабочего места Единой корпоративной автоматизированной системы управления инфраструктурой

Fig. 7. Scheme of interaction of automated gauge templates with the software of the mobile workstation of the Unified corporate automated infrastructure management system

мера в ПО МРМ ЕК АСУИ реализовано несколько схем (последовательностей) измерений: прямая; обратная; от остряка правая; от остряка левая; от крестовины правая; от крестовины левая; универсальная.

Кроме того, у любого пользователя имеется возможность создания своей схемы (последовательности) измерений параметров стрелочного перевода.

Передача результатов измерений от измерительного устройства к ПО МРМ ЕК АСУИ осуществляется посредством Bluetooth.

По окончании промера осуществляется передача данных из ПО МРМ ЕК АСУИ непосредственно в систему ЕК АСУИ для просмотра формы ПУ-29, проведения дополнительной аналитики [14]. Пример электронной формы ПУ-29, формируемой в системе ЕК АСУИ по результатам промера, приведен далее (рис. 8).

Приведены примеры измерений отдельных параметров стрелочного перевода автоматизированным путевым шаблоном АПС-03МС (рис. 9).

Таким образом, внедрение новых средств диагно-

ПУ-29. Книга записи результатов проверки стрелочных переводов и глухих пересечений

Ограничения по дате промера: 01.05.2020-30.06.2020

ПЧ-17 Московско-Смоленская

МОСКВА-ПАССАЖИРСКАЯ-СМОЛЕНСКАЯ Марка крестовины - 1/11

Стр.пар.№ 10 типа правый проект №174000000 ID ЕКАСУИ:А2455045

Раздел 1.

Дата промера	Средств измер	Исполн	Главнейшие размеры													Напря (Пр-Бк)	Рабочн грани средн крест	Рабочн грани условн	В контрл	В крест	Износ осеве крест	Износ осеве крест	Пониж остряк проти равно в севе 30 мм	Непри остряк равно рельс	Непри остряк к лощи	Боков износ остряк	Боков износ равно рельс	То же для крестовн с НК			Проме мин	
			Отступления от нормы						В крестовине			Непри осеве к подуш	Непри осеве к подуш	Отступление от проектного положения																		
			Шаблс	Стык равно рельс (Ш, Ур)	У остряк	Корнж остряк		В серед перем криво	переднй вылет	в сердечнике					задний вылет																	
						Пр	Бк			Пр	Бк																	Пр	Бк			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	
22.05.20 10:08:10	АПС-03МС №149	Д.С.Сурин	Ш	1527,0	1529,5	1526,0	1525,0	1533,0	1529,0	1529,0	1519,0	1520,0	1524,0	1522,0	Пр	1472,0	1421,0	46,97	50,47	0,0	2,414	0,646	0,0	0,0	0,0	0,0	2,813	0,0	0,0	0,0	0,0	20
			Ур	2,004	3,909	1,904	4,696	6,139	4,47	8,379	1,114	10,61	4,358	0,602	Бк	1474,4	1427,0	50,43	47,61	0,0	2,565	0,0	0,0	0,0	0,0	4,008	2,571	0,0	0,0	0,0		

Раздел 2.

Дата промера	Средство измерения	Исполнитель	величина ординат в расстояниях, мм от корня остряка										В конце переводной кривой
			в корне остряка	2	4	6	8	10	12	14	16		
22.05.20 10:08:10	АПС-03МС № 149	Д.С.Сурин	192,40	258,00	340,00	449,40	560,50	693,60	830,80	1000,30	0,00	0,00	

Рис. 8. Пример электронной формы ПУ-29, полученной из Единой корпоративной автоматизированной системы управления инфраструктурой

Fig. 8. An example of the electronic form PU-29, obtained from the Unified corporate automated infrastructure management system

