

В результате проведённых исследований выявлено, что мешает переходу железнодорожной отрасли к четвёртой индустриальной революции в области применения IoT:

а) дороговизна акселерометров, затрудняет применение датчиков ускорения на протяжении всего железнодорожного пути, что делает необходимым разработку сенсоров с низкой себестоимостью в производстве и эксплуатации;

б) отсутствие локальных источников питания не требующих обслуживания в длительные периоды времени, что делает актуальным разработку необслуживаемых высокой ёмкости источников энергии или альтернативных источников энергии, совместимых с эксплуатационными требованиями железнодорожной отрасли;

в) отсутствие полного покрытия железной дороги системами передачи данных для сбора информации с датчиков, что делает актуальными разработку и внедрение систем передачи данных, совместимых с железнодорожной инфраструктурой.

В перспективе внедрение технологии IoT для непрерывного мониторинга железнодорожного пути поможет не только контролировать текущее состояние пути, но и на основании полученных данных проводить его оценку состояния на базе моделей, например, проводить расчёт остаточного ресурса железнодорожного полотна, прогнозировать сроки ремонта и т. д. Другими словами, внедрение IoT делает возможным переход от планового содержания пути к содержанию пути по состоянию с учётом его фактического износа.

#### Список литературы

1 Суслов, О. А. Цифровые двойники-перспективная основа планирования технического обслуживания железнодорожного пути / О. А. Суслов, В. И. Федорова // Наука 1520 ВНИИЖТ: Загляни за горизонт : сб. материалов науч.-практ. конф. АО «ВНИИЖТ», Российская Федерация, Щербинка, 26–27 августа 2021 года / АО «Научно-исследовательский институт железнодорожного транспорта». – Щербинка : ВНИИЖТ, 2021. – С. 184–192.

2 Суслов, О. А. Перспективные подходы к прогнозируемому моделированию деградационных процессов элементов верхнего строения пути и их применение при создании цифровых двойников / О. А. Суслов, В. И. Федорова // Вестник научно-исследовательского института железнодорожного транспорта. – 2021. – Т. 80, № 5. – С. 251–259. – DOI : 10.21780/2223-9731-2021-80-5-251-259.

3 Трифонова, Н. В. Система сбора и обработки данных динамических параметров пути / Н. В. Трифонова, Н. А. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы II Всероссийской науч.-практ. конф., Самара, 26–27 марта 2020 г. – Самара : СамГУПС, 2020. – С. 84–88.

4 Авсиевич, Н. А. Измерительный комплекс регистрации и первичной обработки ускорений / Н. А. Авсиевич // Мехатроника, автоматизация и управление на транспорте : материалы III Всероссийской науч.-практ. конф., Самара, 26–27 января 2021 г. – Самара : СамГУПС, 2021. – С. 16–19.

5 Авсиевич, А. В. О возможности стационарных систем измерения просадки железнодорожного пути / А. В. Авсиевич, В. В. Авсиевич, Н. А. Авсиевич // Вестник СамГУПС. – 2021. – № 4 (54). – С. 68–74.

6 Авсиевич, А. В. Определение напряженно-деформированного состояния элементов железнодорожного пути на основе измерения ускорений и математического моделирования / А. В. Авсиевич, Д. В. Овчинников // Вестник транспорта Поволжья. – 2022. – № 1 (91). – С. 34–42.

7 Railway track stress-strain analysis using high-precision accelerometers / A. Avsievich, V. Avsievich, N. Avsievich [et al.] // Applied Sciences (Switzerland). – 2021. – Vol. 11, no 24. – DOI : 10.3390/app112411908.

8 Перспективные технологии эффективной эксплуатации подвижного состава и железнодорожного пути / А. В. Авсиевич [и др.]. – Самара : СамГУПС, 2021. – 175 с.

УДК 625.143.482

## ПРЕДЛОЖЕНИЯ ПО КОНТРОЛЮ ЗА СОСТОЯНИЕМ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

*В. В. АТАПИН*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

В современном мире железнодорожный транспорт является ключевым звеном в сфере мировых экономических отношений. Его динамичное развитие и эффективное функционирование – необходимые условия достижения устойчивых темпов развития, обеспечения экономической целостности и безопасности любой страны, повышения уровня жизни людей.

Важную роль в достижении указанных показателей играет бесстыковая путь. Данная конструкция является преобладающей в большинстве стран мира и обладает рядом преимуществ по сравнению со звеньевой:

- повышение плавности движения поездов;
- повышение комфортабельности движения поездов;
- улучшение показателей динамического взаимодействия пути и подвижного состава и др.

