

УДК 625.1

В. В. РОМАНЕНКО, Белорусский государственный университет транспорта, г. Гомель; А. А. ЦЕНЯН, ГП «Институт "Белжелдорпроект"», В. Д. МАКАРЕВИЧ, Транспортное РУП «Минское отделение Белорусской железной дороги»

ОСОБЕННОСТИ, ТЕНДЕНЦИИ И ФАКТОРЫ, ВЛИЯЮЩИЕ НА МЕТОДОЛОГИЮ УПРАВЛЕНИЯ СОСТОЯНИЕМ БЕССТЫКОВОГО ПУТИ

Существующие условия эксплуатации объектов инфраструктуры на Белорусской железной дороге связаны с применением автоматизированной системы комплексной диагностики объектов инфраструктуры АСКД-И «ЭКСПЕРТ». Информация, получаемая с диагностических средств, является основной базой различных приложений, позволяющих оценить предотказные состояния геометрии рельсовой колеи, бесстыкового пути и земляного полотна. Вагоны-путеизмерители систематически обследуют, контролируют состояние и формируют комплексную оценку качества содержания и ремонта объектов с разработкой рекомендаций и мероприятий по обеспечению их эксплуатационной надежности. Мониторинг предоставляемой информации дает возможность осуществлять контроль за устранением дефектов и неисправностей, предписывать мероприятия и условия для их устранения.

Введение. На работу путевого хозяйства оказывает влияние ряд внешних и внутренних факторов, которыми на сегодняшний день обусловлена система организации текущего содержания железнодорожного пути (ТСП), включая проведение механизированных планово-предупредительных работ [1]. Оптимизация системы производится за счет совершенствования технологических процессов работы, применения ресурсосберегающих технологий, позволяющих при безусловном обеспечении надежного уровня безопасности движения поездов снизить трудо- и ресурсоемкость содержания путей [2].

Внедрение новых современных методических и аналитических подходов опирается на изменения условий эксплуатации железнодорожных путей, а именно повышение скоростей движения поездов и снижение грузонапряженности линий. Указанные факторы, а также наличие участков с просроченным ремонтом предполагает внесение периодических изменений в подходы к планированию ремонтных работ. Однако кроме работ, которые возможно запланировать, выполняют еще и неотложные (либо первоочередные), определяемые диагностикой геометрических параметров рельсовой колеи.

Еще одним фактором, влияющим на развитие системы ведения путевого хозяйства, является различие в сроках службы элементов верхнего строения пути, что также сказывается на планировании ремонтов и ТСП.

Внедрение на Белорусской железной дороге автоматизированной системы комплексной диагностики объектов инфраструктуры АСКД-И «ЭКСПЕРТ» позволяет формировать ряд отчетных документов, определяющих реальное положение бесстыкового пути исходя из комплексного показателя предотказного состояния.

АСКД-И «ЭКСПЕРТ» предназначена для сбора и накопления данных, получаемых с помощью вагонов-путеизмерителей, последующей обработки и аналитики показателей состояния объектов инфраструктуры для реальной оценки фактических геометрических параметров, а также планирования путеремонтных работ на их основе.

Таким образом, АСКД-И «ЭКСПЕРТ» является информационной базой для адресного планирования и назначения работ различного уровня с целью предупреждения наступления предотказного и неработоспособного состояний пути.

Обеспечение безопасности движения поездов в зависимости от состояния пути. Функциональные возможности АСКД-И «ЭКСПЕРТ» заключаются в автоматизации мониторинга за изменениями состояния геометрии рельсовой колеи с течением времени, планирования путеремонтных работ, контроля качества выполненных работ, а также оценки эффективности использования ресурсов и денежных средств, вложенных в ремонты и ТСП (согласно категориям пути, грузонапряженностям, установленным скоростям движения поездов и т. п.).

Жизненный цикл железнодорожного пути как любого из объектов предполагает различные стадии, которые сменяются с течением времени из-за нарастающих изменений в геометрии рельсовой колеи и ослаблении промежуточных скреплений.