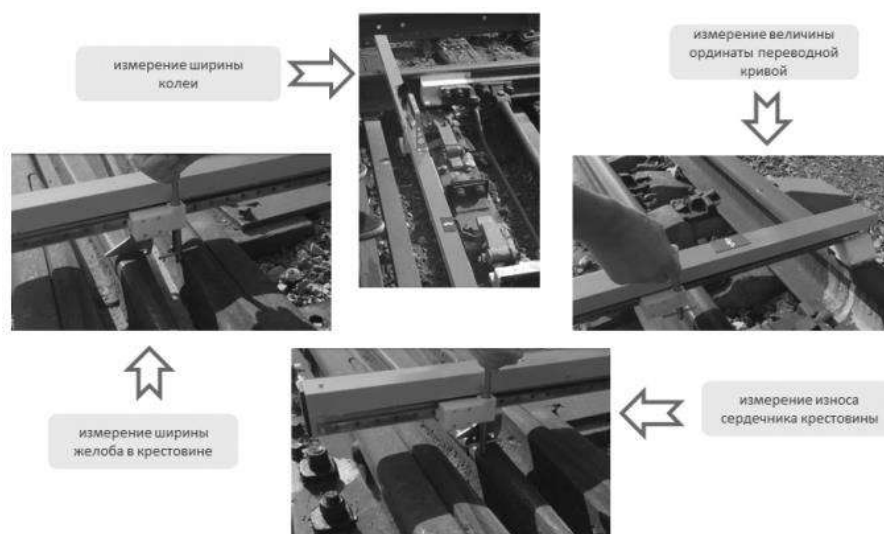


Рис. 9. Измерения параметров стрелочного перевода электронным шаблоном

Fig. 9. Measurement of turnout switch parameters with an electronic template

стики позволило автоматизировать процесс контроля состояния стрелочных переводов, а также частично или полностью решить ряд следующих задач:

- минимизация влияния человеческого фактора на процесс измерений;
- повышение точности измерений за счет применения современных измерительных датчиков;
- уход от ручного ведения формы ПУ-29;
- создание инцидентов при выявлении различных нарушений (рис. 10);
- оптимизация времени проведения измерений;
- централизованное хранение всех результатов измерений в базе данных ЕК АСУИ [15];
- возможность ведения карточки измерений с регистрацией типа и номера измерительного устройства, имени исполнителя, географических координат и т. п.

При всех перечисленных положительных качествах новой технологии контроля состояния стрелочных переводов, необходимо отметить также ряд недостатков и недоработок:

- зачастую длительная синхронизация созданных рабочих заданий;
- невозможность проведения измерений при полной разрядке аккумуляторной батареи в измерительном устройстве или в мобильном устройстве (смартфоне);
- невозможность проведения измерений в случае проблем с Bluetooth-соединением;
- необходимость постоянного заряда и контроля аккумуляторных батарей устройств;
- отсутствие алгоритма по оперативному устранению инцидентов, по которым уже реально были проведены работы;
- недостаток аналитической информации для

управленческого аппарата для принятия решений и др.

Заключение

С целью оптимизации и улучшения новой технологии контроля состояния стрелочных переводов предлагаются следующие технические решения:

1. Реализовать комплексную оценку по каждому стрелочному переводу с использованием матрицы рисков, аналогично той, которая применяется при оценке предотказного состояния [16–18]. На первоначальном этапе предлагается оценивать все параметры стрелочного перевода, входящие в перечень ПУ-29, по следующему принципу (табл. 2).

Таблица 2. Предлагаемые критерии для комплексной оценки состояния стрелочных переводов
Table 2. Proposed criteria for a comprehensive assessment of the state of the turnout switches

Оценка	Описание
«Недопустимое» состояние (красный цвет)	Назначается в том случае, если величина измеренного параметра превышает установленные действующими нормативными документами допуски
«Допустимое» состояние (желтый цвет)	Назначается в том случае, если величина измеренного параметра находится в пределах установленных действующими нормативными документами допусков
«Не учитываемое» состояние (зеленый цвет)	Назначается в том случае, если величина измеренного параметра соответствует номинальному значению

