

## ОЦЕНКА ЗАВИСИМОСТИ РИСКОВ И УРОВНЯ ТРАВМАТИЗМА ОТ ПЕРИОДИЧНОСТИ КОНТРОЛЯ СОСТОЯНИЯ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ПУТИ



**В.П. Сычев**



**А.В. Сычева**

В статье анализируются нормативные документы ОАО «РЖД» на предмет влияния периодичности контроля железнодорожного пути на оценку рисков и уровень травматизма.

*Ключевые слова:* риски, травматизм, контроль, железнодорожный путь, вагон-путеизмеритель, отступления от норм

**Ж**елезнодорожный путь представляет собой объект повышенной опасности для пользователей услугами железнодорожного транспорта и работников, его эксплуатирующего. Под опасностью (опасным состоянием) будем понимать такое состояние железнодорожного пути, при котором создается опасность для здоровья и жизни потребителей услуг, железных дорог и работников, занятых на его обслуживании. Физическую опасность представляют движущийся подвижной состав и работающие на пути машины и механизмы. К опасным факторам, влияющим на здоровье людей, можно отнести: превышение уровня шума и вибрации, недостаточную освещенность рабочей зоны при работе на железнодорожном пути в ночное время, повышенную запыленность и загазо-

ванность рабочей зоны, возможное наличие радиоактивных веществ в засорителях, балласте, нервно-эмоциональное напряжение, тяжесть физического труда и др.

Под последствиями опасности будем понимать не только крушение, аварию, сход, но и превышение показателей, характеризующих состояние железнодорожного пути сверх установленных норм, например, появление отступления четвертой степени по показаниям путеизмерительного вагона, которое требует ограничения скорости на участке как предохранительная мера от аварии.

Под риском будем понимать частоту реализации опасностей, формируемых в процессе эксплуатации и обслуживания железнодорожного пути как соот-

---

**Сычев Вячеслав Петрович**, доктор технических наук, доцент, профессор кафедры «Транспортное строительство» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: создание новых технологий и технических средств для повышения эффективности технического обслуживания железнодорожного пути. Автор более 100 научных работ. Имеет 20 патентов на изобретения.

**Сычева Анна Вячеславовна**, кандидат технических наук, доцент кафедры «Здания и сооружения на транспорте» Российской открытой академии транспорта Российского университета транспорта (РОАТ РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: инженерное обеспечение строительства, инженерная геология. Автор 44 научных работ.

**Бестемьянов Петр Филимонович**, доктор технических наук, профессор кафедры «Автоматика, телемеханика и связь на железнодорожном транспорте», директор Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: обеспечение безопасности движения поездов, автоматизированное и автоматическое управление поездами. Автор более 120 научных работ. Имеет 38 патентов на изобретения.

**Филиппов Виктор Николаевич**, доктор технических наук, профессор, профессор кафедры «Вагоны и вагонное хозяйство» Института транспортной техники и систем управления Российского университета транспорта (РУТ (МИИТ)). Область научных интересов: экологическая безопасность, оценка рисков, парниковые газы, эксергетический анализ, обеспечение безопасности подвижного состава железных дорог, системы экологического менеджмента. Автор более 200 научных работ. Имеет 50 патентов РФ.

ношение числа возникновения опасных состояний объекта к общему числу потенциально опасных. Предположим, на железнодорожный путь для его обслуживания за год выходит один миллион человек, а количество зафиксированных травм составляет в год десять тысяч, тогда риск травмирования, как частота реализации опасностей составит  $10^{-3}$  в год [1–3].

Рассмотрим существующую систему текущего содержания железнодорожного пути по поддержанию его работоспособности, определяемую нормативными документами [4–6]. Функционально систему можно разделить на две взаимосвязанные подсистемы: мониторинг железнодорожного пути и управляющие воздействия на путь по поддержанию его работоспособности. В настоящее время создан широкий спектр диагностических средств, позволяющих, без присутствия человека на железнодорожном пути, получать и формировать информацию по оперативному выявлению неисправностей пути, оказывающих влияние на безопасность движения. Кроме того, средства диагностики способствуют качественной оценке содержания пути и планирования путевых работ, а также мониторинга оперативной информации об изменении состояния пути и формированию информации, необходимой для планирования работ по техническому обслуживанию пути и оценке качества работ по текущему содержанию пути. Также, для решения задач управления путевым хозяйством, средства диагностики позволяют накапливать в базах данных информацию о результатах мониторинга об изменениях состояния пути.

В ОАО «РЖД» применяются специализированные диагностические вагоны типа ЦНИИ-4, КВЛ-П, Интеграл, Эра, применение которых не требует присутствия человека на пути и использования ручных средств диагностики: измерительных тележек и переносных средств измерения, например, шаблонов [7;8].

Согласно [4;5] осмотры пути подразделяются:

- на натурные с применением ручных средств диагностики, подразумевающих личное присутствие человека на железнодорожном пути;
- на осмотры, не требующие личного присутствия человека на пути при сопровождении путеизмерительных и дефектоскопных автоматизированных вагонов, а также при проезде в локомотиве, хвостовом вагоне или дрезине.

Осмотры проводятся: специально назначенными контролерами состояния железнодорожного пути, а также лицами, осуществляющими или организующими выполнение работ по поддержанию железнодорожного пути в работоспособном состоянии, а именно:

монтерами пути, дорожными, мостовыми, тоннельными мастерами и мастерами по земляному полотну, начальниками участков, начальниками дистанций пути и их заместителями. Осмотры с присутствием человека на пути бывают: текущие, периодические, внеочередные, специальные, периодичность которых устанавливается ОАО «РЖД». Автоматизированные диагностические системы на базе специализированных вагонов (путеизмерители, дефектоскопы, путеобследовательские станции и т.д.) осуществляют контроль с периодичностью от 10 дней до месяца, а по искусственным сооружениям – до полугода. Результаты контроля состояния пути направляются в Единую корпоративную автоматизированную систему управления инфраструктурой (ЕК АСУИ) для долгосрочного хранения. В таблице 4.2 [4] приведены виды и сроки осмотров пути и специалистов, выходящих на путь с целью его осмотра, а именно:

- контролер состояния железнодорожного пути, самостоятельно осматривает путь, в ряде случаев совместно с электромехаником СЦБ;
- монтер пути, назначаемый на осмотр железнодорожного пути;
- обходчик искусственных сооружений;
- обходчик обвального участка;
- дежурный по переезду;
- операторы дефектоскопных и путеизмерительных тележек;
- дорожный мастер;
- мостовой (тоннельный) мастер;
- мастер по земляному полотну;
- начальник участка;
- начальник дистанции пути.

Соответственно, создается парадоксальная ситуация. С одной стороны активно внедряются автоматизированные диагностические средства с увеличением числа регистрируемых параметров, точности, скорости обработки информации и т.д. [7;8], разрабатываются ресурсосберегающие технологии контроля состояния пути этими средствами [9;10], интенсивно ведутся работы по снижению влияния человеческого фактора на оценку рисков и безопасности производственной деятельности на железнодорожном транспорте [11]. С другой стороны, число осмотров с участием человека на пути увеличивается, при этом введена новая должность контролера пути. Более того, не меняется периодичность прохода вагона-путеизмерителя, а фактически еще и уменьшается, так как кроме КВЛ-П отдельно эксплуатируется ВПС ЦНИИ-4. Аппаратно-программный комплекс ЦНИИ-4, сконструированный по принципу модуля, кроме оценки геометрических очертаний рельсовой

колеи по параметрам, определенным нормативными документами [6], призван осуществлять контроль визуальных параметров состояния пути, таких как:

- боковой износ рельсов;
- профиль головки рельса, наклон поверхности катания и подуклонки, длинные неровности в плане и профиле;
- ускорения в кузове вагона;
- визуализацию рельсовых стыков, зазоров;
- моделирование кривых, съемка плана и профиля главных и станционных путей, привязка к геометрическим координатам пути с помощью ГЛОНАСС/GPS, а формируемая база данных по кривым и износу позволяет автоматически выдавать задание вагону-лубликатору, рассчитывать оптимальный объем выгрузки балласта.

Тем не менее, при наличии такого рода технических средств железнодорожный путь осматривается чаще и большим количеством работников, выходящим на железнодорожные пути, повышая тем самым уровень травматизма на железной дороге. Фактически люди выходят на путь, чтобы вручную перепроверить показания автоматизированных диагностических средств, например [4] «Рельсовая колея осматривается, в том числе с помощью бинокля, на предмет выявления местных неровностей пути в профиле и плане, требующих устранения...». Или там же [4]: «Стыковые зазоры осматриваются сплошь. Для измерения зазоров используется металлический клин или универсальный шаблон модели 00316 с делениями, который заводится в зазор с внешней (не рабочей) грани головки рельсов на уровне средней ее части». Однако вагон-путеизмеритель измеряет и оценивает эти же параметры со скоростью до 80 км/ч. При этом, согласно требованиям нормативных документов ОАО «РЖД» дорожный мастер, а за ним и контролер должны перемерять металлическим клином зазоры «сплошь», то есть по всей контролируемой длине и смотреть в бинокль на путь, выявляя местные неровности, которые путеизмеритель записал и автоматически обработал.

Анализ уровней допустимого риска и показателей безопасности в качестве баланса между расходами на обеспечение и поддержание заданного уровня безопасности и ущербами от нарушения безопасности движения приведен иллюстративно на рис. 1 в виде схемы зависимости числа выявленных опасных ситуаций  $n$  и расходов на диагностику пути  $p$ . При анализе под опасными ситуациями понимали наличие отступлений от норм содержания пути, вызвавших ограничения скорости движения, а под расходами — число проверок участка, умноженное на количество работников, проводивших осмотр контролируемого участка.

Сплошная линия характеризует состояние на период 2000–2012 гг., штрихпунктирная — с 2016 по 2019 гг., то есть после принятия новой редакции инструкции по текущему содержанию пути.

График составлен на основе анализа дипломных и магистерских ВКР по профилю «Железнодорожный путь, изыскание и проектирование железных дорог». Анализ показал, что точка оптимума незначительно смещается в сторону увеличения числа выявленных опасных ситуаций при существенном увеличении количества осмотров пути. Статистический анализ, проведенный для других участков пути с разными эксплуатационными и техническими характеристиками, показал, что расходы на осмотры пути растут быстрее, чем количество выявляемых опасных ситуаций, причем в отдельных случаях число выявляемых опасных ситуаций снижалось при одновременном существенном увеличении расходов на осмотры. При этом следует отметить, что не учитывались расходы на накопление, обработку и анализ информации.

Тем не менее, допустимый уровень риска и показателей безопасности, при которых достигается баланс между расходами на обеспечение и поддержание заданного уровня безопасности и ущербами от нарушения безопасности не обеспечивается.

Представляя риск как вероятность потерь или как вероятность получить результат осмотра пути, отличный от допустимого, определяемого нормами содержания железнодорожного пути и рассматривая опасное состояние как обнаружение отступлений третьей и четвертой степеней, следует, что риском

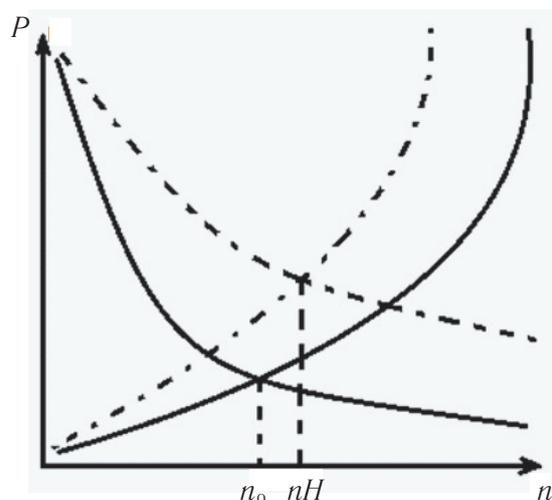


Рис. 1. Анализ расходов на осмотры пути и числа выявленных опасных ситуаций

будет служить появление отступления третьей, четвертой степеней между двумя соседними проходами вагона-путеизмерителя. Мера риска в этом случае есть соответствие события и последствия потерь от этого события.

Для анализа меры риска было выбрано несколько участков пути, информация о проверках которых выбиралась из ежемесячных отчетов дорожных путеизмерительных вагонов (ведомостей ПУ-32), а технические и эксплуатационные участки — из системы баз данных путевого хозяйства (ЕКАСУИ) [5;12]. Протяженность участков составляла от 30 до 180 км.

На рис. 2 приведен один из графиков, характеризующих динамику выявляемых на участке отступлений второй, третьей и четвертой степеней по результатам проходов вагона-путеизмерителя.

По оси абсцисс указано число проходов вагона-путеизмерителя, по оси ординат — среднее количество отступлений в штуках на один километр пути как сумма всех отступлений отдельно взятых второй, третьей и четвертой степеней на всем участке, деленная на число километров на участке. Точками указаны отступления вторых степеней, окружностью третьей и квадратом четвертой степеней. Аппроксимации подвергались только отступления вторых степеней, которые сглаживались линейной регрессией по известной формуле [13]:

$$f(x,b)=b_0+b_1x_1,$$

где  $b_1$  и  $b_0$  — параметры модели.

Отступления 3-й и 4-й степеней единичны и являлись выбросами случайного процесса, для которых уравнение регрессии не строилось в силу малого объема выборки. Как видно, интенсивность роста отступлений второй степени во времени (от числа проходов вагона-путеизмерителя) незначительна и выброс (отступление 3-й степени) случился для данного примера на 9-м контрольном проходе путеизмерительного вагона, а фактически согласно [5:6] — на 18-м. Практически отсутствует тенденция к увеличению или уменьшению количества отступлений. Анализ по величинам среднеквадратических отклонений (СКО) параметров, описывающих геометрию колеи, регистрируемых путеизмерительным вагоном, показал, что параметры за период эксплуатации оказались еще более стабильными, чем оценка километра по количеству выявленных отступлений. Это объяснимо тем, что оценка СКО в меньшей степени зависит от погрешностей измерений, которая присутствует при оценке километра по числу отступлений.

Таким образом, риск внезапного появления опасных ситуаций по обнаружению отступлений третьей и четвертой степеней в интервалы между проходами вагонов путеизмерителей непропорционален ожидаемым потерям, которые являются следствием этого события. Анализ применения нормативных документов, определяющих периодичность осмотров пути, количество должностных лиц, осуществляющих осмотр и используемых диагностических средств осмотра, показал неадекватность расходов и меры риска. Анализ иностранного опыта мониторинга состояния

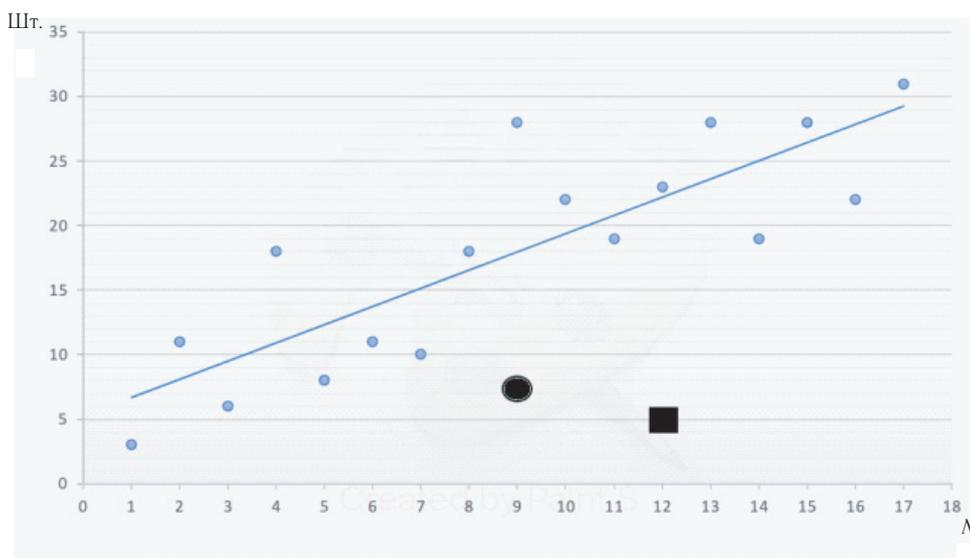


Рис. 2. Динамика выявленных отступлений по участку пути

железнодорожного пути показывает, что за рубежом налицо тенденция к уменьшению количества проверяющих и увеличению периодичности осмотров. При этом применение путеизмерительных средств нового поколения с автоматической оценкой состояния пути с возможностью формирования матрицы наблюдений за работой пути за длительный промежуток времени позволяет оценивать устойчивость эксплуатации железнодорожного пути и величину риска появления неисправностей железнодорожного пути [14–17].

Авторами предлагается уменьшить периодичность проверок за счет прогнозирования развития неисправностей рельсовой колеи; применения современных методов оценивания процессов, происходящих при взаимодействии колесо-рельс. В этом случае не только сократятся расходы на содержание инфраструктуры, но и снизится средний уровень за счет уменьшения персонала, выходящего на железнодорожный путь и автоматизации процессов производства путевых работ. 

## Литература

1. Метод оценки профессиональных рисков в структурных подразделениях железнодорожного транспорта / В.А. Аксенов, А.М. Завьялов, Ю.В. Завьялова, И.Н. Синякина // В сборнике Техносферная безопасность, надежность, качество, энерго- и ресурсосбережение. Материалы 21-й Международной научно-практической конференции. – Ростов-на-Дону: ДГТУ, 2019. – С. 88–94.
2. Оценка влияния человеческого фактора на надежность производственных процессов и технических систем железнодорожного транспорта / В.А. Аксенов, А.М. Завьялов, И.Н. Синякина, Ю.В. Завьялова // Наука и техника транспорта. – 2019. – №2. – С. 120–125.
3. Локтева, О.С. Нулевой травматизм и возможность его достижения в транспортной отрасли / О.С. Локтева, А.А. Локтев // Наука и техника транспорта. – 2020. – №2. – С. 87–93.
4. Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути, утверждённая распоряжением ОАО «РЖД» №2288р от 14.11.2016.
5. Положение о порядке контроля состояния главных и станционных путей путеизмерительными средствами. Распоряжение № 678 р от 7.04.2017.
6. Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности движения поездов, №ЦП-515 от 14.10.1997.
7. Кулешов, П.Н. Скоростные путеобследовательские станции ЦНИИ-4 / П.Н. Кулешов // Наука и транспорт. Модернизация железнодорожного транспорта. – 2013. – № 2(6). – С. 32–33.
8. Зензинов, Б.Н. Повышение эффективности диагностических комплексов Эра и Интеграл / Б.Н. Зензинов, Ю.Р. Трушина // Путь и путевое хозяйство. – 2013. – №2. – С. 2–6.
9. Мазов, Ю.Н. Ресурсосберегающая технология контроля пути мобильными средствами диагностики / Ю.Н. Мазов, В.И. Шишкин, В.П. Сычёв // Путь и путевое хозяйство 2018. – №7. – С. 7–9.
10. Тарабрин, В.Ф. Комплексование методов, разработка и внедрение систем диагностики рельсового пути / В.Ф. Тарабрин // Контроль. Диагностика. – 2018. – №9. – С. 30–47.
11. Аксенов, В.А. Повышение безопасности производственной деятельности на железнодорожном транспорте на основе снижения влияния человеческого фактора / В.А. Аксенов, А.М. Завьялов // В кн: Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества. Сборник тезисов докладов Международной научно-технической конференции «Гражданская авиация на современном этапе развития науки, техники и общества». – Москва, 16–17 мая 2018 года. – М.: Академия имени Н.Е. Жуковского, 2018. – С. 113.
12. Зензинов, Б.Н. Экспериментальная проверка моделей определения закономерностей появления отступлений в содержании рельсовой колеи в условиях неполной информации / Б.Н. Зензинов, П.В. Сычев, Ю.Р. Трушина // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. М. – 2018. – №13 (13). – С. 67–75.
13. Локтев, А.А. Статистические методы обработки результатов инженерных изысканий [Текст]: учебное пособие / А.А. Локтев, А.В. Сычева. – Москва: АИСнТ, 2017. – 175 с.
14. Исследование особенностей динамической реакции верхнего строения железнодорожного пути от подвижного состава на основе модели трансверсально-изотропной пластины на деформируемом основании / А.А. Локтев, А.В. Сычева, Е.В. Запольнова, В.П. Сычев, В.Г. Дмитриев // Проблемы машиностроения и автоматизации. – 2018. – №2. – С. 55–65.

15. Абдурашитов, А.Ю. Прогнозирование ресурса верхнего строения пути в процессе эксплуатации / А.Ю. Абдурашитов, П.В. Сычев // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. –2017. –Т.11, №11-11 (11). –С. 62–67.

16. Локтев, А.А. Прогнозирование развития отступлений от норм содержания рельсовой колеи до неисправности, влияющей на перевозочный процесс / А.А. Локтев, П.В. Сычев // Наука и техника транспорта. –2018. –№4. –С.17–26.

17. Оценка качества ремонтов пути на основе прогнозирования упругой осадки пути и минимизации затрат на после ремонтное текущее содержание / А.В. Сычева, А.Ю. Абдурашитов, П.В. Сычев, Н.В. Кузнецова // Внедрение современных конструкций и передовых технологий в путевое хозяйство. –2018. –№13(13). –С. 89–93.