Для оценки уровня безопасности пропуска поездов согласно [3] определяют следующие состояния:

- «исправное», характеризующееся отсутствием отступлений от норм и допусков его устройства и содержания;
- «работоспособное», которое, в отличие от предыдущего, допускает отклонения при условии обеспечения установленных скоростей;
- «частично работоспособное», характеризующееся наличием различных неровностей, размеры которых не превышают предельных значений на отдельных участках пути, но способны при этом вызвать ограничение скорости движения; устранение отступлений в плановом порядке;
- «предотказное» – наличие неровностей, которые по своим значениям близки к предельным, но не превышают порога возникновения отказа; накопление остаточных деформаций, которые ухудшают плавность движения поездов, что может привести к ограничению скорости движения поездов;
- «неработоспособное»; которое по наличию отступлений требует ограждения сигналами остановки до восстановления работоспособности участка пути.

Методика по контролю и оценке состояния бесстыкового пути. Одним из аналитических приложений АСКД-И «ЭКСПЕРТ» в части диагностики, оценки и мониторинга бесстыкового пути является приложение «Комплексный анализ предотказного состояния бесстыкового пути» КАПС БП.

На основе данных, получаемых по результатам проходов путеизмерительных средств диагностики, которые оборудованы подсистемами контроля устойчивости бесстыкового пути, для оценки устойчивости плетей температурно-напряженного типа с помощью КАПС БП определяется комплексный показатель предотказного состояния K_k [4]. Этот показатель характеризуется наличием температурных напряжений в плетях и является функцией, зависящей от ряда факторов:

$$K_k = f(K_{ут}; K_{пл}; K_{скр}; K_{бал.пр}; K_{неп.пл}; K_{зап.пл}). \quad (1)$$

Факторами, которые учитываются в функции (1), являются коэффициенты предотказного состояния, характеризующие устойчивость бесстыкового пути:

- при наличии угона рельсовых плетей ($K_{ут}$);
- в плане ($K_{пл}$);
- при нарушении состояния рельсовых скреплений ($K_{скр}$);
- при нарушении ширины плеча балластной призмы ($K_{бал.пр}$);
- при недозаполнении шпальных ящиков ($K_{неп.пл}$);
- при недозаполнении шпальных ящиков ($K_{зап.пл}$).

Для определения состояния пути, а также назначения мероприятий и сроков для исправления отступлений определенный K_k сравнивается с оценочными критериями в зависимости от установленных скоростей ($v_{уст}$), приведенными в таблице 1.

Таблица 1 – Оценочные критерии значений K_k

Исправное	Работоспособное	Значение показателя				Неработоспособное
		Частично работоспособное		Предотказное		
		$v_{уст} \leq 140$ км/ч	$v_{уст} > 140$ км/ч	$v_{уст} \leq 140$ км/ч	$v_{уст} > 140$ км/ч	
Менее 1,5	От 1,5* до 2,0	От 2,0* до 3,0	От 2,0* до 2,5	От 3,0* до 5,0	От 2,5* до 5	5 и более

* Включительно.

По результатам расчета K_k в приложении КАПС БП формируется следующая выходная информация:

- матрица ранжирования по комплексной оценке предотказного состояния бесстыкового пути;
- сводная ведомость по результатам комплексной оценки;
- оценка состояния бесстыкового пути по неподбитым шпалам;
- динамика развития комплексного показателя во времени.

Параметрическая оценка состояния бесстыкового пути. По результатам анализа сводной ведомости и комплексной оценки бесстыкового пути Минской дистанции пути за февраль 2022 года определено количество пикетов (рисунок 1), где показатель K_k превышает величину 2,0 (см. таблицу 1).



Рисунок 1 – Распределение пикетов согласно комплексной оценке предотказного состояния бесстыкового пути

Из пяти выделяемых состояний в данной ведомости учитываются частично работоспособное, предотказное и неработоспособное. Из диаграммы видно, что пикеты с оценкой состояния как «неработоспособное» в границах Минской дистанции пути отсутствуют.

Общее количество пикетов, в пределах которых состояние хуже «работоспособного», зафиксировано на 41-м пикете. На оценку состояния весомо влияет такой фактор, как план линии ($K_{пл}$), то есть положение рельсовых нитей в горизонтальной плоскости. Согласно системе оценки состояния рельсовой колеи и меры по обеспечению безопасности движения поездов по показаниям путеизмерительных вагонов [5] оценка рихтовок дается по каждой рельсовой нити в отдельности.

Путь в плане представляет собой прямолинейные и криволинейные участки пути, что непосредственно влияет на геометрические положения рельсовых нитей. В свою очередь, состояние кривых в плане зависит от величины радиуса. Как видно из рисунка 2, большая часть пикетов, приходящаяся на криволинейные участки пути, где состояние пути определено как частично работоспособное и предотказное, диагностирована на кривых с радиусом от 451–650 м.

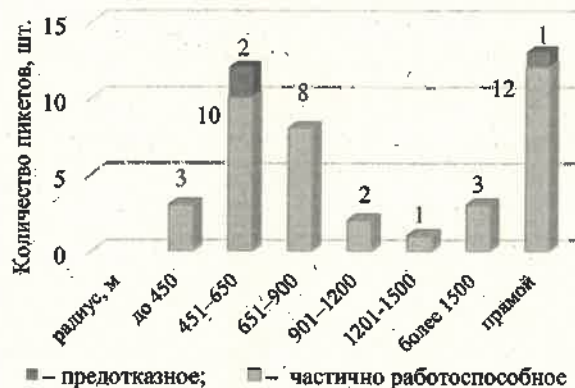


Рисунок 2 – Распределение количества пикетов с показателем $K_k > 2,0$ на прямых и криволинейных участках в зависимости от радиуса

Показателем K_k от 2,0 до 4,0 состояние определяется как частично работоспособное, в то время как на одном пикете $K_k > 2,8$ и на четырех – $K_k > 2,9$, а именно пикет с $K_k = 2,85$ находится в кривой радиусом 565 м, два пикета с $K_k = 2,98$ – в кривой радиусом 660 м и два – в прямолинейном участке (K_k соответственно равен 2,96 и 2,94).

Показателем от 3,0 до 5,0 состояние определяется как предотказное, из трех пикетов один ($K_k = 3,04$) расположен в прямолинейном участке, второй ($K_k = 3,13$) – в кривой радиусом 600 м, третий ($K_k = 3,49$) – радиусом 645 м.

Таким образом максимальная величина показателя K_k для частично работоспособного состояния зафиксирована в кривой радиусом 660 м (2,98) и для предотказного (3,49) – радиусом 645 м.

Дальнейший анализ ведомости комплексной оценки показал, что на некоторых кривых частично работоспособное состояние зафиксировано неоднократно. Так, плеть, расположенная на 781 км, начинается на прямолинейном участке, продолжается в кривой радиусом 625 м и заканчивается прямолинейным участком. В этой кри-

вой показатель $K_k > 2,0$ определен трижды – по одному на каждый элемент плана.

Рельсовая плеть (787 км) расположена в кривой радиусом 660 м, в пределах которой $K_k > 2,0$ определен дважды и т. д.

Анализ мероприятий, направленных на возобновление работоспособности бесстыкового пути. На современном этапе эксплуатации бесстыкового пути приложение КАПС БП является приоритетным ввиду возможности обладать своевременной информацией о состоянии рельсовой колеи и ее мониторинга.

Мониторинг учитывает не только геометрическое положение рельсовой колеи, но и состояние рельсовых скреплений (оценивается соответствующим индексом, который зависит от типа скрепления и определяется разницей в ширине колеи, измеренной в сечениях с разной нагрузкой), состояние плеча балластной призмы и

степень заполнения шпальных ящиков (оценивается системой очертания верхнего строения пути), наличие неподбитых шпал (оценивается системой измерения геометрии рельсовой колеи). Все указанные показатели непосредственно связаны с условиями температурной работы бесстыкового пути. Температурная работа является основой жизненного цикла бесстыкового пути, так как температурой определяется длина плети, а соответственно, значения продольных температурных напряжений и возможность прогнозирования выброса. Изменение длины плетей контролируется величиной расхождения меток на «маячных» шпалах. Исходя из этого первоочередной работой, связанной с работоспособностью бесстыкового пути, является разрядка или регулировка температурных напряжений. Дальнейшие мероприятия зависят от степени неработоспособности (рисунок 3).

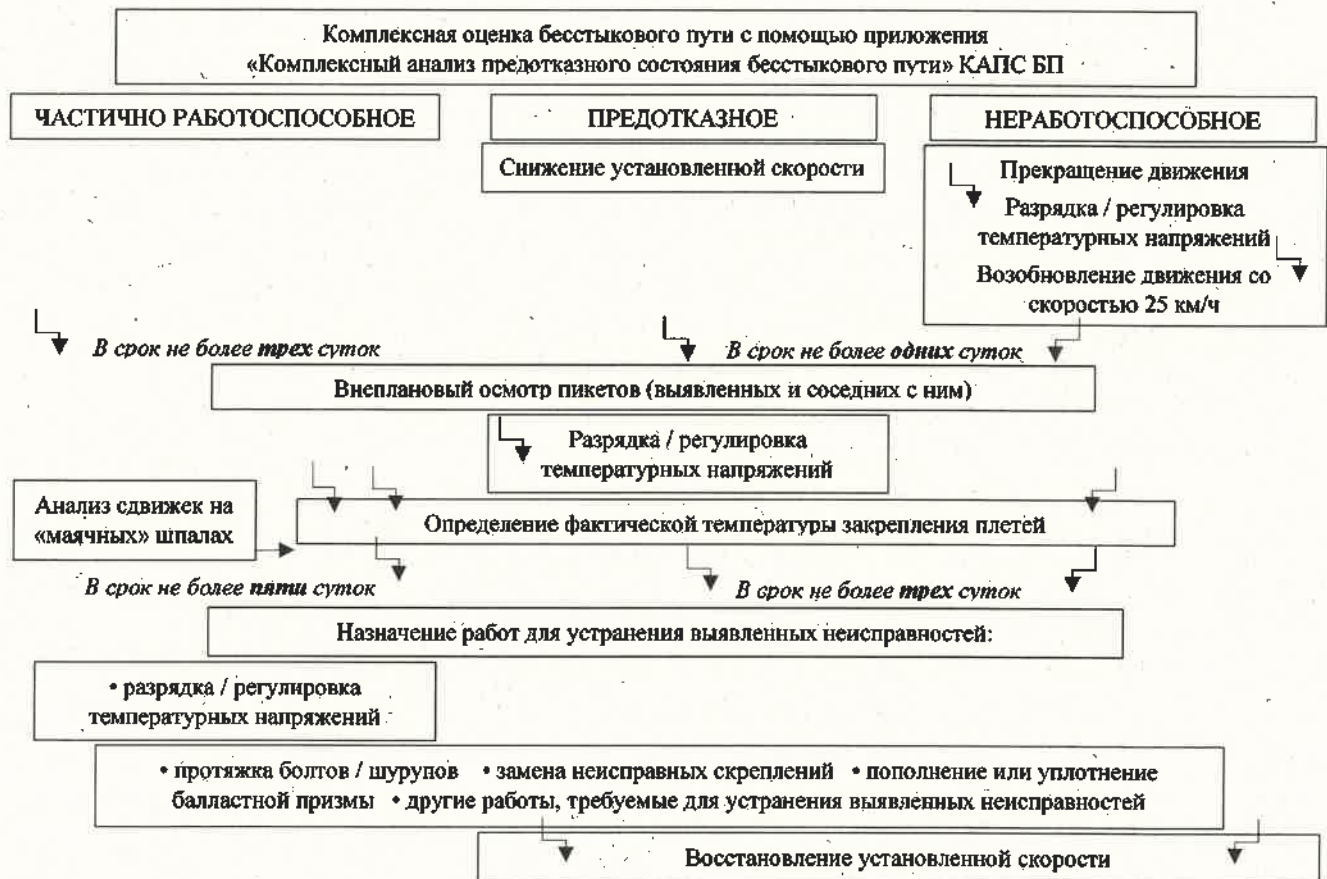


Рисунок 3 – Структура проведения мероприятий, направленных на возобновление работоспособности бесстыкового пути

Вывод. Исходя из изложенного при оценке устойчивости плетей бесстыкового пути учитываются данные, полученные при проходах диагностических средств, оборудованных следующими системами измерения:

- неровностей рельсовых нитей;
- сдвижек на «маячных» шпалах;
- геометрических размеров балластной призмы.

Помимо диагностирования состояния геометрических параметров конструкции пути для определения эксплуатационной надежности верхнего строения необходимо оценивать еще и нарушение расчетного напряженного состояния пути, которое может быть причиной нарушения устойчивости плети либо ее излома.

Так как в определении комплексного показателя предотказного состояния бесстыкового пути первоочередным является компонент, характеризующий устойчивость в плане, то большое внимание необходимо уделять криволинейным участкам пути с радиусами менее 650 м.

Для недопущения перехода пути из работоспособного состояния в частично работоспособное и далее необходимо при ТСП постоянно следить за затяжкой элементов скрепления, уровнем заполнения шпальных ящиков балластом, в том числе величиной плеча балластной призмы, степенью равнопрочности и равноупругости подшпального основания.

Список литературы

1 СТП БЧ 56.388–2018. Положение о системе ведения путевого хозяйства Белорусской железной дороги : утв. приказом зам. Нач. Бел. ж. д. от 17.12.2018 № 1072 НЗ. – Введ. 01.01.2019. – Минск : Белорусская железная дорога, 2018. – 27 с.

2 Об утверждении Концепции развития путевого хозяйства Белорусской железной дороги на 2022–2030 гг. : утв. приказом от 28.12.2021 № 404 Н. – Минск : Белорусская железная дорога, 2021. – 16 с.

3 Об утверждении Методики по расчету, оценке и прогнозу предотказного состояния рельсовой колеи : утв. приказом от 27.05.2019 № 473 НЗ. – Введ. 03.06.2019. – Минск : Белорусская железная дорога, 2019. – 18 с.

4 Об утверждении Методики по контролю и оценке состояния бесстыкового пути на основе данных, получаемых по результатам проходов путеизмерительных средств диагностики, оборудованных подсистемами контроля устойчивости бесстыкового пути : утв. приказом от 27.05.2019 № 471 НЗ. – Введ. 03.06.2019. – Минск : Белорусская железная дорога, 2019. – 34 с.

5 СТП БЧ 56.242-2012. Оценка состояния рельсовой колеи и меры по обеспечению безопасности движения поездов по показаниям путеизмерительных вагонов : утв. приказом зам. Нач. Бел. ж. д. от 20.12.2012 № 1290 НЗ. – Введ. 01.02.2013. – Минск : Белорусская железная дорога, 2013. – 42 с.

Получено 06.05.2022

V. V. Romanenko, A. A. Cenyana, V. D. Makarevich Features, trends and factors affecting the methodology of managing the condition of a seamless railway track.

The existing operating conditions of infrastructure facilities on the Belarusian Railway are associated with the use of the automated system of complex diagnostics of infrastructure facilities ASKD-I "EXPERT". The information obtained from diagnostic tools is the main base of various applications that allow us to assess the pre-failure conditions of the geometry of the rail track, the jointless track and the roadbed. Track measuring cars systematically inspect, monitor the condition and form a comprehensive assessment of the quality of maintenance and repair of facilities with the development of recommendations and measures to ensure their operational reliability. Monitoring of the information provided makes it possible to monitor the elimination of defects and malfunctions, prescribe measures and conditions for their elimination.