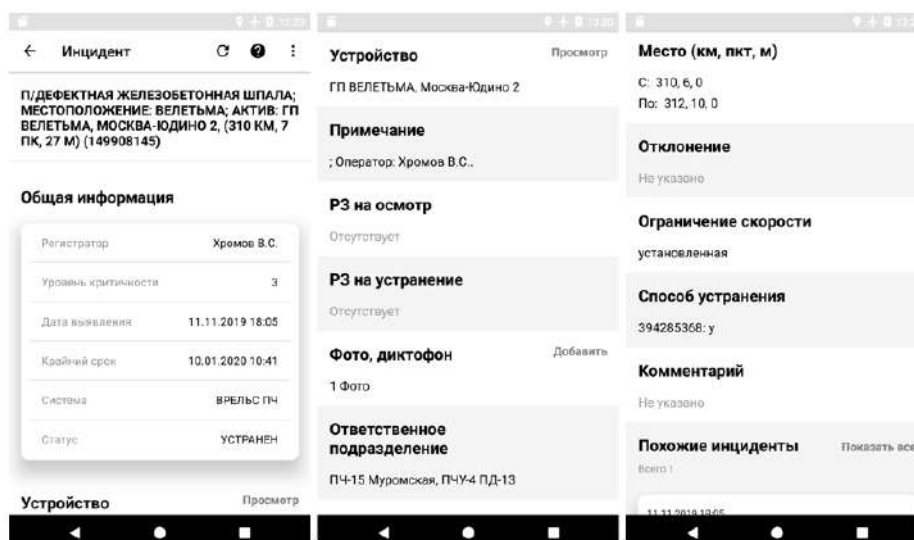


Рис. 10. Пример карточки инцидента в программном обеспечении мобильного рабочего места Единой корпоративной автоматизированной системы управления инфраструктурой

Fig. 10. An example of an incident card in the software of the mobile workplace of the Unified corporate automated infrastructure management system

Визуально в системе ЕК АСУИ или ПО МРМ ЕК АСУИ предлагаемая оценка должна выглядеть следующим образом (табл. 3).

Таблица 3. Ведомость комплексной оценки состояния стрелочного перевода: №, тип, марка крестовины, станция

Table 3. List of comprehensive assessment of the state of the turnout switch: number, type, crosspiece brand, station

№ п/п	Контролируемый параметр	Измеренная величина, мм	Номинальный размер, мм
1	Ширина колеи в стыке рамного рельса	1523,5 (желтый)	1 520
2	Уровень в стыке рамного рельса	+1,2 (зеленый)	до 16
3	Боковой износ рамного рельса по прямому пути	2,2 (желтый)	0
...

2. При планировании промеров выстраивать матрицу приоритетов, которая должна учитывать комплексную оценку состояния стрелочного перевода за предыдущую проверку (табл. 4).

Таблица 4. Матрица приоритетов

Table 4. Matrix of priorities

Очередность промеров	Состояние
1. Стрелочные переводы, расположенные на главных путях	«недопустимое» состояние
2. Стрелочные переводы, расположенные на станционных путях	«недопустимое» состояние
3. Стрелочные переводы, расположенные на приемо-отправочных и прочих путях	«недопустимое» состояние
4. Стрелочные переводы, расположенные на главных путях	«допустимое» состояние
...	...

Данная приоритетность позволит осуществлять контроль за своевременностью устранения выявленных ранее неисправностей, проверку качества проведения ремонтных работ.

3. Осуществлять оперативное устранение созданных инцидентов путем измерения данного параметра электронным шаблоном с внесением в базу данных сразу после проведения ремонтных работ, т. е. on-line контроль качества выполненных ремонтных работ.