Несмотря на это, в процессе эксплуатации конструкция бесстыкового пути требует особого внимания и повышенной бдительности. Более того, анализ нарушений в области безопасности движения поездов по причине происходящих выбросов бесстыкового пути говорит о том, что количество зафиксированных случаев не уменьшается и требует проведения новых исследований и предложений по контролю за его состоянием. Данный факт обусловлен тем, что, в отличие от звеньевой конструкции, бесстыковой путь является температурно-напряженным, в котором действуют значительные продольные усилия, вызываемые изменениями температуры. В результате при повышении температуры рельсовых плетей, по сравнению с температурой их закрепления, возникают продольные силы сжатия, создающие опасность выброса пути. При понижении температуры появляются растягивающие силы, которые могут вызвать излом плети и образование большого зазора.

Существенными факторами, влияющими на состояние бесстыкового пути, являются угон рельсовых плетей и состояние бесстыкового пути в плане. Немаловажную роль играют факторы, которые характеризуют удерживающие свойства рельсошпальной решетки:

- состояние рельсовых скреплений;
- состояние ширины плеча балластной призмы;
- заполняемость шпальных ящиков;
- наличие отрясенных и неподбитых шпал, особенно «выплесков» пути.

Первую группу факторов можно считать основной, косвенно отвечающей за температурный режим работы рельсовых плетей. Как правило, контроль за угоном рельсовых плетей осуществляется по смещению контрольных сечений рельсовой плети относительно «маячных» шпал.

Для контроля состояния бесстыкового пути в плане была разработана методика, основанная на отслеживании изменения кривизны рельсовых плетей в «выбросоопасном» диапазоне во времени [1, 2]. Согласно данной методике оценка состояния бесстыкового пути в плане осуществляется на основе динамики изменения температурного эквивалента, учитывающего рост кривизны рельсовых плетей в «выбросоопасном» диапазоне. Существенное изменение (рост) величины температурного эквивалента свидетельствует о наличии температурных напряжений в рельсовых плетях, нарушении температурного режима их работы. Зачастую данный рост не коррелирует с изменениями, которые происходят по параметру «рихтовка».

На рисунке 1 представлен наглядный пример анализа изменения кривизны рельсовых плетей в диапазоне 6–9 м на одном из участков схода подвижного состава по причине выброса. Из представленных графиков видно, что на исследуемом участке схода наблюдался существенный рост кривизны, указывающий на наличие температурных напряжений и требующий проведения работ по разрядке напряжений. При анализе изменения по параметру «рихтовка» за полугодовой период наблюдались следующие нарушения: январь – март – отсутствие отступлений; апрель (контрольная проверка) – рихтовка II степени на длине 25 м 18 мм; май (контрольная проверка) – рихтовка II степени на длине 24 м 19 мм; июнь (рабочая проверка) – рихтовка II степени на длине 21 м 21 мм; июнь (контрольная проверка) – две рихтовки II степени на длине 24 м 29 мм и на длине 30 м 16 мм.

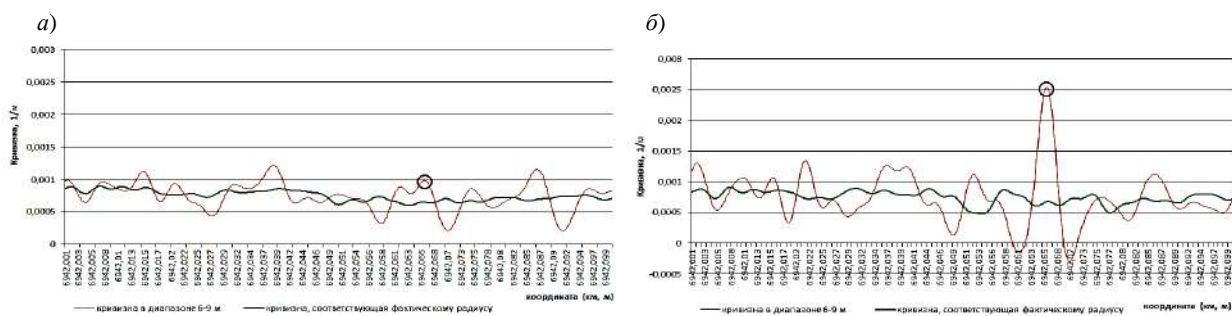


Рисунок 1 – Изменение кривизны рельсовых плетей в «выбросоопасном» диапазоне:  
а – январь; б – июнь (до момента схода)

Таким образом, разработанная методика контроля состояния бесстыкового пути в плане позволяет заблаговременно выявлять участки, которые имеют нарушения температурного режима работы и представляют высокую опасность выброса [3, 4].

