

УДК: 004.5:378.1//625.173.1

# Оценка рисков путевого хозяйства по безопасности движения ОАО «РЖД»

## Assessment of the risks of the track facilities for the traffic safety of Russian Railways

**Коваленко Н.И.**, д.т.н., профессор, Российский университет транспорта,

E-mail: kni50@mail.ru, Москва, Россия

**Kovalenko N.I.**, DofSci.(Tech.), Professor, Russian University of Transport,

E-mail: kni50@mail.ru, Moscow, Russia

**Коваленко А.Н.**, менеджер, АО «Уголь-Транс»,

E-mail: alexnikkovalenko@gmail.com, Москва, Россия

**Kovalenko A.N.**, Manager, Transportation Organization JSC "Ugol-Trans",

E-mail: alexnikkovalenko@gmail.com, Moscow, Russia



### Аннотация

Факторным анализом риск-факторов и их последствий с точки зрения безопасности движения в подразделениях ОАО «РЖД» выявлено, что наиболее проблемным является состояние путевого хозяйства. Установлено, что наибольшая критичными являются величина пропущенного тоннажа или срока службы в годах, а также одиночный выход дефектных (остродефектных) рельсов. Также надо учитывать сверхнормативное количество дефектных узлов скреплений и негодных шпал, сверхнормативная протяженность пути с загрязненным балластом и протяженность участков пути с выплесками, другие неисправности. Проведенными исследованиями уровня риск-факторов на сети ОАО «РЖД» за 2021 год установлено, что в качестве мер реагирования рекомендуется в течение предстоящего года для 5-ти железных дорог (5-ти регионов) назначение капитального и других видов ремонта пути. Анализ транспортных происшествий на путях общего пользования в 2021 году показал, что одной из основных причин нарушений безопасности движения является нарушение технологии технического обслуживания пути, составившей порядка 40%.

**Ключевые слова:** транспорт, факторный анализ; пропущенный тоннаж; одиночный выход рельсов; риск-фактор; сверхнормативное количество неисправностей; коэффициент учета тяжести последствий.

### Abstract

A factor analysis of risk factors and the severity of their consequences indicates that one of the most problematic structural units in Russian Railways is the track facilities of railway transport. For example, in 2021 11 traffic accidents (10 crashes and 1 accident) were allowed on the infrastructure of the railway transport of the Russian Federation, of which 5 crashes (45%) were due to a violation of the technology for the maintenance and repairs of the railway track. It has been established that the highest degree of risk factor for track facilities is characterized by the value of missed tonnage or service life in years, as well as by a single exit of defective (sharply defective) rails. Additional criteria influencing the increase in risk factors in the field of traffic safety in the track facilities are the excess number of defective fasteners and unusable sleepers, the excess length of the track with polluted ballast and the length of track sections with splashes, and other malfunctions. The conducted studies of the level of risk factors on the network of JSC "Russian Railways" for 2021 found that it is recommended that over the coming year for 5 railways (5 regions) JSC "Russian Railways" the appointment of overhaul and other types of track repairs is recommended as a response measure. An analysis of traffic accidents on public tracks in 2021 showed that one of the main causes of traffic safety violations on the railway infrastructure is: a violation of track maintenance technology, which amounted to about 40%.

**Keywords:** factor analysis; missed tonnage; single rail outlet; risk factor; excessive number of faults; coefficient for accounting for the severity of consequences. >>>

## Введение

По отчетным данным в 2021 году на инфраструктуре железнодорожного транспорта Российской Федерации было допущено 11 транспортных происшествий (10 крушений и 1 авария), из которых 5 крушений (45%) были допущены по причине нарушения технологии текущего содержания и ремонтов железнодорожного пути.

Кроме того, в 2021 году было допущено 274 случая сходов и столкновений железнодорожного подвижного состава с другим железнодорожным подвижным составом, из которых 26% (каждый 4 случай) – по причине нарушения технического состояния элементов железнодорожного пути.

С целью упорядочивания методических подходов и введения единообразия по оценке событий, связанных с нарушениями безопасности движения в транспортном комплексе различных видов транспорта: железнодорожном, автомобильном, авиационном, речном, морском, трубопроводном и других, в Минтранс Российской Федерации разрабатываются типовые требования по формированию факторного анализа рисков в области безопасности движения [1, 2].

Для РФ железнодорожный транспорт является наиболее массовым видом, имеющим специфические особенности в системе организации перевозочного процесса, управления всех структур транспортного комплекса, влияния различных составляющих транспортного комплекса, учета технической и технологической специфики конструкций и объектов железнодорожного транспорта [1, 3, 4].

Для путевого хозяйства железных дорог РФ факторный анализ имеет целый ряд особенностей [5, 6, 7]. В частности, подлежат учету как линейно протяженные объекты в целом, например, верхнее строение железнодорожного пути, земляное полотно, водоотводные сооружения, полоса отвода и так далее, так и локально расположенные объекты, например, искусственные сооружения, переезды, стрелочные переводы и так далее, которые являются частью линейно протяженных объектов.

В настоящее время при подготовке и применению факторного анализа как инструмента по управлению рисками в области безопасности движения [8, 9, 10] на центральном, региональном, территориальном и линейном уровнях ОАО «РЖД», разработаны требования по формированию факторного анализа рисков в области безопасности движения поездов и маневровой работе.

## Материалы и методы

Основой факторного анализа являются «Типовые требования по формированию факторного анализа рисков в области безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД», утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» от 09.09.2022г. № 2349/р.

Статистический анализ параметров, или измеренные характеристики объектов, а также оценка производственных процессов, связанных с обеспечением безопасности движения за предыдущие периоды, в основном, служат базой экспертной оценки.

Таблица 1.  
Оценка риск-факторов, утвержденная распоряжением ОАО «РЖД» от 21.09.2011 № 2068р

Балл	Описание
5 – критический	Очень высокий уровень воздействия преобладающего фактора
4 – высокий	Существенное воздействие преобладающего фактора на возникновение события
3 – значительный	Значимое воздействие преобладающего фактора на возникновение события
2 – умеренный	Несущественное воздействие преобладающего фактора на возникновение события
1 – незначительный	Слабое воздействие преобладающего фактора на возникновение события
0 – без оценки	Отсутствует влияние фактора на возникновение события в прогнозном периоде

Риски, рассматриваемого риск-фактора, их контроль по параметрам, утвержденным ОАО «РЖД», по условиям возникновения идентифицированного рискового события, как правило, осуществляется на основании экспертной оценки по 5-ти бальной системе.

Оценка рассматриваемого риск-фактора (таблица 1) определяется «Ситуационным центром мониторинга и управления чрезвычайными ситуациями» по регламенту, утвержденному распоряжением ОАО «РЖД» от 21.09.2011 г. № 2068р и согласовывается с Департаментом безопасности движения.





Полученная оценка устанавливается по итогам прошедшего года и учитывается в течение всего последующего периода наблюдения (как правило, в течение последующего календарного года) в соответствии с разработанными стандартами и методиками анализа рисков, а также методов и инструментов аудита,

Показатель состояния безопасности движения при эксплуатации железнодорожного пути представляет собой суммарное отношение количества транспортных происшествий и сходов железнодорожного подвижного состава, допущенных по причине нарушения технологии текущего содержания и ремонтов железнодорожного пути, количество выявленных Госжелдорнадзором нарушений текущего состояния элементов железнодорожного пути при проведенных контрольных (надзорных) мероприятиях, протяженность участков пути со сверхнормативным выходом дефектных (остродефектных) рельсов в сумме за срок службы в среднем на участке, протяженность участков железнодорожного пути со сверхнормативным пропущенным тоннажем с учетом удельных коэффициентов к общей протяженности железнодорожных путей, на 1000 км железнодорожного пути (формула 1).

Критерии оценки рисков по верхнему строению пути:  
Основные критерии:

1. Пропущенный тоннаж или срок службы в годах.
2. Одиночный выход дефектных (остродефектных) рельсов в сумме за срок службы в среднем на участке ремонта, шт./км (кроме эксплуатационных дефектов). >>>

Таблица 2. Степени проявления риск-фактора\* для рассматриваемого объекта, например, дистанции пути (по основным и дополнительным критериям риска) в отчетном периоде более установленного норматива\*\*

Оценка уровня влияния риск-фактора на реализацию риска	Критерии (по диапазону уровня риск-фактора относительно норматива*)	Индикатор
<b>КРАЙНЕ ОПАСНО</b>	превышающий 20 до 25%	 красный
<b>ОЧЕНЬ ОПАСНО</b>	превышающий 15 не более 19,99%	 оранжевый
<b>ОПАСНО</b>	превышающий 5 не более 14,99%	 желтый
<b>НЕОПАСНО</b>	превышающий 1 до 4,99%	 зеленый
<b>БЕЗ ОЦЕНКИ</b>	0	Отсутствует влияние фактора на возникновение события в прогнозном периоде

**Примечания:**

\* – степени проявления риск-фактора установлены в соответствии с «Типовыми требованиями по формированию факторного анализа рисков в области безопасности движения на инфраструктуре ОАО «РЖД», утвержденными распоряжением ОАО «РЖД» от 09.09.2022 г. № 2349/р, введенные в действие 01 января 2023 г.

\*\* – количественные параметры критериев определяются «Правилами назначения ремонтов железнодорожного пути», утвержденными распоряжением ОАО «РЖД» 17.12.2021 г. № 2888/р, введенными в действие 29 апреля 2022 г.

Степени проявления риск-фактора для рассматриваемого объекта, например, пропущенный тоннаж или срок службы в годах в отчетном периоде более установленного норматива приведены в таблице 2.

Основным современным нормативным документом для установления параметров рассматриваемых факторов влияния основных и дополнительных критериев на возникновение рисков нарушения безопасности движения при эксплуатации железнодорожного пути являются «Правила назначения ремонтов железнодорожного пути», утвержденные распоряжением ОАО «РЖД» 17.12.2021 г. № 2888/р, введенные в действие 29 апреля 2022 г.

Дополнительные критерии:

- Наличие негодных узлов скреплений, шт. на 1 км пути;
- Наличие негодных шпал, шт. на 1 км пути;
- Протяженность пути с загрязненным балластом, шт. на 1 км пути;
- Протяженность участков пути с выплесками, шт. на 1 км пути;
- Наличие мест временного восстановления бесстыковых рельсовых плетей в шт./км.

Степени проявления риск-фактора для рассматриваемых объектов в виде дополнительных критериев в отчетном периоде более установленного норматива выполняются по параметрам, аналогичным приведенным в таблице 2.

## Результаты

Расчет показателя количества нарушений норм технического обслуживания пути (ПН) на предварительной стадии может выполняться по формуле 1:

$$П_{\text{н}} = \frac{[(a \times 0,3 + \phi \times 0,2) + (c + \psi + b + y + m) \times 0,06] + (p \times 0,1 + t \times 0,1)] \times 1000}{\delta} \quad (1)$$

где, а – количество транспортных происшествий, допущенных по причине нарушения технологии текущего содержания железнодорожного пути, шт.;

ф – количество транспортных происшествий, допущенных по причине нарушения технологии производства ремонтов железнодорожного пути, шт.;

с – сверхнормативное количество негодных узлов скреплений железнодорожного пути, выявленных Госжелдорнадзором при контрольных (надзорных) мероприятиях, шт.;

ш – сверхнормативное количество негодных шпал железнодорожного пути, выявленных Госжелдорнадзором при контрольных (надзорных) мероприятиях, шт.;

б – протяженность участков пути со сверхнормативным загрязненным балластом, выявленных Госжелдорнадзором при контрольных (надзорных) мероприятиях, шт.;

у – сверхнормативная протяженность участков пути с выплесками, выявленных Госжелдорнадзором при контрольных (надзорных) мероприятиях, шт.;

м – участки пути с сверхнормативным наличием мест временного восстановления бесстыковых рельсовых плетей, выявленных Госжелдорнадзором при контрольных (надзорных) мероприятиях, шт.

р – сверхнормативное количество дефектных (остродефектных) рельсов в сумме за срок службы в среднем на участке, шт.;

т – протяженность участков железнодорожного пути со сверхнормативным пропущенным тоннажем, шт.;

д – общая протяженность железнодорожных путей, рассматриваемого полигона, шт.

0,2 – коэффициент, учитывающий тяжесть последствий транспортного происшествия;

0,3 – коэффициент, учитывающий тяжесть последствий от сходов и столкновений;

0,06 – коэффициент, учитывающий тяжесть последствий для выявленных нарушений состояния



различных элементов конструкции пути, соответственно для каждого вида нарушений: сверхнормативного количества негодных скреплений и негодных шпал; выявленных участков пути со сверхнормативным загрязненным балластом и участков пути с выплесками; количество участков бесстыкового пути со сверхнормативным наличием мест временного восстановления рельсовых плетей;

0,1 – коэффициент, учитывающий тяжесть последствий для выявленных случаев возникновения острodefектных рельсов;

0,1 – коэффициент, учитывающий тяжесть последствий для участков железнодорожного пути со сверхнормативным пропущенным тоннажем.

На предварительной стадии разработки методики оценки состояния безопасности движения при эксплуатации железнодорожного пути принят коэффициент равный 0,06 для выявленных нарушений состояния различных элементов конструкции пути, например, наличия сверхнормативного количества негодных скреплений или негодных шпал; выявленных участков пути со сверхнормативным загрязненным балластом или участков пути с выплесками; выявленных участков бесстыкового пути со сверхнормативным наличием мест временного восстановления рельсовых плетей, принимается одинаковым по причине их, практически, близких результатов влияния на безопасность движения.

Риск-факторы могут группироваться с учетом возложенных на подразделение функций и задач по видам деятельности или состоянием обслуживаемых технических средств.

Для подразделения общий уровень влияния полного набора риск-факторов на возникновение всех видов идентифицированных рисков событий определяются как среднеарифметическое значение по максимальным величинам уровня риск-фактора, выбранных в каждой группе риск-факторов анализируемого объекта контроля с охватом всех видов идентифицированных рисков событий.

В соответствии с распоряжением ОАО «РЖД» от 09.09.2022г. № 2349/р по итогам деятельности регионов ОАО «РЖД» в 2021 года рассматриваются следующие виды *рисков* и предусмотрены следующие *меры реагирования на них органов Госжелдорнадзора*:

- **Высокий риск** – оранжевая зона риска возникновения нарушений безопасности движения. В качестве мер реагирования рекомендуется в течение предстоящего года для 5-ти железных дорог (5-ти регионов) ОАО «РЖД» назначение капитального и других видов ремонта пути. Вид ремонтов, их количество и объемы работ определяются в соответствии с «Правилами назначения ремонтов железнодорожного пути», утвержденными распоряжением ОАО «РЖД» 17.12.2021г. № 2888/р, введенными в действие 29 апреля 2022г. Для органов Госжелдорнадзора предусматривается повышенная организация внеплановых контрольных (надзорных) мероприятий. Например, по итогам 2021 года необходимо инициирование внеплановых проверок для этих же 5-ти железных дорог (5-ти регионов) ОАО «РЖД», входящих в оранжевую зону риска возникновения нарушений безопасности движения.

- **Средний риск** – рассматривается желтая зона риска возникновения нарушений безопасности движения. В качестве мер реагирования необходимо увеличить количество профилактических мероприятий в отношении контролируемых лиц при составлении «Плана профилактических мероприятий на следующий год». Например, по итогам 2021 года органами Госжелдорнадзора в отношении 11 железных дорог (11-ти регионов) проведены профилактические мероприятия (направлены информационные письма, выданы предостережения). При средней желтой зоне риска в качестве мер реагирования в Директивных планах и других нормативно-правовых документах, необходимо планировать выполнение капитального и других видов ремонтов участков пути через один год. Вид ремонтов, их количество и объемы работ определяются в соответствии с «Правилами назначения ремонтов железнодорожного пути», утвержденными распоряжением ОАО «РЖД» от 17 декабря 2021 года № 2888/р, введенными в действие 29 апреля 2022 г.

- **Низкий риск** – рассматривается зеленая зона риска возникновения нарушений безопасности движения. Для органов Госжелдорнадзора не предусматривается проведение контрольных (надзорных) мероприятий. При низкой зеленой зоне риска в качестве мер реагирования в Директивных планах и других нормативно-правовых документах, необходимо в течение 2 – 3 лет планировать выполнение промежуточных видов ремонтов на участках пути. Вид ремонтов, их количество и объемы работ определяются в соответствии с «Правилами назначения ремонтов железнодорожного пути», утвержденными распоряжением ОАО «РЖД» 17 декабря 2021 г. № 2888/р, введенными в действие 29 апреля 2022 г. Капитальный ремонт участков пути в течение 2-х – 3-х лет не требуется.

Задачами Госжелдорнадзора является снижение количества железных дорог, находящихся в зоне высокого оранжевого и среднего желтого уровней риска возникновения нарушений безопасности движения.

### Пример прогнозного расчета степени проявления риск-фактора (Пн,%)

Исходные данные значений параметров для выполнения расчетов:

д – длина полигона в км – 450;  
а = 0; ф = 0; с = 10; ш = 8; б = 6; у = 12; м = 5; р = 5; т = 30.

$$П_n = \frac{[(0+0)+(10+8+6+12+5) \times 0,06] + (5 \times 0,1 + 30 \times 0,1)}{450} \times 1000 = 12,1\%$$

Таким образом, для представленного примера, в соответствии с индикаторами, приведенными в таблице 2, степени проявления риск-фактора рассматриваемого полигона (условной дистанции пути) соответствует желтому уровню риска в области безопасности движения. В качестве мер реагирования на данном рассматриваемом полигоне необходимо увеличить количество профилактических мероприятий в отношении контролируемых лиц при составлении «Плана профилактических мероприятий на следующий год». В Директивных планах и других нормативно-правовых документах дистанции пути, >>>

Таблица 3.  
Ранжирование объектов по уровню влияния риск-факторов (распоряжение ОАО «РЖД» от 09.09.2022г. № 2349/р)

Ранжирование групп (зон) по уровню влияния риск-факторов	Критерий оценки
<b>Недопустимый</b> (высокий)	Выбираются 20% равнозначных объектов контроля с наивысшим значением риск-фактора, исключая эталонные объекты контроля. Нижняя граница «Х» данной группы (зоны) устанавливается по наилучшему (наименьшему) итоговому значению из перечня вышеуказанных объектов контроля. Данная процедура проводится по итогам 4 квартала. <b>Значение «Х» задается базовым для следующего года.</b>
<b>Нежелательный</b> (значительный)	Верхняя граница данной зоны задается значением «Х», а нижняя граница зоны «У» определяется среднесетевым значением уровня влияния риск-факторов по итогам 4-ого квартала из числа равнозначных объектов контроля, исключая эталонные объекты контроля. <b>Значение «У» задается базовым для следующего года.</b> Если полученное значение для «У» хуже (больше) среднесетевого показателя предшествующего периода, то значение последнего принимается нижней границей зоны «У» в предстоящем периоде.
<b>Допустимый</b> (средний)	Верхняя граница данной зоны задается значением «У». Нижняя граница «Z» данной группы (зоны) устанавливается по значениям уровня влияния риск-факторов эталонного объектов контроля.
<b>Не принимаемый в расчет</b> (умеренный)	Верхняя граница данной группы (зоны) устанавливается значением «Z». В этой зоне размещаются эталонные объекты контроля.

необходимо предусмотреть планирование выполнения капитального и других видов ремонтов участков пути через один год [11, 12, 13].

## Выводы

На основании распоряжения ОАО «РЖД» от 09.09.2022 г. № 2349/р, факторный анализ с целью оценки реальной динамики уровня риск-факторов, целесообразно проводить не чаще одного раза в квартал на основе статистического анализа параметров (или производимых измерений).

С целью ранжирования очередности и определения приоритетных участков пути для назначения ремонтов или участков повышенного контроля с высоким – оранжевым (недопустимым – красным) уровнем влияния риск-факторов, выбираются 20% объектов контроля с их наибольшими значениями уровня влияния риск-факторов.

Результаты проведенной оценки уровня влияния риск-факторов формируются в форме таблиц, например, таблицы 3, по каждому подразделению дирекций инфраструктуры ОАО «РЖД» с ранжирова-

нием подразделений по убыванию значения уровня влияния риск-факторов.

Для других объектов контроля – аналогично по убыванию значения уровня влияния риск-факторов с их группировкой по признакам территориального расположения и административной принадлежности.

Результаты факторного анализа и оценки уровня влияния риск-факторов на состояние объектов контроля являются основой риск-ориентированного подхода при осуществлении контрольно-ревизионной деятельности ОАО «РЖД» в области безопасности движения.

Анализ транспортных происшествий на путях общего пользования в 2021 году показал, что основными учетными причинами нарушений безопасности движения на инфраструктуре железнодорожного транспорта являются:

- нарушение технологии маневровой работы, 42%;
- нарушение технологии технического обслуживания пути, 40%;
- нарушение технологии ремонта подвижного состава, 18%. ■

## Список литературы

1. Коваленко Н.И., Гринь Е.Н. Факторный анализ оценки состояния пути // Путь и путевое хозяйство №1, 2013 г., С. 22-23.
2. Kovalenko Nikolai\*, Grin Elena, Kovalenko Nina (2020) The determination of the repairs of railway track considering the reliability and risk level, E3S Web of Conferences, Vol. 157 06031 (2020). [Электронный ресурс]: doi.org/10.1051/e3sconf/202015706031 Springer, 20 March 2020, pp. 92–99. Доступ 02.05.2021.
3. Розенберг И.Н., Цветков В.Я. Социальная кибернетика в цифровизации транспортной инфраструктуры // Наука и технологии железных дорог. – 2020. – № 3(15). – Т. 3. – С. 3–14.
4. Богоутдинов Б.Б., Цветков В.Я. Применение модели комплиментарных ресурсов в инвестиционной деятельности // Вестник Мордовского университета. – 2014. – № 4. (Т. 24). – С. 103–116.
5. Логинова А.С. Оценка применимости субсидиарного управления // Актуальные проблемы современной науки. – 2015. – № 3. – С. 297–301.
6. Цветков В.Я., Мордвинов В. А. Подход к систематизации алгоритмов // Онтология проектирования. – 2018. – № 4(26). Т. 7, – С. 388–397.
7. Елсуков П.Ю. Парадигматические и синтагматические отношения в дихотомическом делении // Славянский форум. – 2019. – № 3(25). – С. 19–26.
8. Katz M., Domshlak C. Optimal admissible composition of abstraction heuristics // Artificial Intelligence. Vol. 174, Iss. 12–13, August 2010, Pages 767–798. [Электронный ресурс]: https://doi.org/10.1016/j.artint.2010.04.021. Доступ 02.05.2021.
9. Щенников А.Н. Использование паттернов при конструировании алгоритмов // Славянский форум. – 2018. – № 1(19). – С. 96–103.
10. Корнаков А.Н. Концептуальная модель процессов информационного управления промышленной организации. // Вестник Московского Государственного Областного Университета/ Экономика. – 2010. – № 2. – С. 95–100.
11. Коваленко Н.И. Ремонт при минимуме риска // Мир транспорта. 2012. № 5. С. 132-137.
12. Коваленко Н.И., Гринь Е.Н. Технология предотвращает угрозу // Мир транспорта. – 2011. – № 5. – С. 138–142.
13. Методика расследования транспортных происшествий (железнодорожный транспорт): учеб. пособие/ под ред. С.А. Вазюлина. – М.: РУТ (МИИТ), 2018. – 200 с.