Список литературы

1. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути : утв. распоряжением ОАО «РЖД» №2288/р от 14 нояб. 2016 г.
2. Правила технической эксплуатации железных дорог Российской Федерации : утв. приказом Минтранса России № 286 от 21 дек. 2010 г.
3. Путьевой шаблон : пат. 2245956 Рос. Федерация / М.Б. Атлас 10.02.2005 ; заявл. 02.06.2003.
4. Путьевой шаблон для измерения ширины колеи и уровня рельсов : пат. 143317 Рос. Федерация / М.Р. Сулейманов, Г.Г. Киселев, Ю.А.Кочетков. № 2013154913/11 ; заявл. 10.12.2013.
5. Шаблон путьевой : пат. 4977 Рос. Федерация / В.И. Абросимов, Л.С. Крымская, О.Н. Фролов. № 96114430/20 ; заявл. 11.07.1996.
6. Штангенциркуль : пат. 2029221 Рос. Федерация / А.Ф. Лубенец, Г.М. Манусов, В.М. Снегов. № 4932091/28 ; заявл. 26.04.1991.
7. Смирнова Л.Б., Авсиевич А.В., Дронина Д.А., Фатеев В.А. К вопросу совершенствования автоматизированных систем контроля механических параметров стрелочного перевода // Наука и образование транспорту. 2019. № 1. С. 340–344.
8. Рыбкин В.В., Каленик К.Л. Совершенствование методики контроля положения в плане стрелочных переводов // Проблемы проектирования и строительства железных дорог : межвуз. сб. науч. тр. Хабаровск, 2011. С. 98–106.
9. О проведении опытной эксплуатации автоматизированных путьевых шаблонов для измерения геометрических параметров рельсовой колеи железнодорожного пути и стрелочных переводов с передачей данных в ЕК АСУИ на полигоне Октябрьской дирекции инфраструктуры : распоряжение ОАО «РЖД» № ЦДИ-402/р от 06 апр. 2018 г.
10. Стенд контроля путьевых шаблонов : пат. 2114949 Рос. Федерация / М.Б. Атлас. № 97101419/28 ; заявл. 30.01.1997.
11. Статическая экспозиция. Натурные образцы // Железнодорожный транспорт. 2019. № 10. С. 40–58.
12. Многофункциональный электронный путьевой шаблон : пат. 2687537 Рос. Федерация / И.Н. Гончаров, А.Р. Шепехнев, Ю.А. Гродецкий. № 2018127972 ; заявл. 30.07.2018.
13. Путьеизмерительный шаблон с измерительной кареткой : пат. 186438 Рос. Федерация / Л.А. Афанасьев, А. Ковалев, В.Г. Сафин и др. № 2018141177 ; заявл. 22.11.2018.
14. Классификатор дефектов и повреждений элементов стрелочных переводов : утв. распоряжением ОАО «РЖД» № 1653р от 16 авг. 2012 г.

15. Чеботарева Е.А. Концепция создания комплексной цифровой оценки состояния станционной инфраструктуры // Альманах мировой науки. 2018. № 5 (25). С. 46–52.
16. Седелкин Ю.А., Атапин В.В. Методология УРРАН для определения предотказного состояния инфраструктуры // Путь и путевое хозяйство. 2015. № 3. С. 8–11.
17. Седелкин Ю.А., Атапин В.В. Новые горизонты технологии УРРАН // Путь и путевое хозяйство. 2015. № 8. С. 103–105.
18. Атапин В.В., Атапина Н.А. Управление рисками при оценке состояния бесстыкового пути // Путь и путевое хозяйство. 2019. № 5. С. 20–24.

References

1. Instruksiya po tekushchemu sodержaniyu zheleznodorozhnogo puti, utverzhdena rasporyazheniem OAO «RZhD» №2288/r ot 14 noyabrya 2016 g. [Instructions for the current maintenance of the railway track, approved by the order of OAO «Russian Railways» No. 2288/r dated November 14, 2016].
2. Pravila tekhnicheskoi ekspluatatsii zheleznykh dorog Rossiiskoi Federatsii, utverzhdeny prikazom Mintransa Rossii № 286 ot 21 dekabrya 2010 g. [Rules of technical operation of railways of the Russian Federation, approved by Order of the Ministry of Transport of the Russian Federation No. 286 dated December 21, 2010].
3. Atlas M.B. *Putevoi shablon* [The gauge template]. Patent for the invention RU 2245956 C1, 10.02.2005. Application no. 2003116223/11 dated June 02, 2003].
4. Suleimanov M.R., Kiselev G.G., Kochetkov Yu.A. *Putevoi shablon dlya izmereniya shiriny kolei i urovnya rel'sov* [The gauge template for measuring gauge template and rail level]. Utility model patent RU 143317 U1, 20.07.2014. Application no. 2013154913/11 dated December 10, 2013.
5. Abrosimov V.I., Krymskaya L.S., Frolov O.N. *Shablon putevoi* [The gauge template]. Utility model patent RU 4977 U1, 16.09.1997. Application No. 96114430/20 dated July 11, 1996.
6. Lubenets A.F., Manusov G.M., Snegov V.M. *Shtangentsirkul'* [Caliper]. Patent for the invention RU 2029221 C1, 20.02.1995. Application No. 4932091/28 dated April 26, 1991.
7. Smirnova L.B., Avsievich A.V., Tonina D.A., Fateev V.A. K voprosu sovershenstvovaniya avtomatizirovannykh sistem kontrolya mekhanicheskikh parametrov strelochnogo perevoda [On the question of improvement of automated control systems of mechanical parameters of the switch]. *Nauka i obrazovanie transportu* [Science and education for transport], 2019. No. 1. Pp. 340–344.
8. Rybkin V.V., Kalenik K.L. Sovershenstvovanie metodiki kontrolya polozheniya v plane strelochnykh perevodov [Improvement of the methodology of controlling the position in the plan of railroad switches]. Khabarovsk, 2011. Pp. 98–106.
9. O provedenii opytnoi ekspluatatsii avtomatizirovannykh putevykh shablonov dlya izmereniya geometricheskikh parametrov rel'sovoi kolei zheleznodorozhnogo puti i strelochnykh perevodov s peredachei dannykh v EK ASUI na poligone Oktyabr'skoi direksii infrastruktury, rasporyazhenie OAO «RZhD» No. TsDI-402/r ot 06 aprelya 2018 g. [On the pilot operation of automated gauge templates for measuring the geometric parameters of the railway track gauge and switches with data transmission to EKASUI at the site of the October Infrastructure Directorate, the order of OAO “Russian Railways” No. CDI-402/r of 06.04.2018].
10. Atlas M.B. *Stend kontrolya putevykh shablonov* [Gauge template control stand]. Patent for the invention RU 2114949 C1, July 10, 1998. Application No. 97101419/28 dated January 30, 1997.
11. Statischeckaya ekspozitsiya. Naturnye obraztsy [Static exposition. Full-scale samples]. *Zheleznodorozhnyi transport* [Railway transport], 2019. No. 10. Pp. 40–58.
12. Goncharov I.N., Shepokhnyov A.R., Grodetskii Yu.A. *Mnogofunktsional'nyi elektronnyi putevoi shablon* [The multifunctional electronic gauge template]. Patent for the invention RU 2687537 C1, 14.05.2019. Application no. 2018127972 dated July 30, 2018.
13. Afanas'ev L.A., Kovalyov A., Safin V.G. et al. *Puteizmeritel'nyi shablon s izmeritel'noi karetkoi* [The gauge measuring template with a measuring carriage]. Utility model patent RU 186438 U1, 21.01.2019. Application no. 2018141177 dated November 22, 2018. Authors:
14. Klassifikator defektov i povrezhdenii elementov strelochnykh perevodov, utverzhden Rasporyazheniem OAO «RZhD» ot 16 avgusta 2012 g. No. 1653r. [Classifier of defects and damages of switch elements, approved by the Order of OAO “Russian Railways” dated August 16, 2012 No. 1653r].
15. Chebotaryova E.A. Kontseptsiya sozdaniya kompleksnoi tsifrovoi otsenki sostoyaniya stantsionnoi infrastruktury [The concept of creating a comprehensive digital assessment of the state of the station infrastructure]. *Al'manakh mirovoi nauki* [The Almanac of World Science], 2018. No. 5 (25). Pp. 46–52.
16. Sedyolkin Yu.A., Atapin V.V. Metodologiya URRAN dlya opredeleniya predotkaznogo sostoyaniya infrastruktury [The methodology of URRAN of determining the pre-failure state of infrastructure]. *Put' i putevoe khozyaistvo* [Railway track and track facilities], 2015. No. 3. Pp. 8–11.
17. Sedyolkin Yu.A., Atapin V.V. Novye gorizonty tekhnologii URRAN [New horizons of the URRAN technology]. *Put' i putevoe khozyaistvo* [Railway track and track facilities], 2015. No. 8. Pp. 103–105.
18. Atapin V.V., Atapina N.A. Upravlenie riskami pri otsenke sostoyaniya besstykovogo puti [Risk management in the evaluation of continuous welded rails]. *Put' i putevoe khozyaistvo* [Railway track and track facilities], 2019. No. 9. Pp. 20–24.

Информация об авторах

Атапин Виталий Владимирович – канд. техн. наук, доцент кафедры пути и путевого хозяйства, Самарский государственный университет путей сообщения, ведущий инженер методико-технологического департамента Научно-производственного центра информационных и транспортных систем, г. Самара, e-mail: vitap88@rambler.ru; atapin@infotrans-logistic.ru

Чекин Артем Анатольевич – старший преподаватель кафедры пути и путевого хозяйства, Самарский государственный университет путей сообщения, ведущий инженер методико-технологического департамента Научно-производственного центра информационных и транспортных систем, г. Самара e-mail: chekin@infotrans-logistic.ru

Баширов Артур Васильевич – факультет Строительства железных дорог и информационных технологий, Самарский государственный университет путей сообщения, г. Самара, e-mail: artur-bashirov-98@mail.ru

Information about the authors

Vitalii V. Atapin – Ph.D. in Engineering Science, Senior Lecturer of the Subdepartment of Railway Track and Railway Equipment, Samara State Transport University, lead engineer of the methodical and technological department of INFOTRANS, Samara, e-mail: vitap88@rambler.ru; atapin@infotrans-logistic.ru

Artyom A. Chekin – lector of the Subdepartment of Railway Track and Equipment, Samara State Transport University, lead engineer of the methodical and technological department of INFOTRANS, Samara, e-mail: chekin@infotrans-logistic.ru

Artur V. Bashirov – student of the Subdepartment of Construction of Railway Tracks and Unformation Technology, Samara State Transport University, Samara, e-mail: artur-bashirov-98@mail.ru

DOI 10.26731/1813-9108.2021.2(70).138-145

УДК 621.332

Анализ повреждений токоприемников электроподвижного состава и модернизация систем контроля разрегулировки опор контактной сети

С. Ф. Амиров✉, Т. Н. Бадретдинов, И. Н. Баянов

Ташкентский государственный транспортный университет, г. Ташкент, Республика Узбекистан

✉ amirovsf@bk.ru

Резюме

Повышенные скорости движения и увеличение грузопотока на электрифицированных железных дорогах предъявляют высокие требования ко всей инфраструктуре, в том числе и к устройству контактной сети. Она как раз и является зачастую наиболее уязвимым элементом системы тягового электроснабжения. Это связано с тем, что наравне с воздействием климатических и природных явлений, сложных технических условий эксплуатации, она подвергается различным электрическим влияниям, а так как этот элемент электрифицированных железных дорог не имеет резерва ее основных компонентов, то к ней и предъявляются повышенные технические требования. В данной статье рассмотрена задача поиска наиболее рационального способа контроля состояний устройств контактной сети и определение их «слабых мест» в эксплуатации при совмещенном движении различных типов поездов. Проведен анализ нарушений контактной сети на основе теории Парето, определены наиболее частые виды нарушений устройств контактной сети, приведен краткий научный обзор имеющихся наработок по контролю разрегулировки железобетонных опор контактной сети. Также разработан алгоритм обработки полученных данных с измерительных датчиков для определения максимального угла отклонения опорных конструкций контактной сети. В предложенном способе измерения угла наклона опор, влияние конусности железобетонных стоек опор на точность измерений отсутствует. Методика исследования базируется на сборе и обработке исходных данных в целях поиска рационального решения вопроса диагностики устройств контактной сети.

Ключевые слова

железнодорожный транспорт, контактная сеть, опора контактной сети, диагностика контактной сети, диаграмма Парето, угол наклона железобетонных опор, разрегулировка

Для цитирования

Амиров С.Ф. Анализ повреждений токоприемников электроподвижного состава и модернизация систем контроля разрегулировки опор контактной сети / С. Ф. Амиров, Т. Н. Бадретдинов, И. Н. Баянов // Современные технологии. Системный анализ. Моделирование. – 2021. – № 2 (70). – С. 138–145. – DOI: 10.26731/1813-9108.2021.2(70).138-145

Информация о статье

поступила в редакцию: 17.03.2021, поступила после рецензирования: 01.04.2021, принята к публикации: 11.04.2021

Analysis of damage of electric stock current collectors and modernization of catenary support misalignment control systems