В настоящее время данная методика не учитывает изменений температуры рельсовой плети в момент измерения кривизны, что, по мнению автора, может существенно дополнить и повысить достоверность определения опасных участков (рисунок 2). Кроме того, её учет может стать основанием для нахождения корреляционных связей между изменением кривизны рельсовых плетей, температурного эквивалента и температуры закрепления с целью последующего контроля температурно-напряженного режима работы рельсовых плетей:

$$t_{\phi} = f(\Delta t_{пл}; t_3; t_p).$$

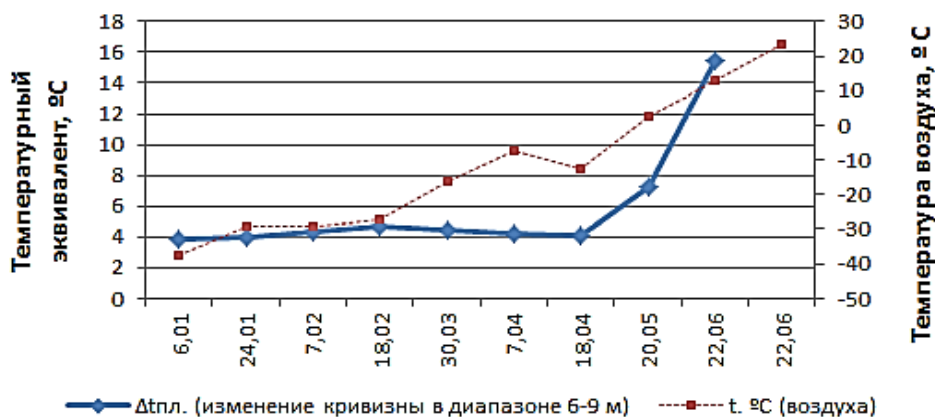


Рисунок 2 – Изменение кривизны рельсовых плетей с учетом температуры воздуха

#### Список литературы

- 1 **Ершов, В. В.** Новые подходы к оценке состояния бесстыкового пути / В. В. Ершов, В. В. Атапин, О. А. Суслов // Путь и путевое хозяйство. – 2018. – № 2. – С. 6–11.
- 2 **Атапин, В. В.** Новые подходы к оценке состояния бесстыкового пути в плане / В. В. Атапин // Вестник транспорта Поволжья. – 2017. – № 3 (63). – С. 54–63.
- 3 Monitoring and Evaluation of the Lateral Stability of CWR Track / V. Atapin [et al.] // Journal of Failure Analysis and Prevention. – 2021. – DOI : 10.1007/s11668-021-01307-3.
- 4 **Атапин, В. В.** Управление рисками при оценке состояния бесстыкового пути / В. В. Атапин, Н. А. Атапина // Путь и путевое хозяйство. – 2019. – № 5. – С. 20–24.

УДК 625.143.543, 625.171, 625.172

## ОБЕСПЕЧЕНИЕ БЕЗОПАСНОСТИ ДВИЖЕНИЯ ПОЕЗДОВ С ПРИМЕНЕНИЕМ РЕТРОСПЕКТИВНОГО АНАЛИЗА СОСТОЯНИЯ ГЕОМЕТРИИ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ

*В. В. АТАПИН, А. С. НЕЧУШКИН*

*Самарский государственный университет путей сообщения, Российская Федерация*

Железнодорожный путь состоит из элементов верхнего и нижнего строения пути. В случае выхода одного из элементов пути последствия могут быть необратимыми, вплоть до схода подвижного состава с рельсовой колеи. С увеличением установленных скоростей и грузонапряженности возникает ряд острых вопросов, связанных с обеспечением безопасного пропуска движения поездов.

Безопасность движения поездов во многом зависит от проектного положения пути в плане и профиле. Для обеспечения мониторинга состояния железнодорожного пути применяют различные средства диагностики, с которых поступает большой объём диагностических данных.

Основным параметром для определения состояния железнодорожного пути является геометрия рельсовой колеи. Параметры геометрии рельсовой колеи характеризуют положение рельсовых нитей в профиле, плане, по уровню и по ширине колеи.

К дополнительным параметрам для определения состояния железнодорожного пути можно отнести: