



Технология предотвращает угрозу



Николай КОВАЛЕНКО
Nikolay I. KOVALENKO

Елена ГРИНЬ
Elena N. GRIN



Коваленко Николай Иванович — доктор технических наук, профессор Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Гринь Елена Николаевна — кандидат технических наук, доцент кафедры «Путь и путевое хозяйство» МИИТ.

Методология управления надежностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте и ее производные. В частности, планирование ремонтов на объектах путевого хозяйства по показателям надежности, уровням риска и интенсивности потока отказов элементов верхнего строения пути.

Ключевые слова: железная дорога, состояние и ремонт пути, технология планирования, показатель надежности, уровень риска, интенсивность потока отказов.

Положение о системе ведения путевого хозяйства ОАО «РЖД» определяет применительно к новым эксплуатационным условиям роль планирования, технологии и организации работ в составе технического обслуживания элементов пути. В этом документе впервые вводятся критерии выбора участков для ремонтов, основанные на методологии УРРАН, с помощью которой оценивается риск вероятности отказа технических средств при их эксплуатации.

Однако в методологии УРРАН при оценке риска не выделяется отдельно взятый элемент пути, а рассматривается совокупность всех его элементов. При таком подходе невозможно применить понятие «фактическое состояние», поскольку нельзя учесть работоспособность сразу всей совокупности: рельсов, промежуточных и концевых креплений, шпал (или подрельсового основания), балласта, основной площадки земляного полотна и самой конструкции нижнего строения.

В такой ситуации фактором оценки в системе ведения путевого хозяйства

стал млрд т • км брутто, то есть основой определения интенсивности отказов технических средств является только наработка пути.

В то же время современный опыт эксплуатации железнодорожного пути и системная стратегия путевого хозяйства базируются на оценке фактического состояния объекта. Следовательно, в основе планирования ремонтных работ должен быть выбор наиболее уязвимого элемента пути. Количественные показатели состояния любого рассматриваемого элемента следует определять величиной вероятности снижения надёжности и увеличением уровня риска.

Вместе с тем пока отсутствует технология, способная осуществлять планирование ремонтов пути, используя показатели надёжности путевой инфраструктуры, ее отдельных элементов и вероятности риска для безопасности движения поездов.

1.

На кафедре «Путь и путевое хозяйство» МИИТ разработана «Технология планирования ремонтов пути для опытной проверки на полигоне Рыбное—Челябинск».

Технология планирования ремонтов пути (далее **ТПРП**) предназначена для определения сроков назначения различных ремонтов на основе своевременного прогнозирования состояния путевой инфраструктуры, мониторинга ее текущего состояния, показателей надёжности и риска вероятности отказа технических средств.

Версия **ТПРП**, которую подготовила кафедра, применяется для опытной проверки на участках, обслуживаемых шестью дистанциями пути: Инзенской (ПЧ-21), Самарской (ПЧ-11), Аксаковской (ПЧ-15), Ашинской (ПЧ-18) Куйбышевской железной дороги и Бердяушской (ПЧ-2), Златоустовской (ПЧ-4) Южно-Уральской дороги.

Показатели надёжности определяют отдельно для каждого технического средства и составляющих их элементов путевой инфраструктуры на выбранном опытном полигоне.

В качестве приоритетных принципов при разработке данной технологии приняты следующие:

- назначение ремонтных работ осуществляется на основании показателей надёжности элементов пути, дополнительных показателями риска, получаемыми по результатам мониторинга состояния этих элементов;

- сроки проведения ремонтных работ корректируются за счет осуществления мониторинга пути современными диагностическими комплексами;

- периодичность капитального ремонта увеличивается за счет повышения качества производства работ и применения более качественных и долговечных материалов и конструкций элементов пути;

- объёмы капитальных ремонтных работ уменьшаются за счет увеличения продолжительности межремонтного (между капитальными ремонтами) периода и своевременного и качественно выполнения промежуточных ремонтов пути;

- основной объём планово-предупредительных работ выполняется механизированными комплексами;

- применяется прогрессивная участковая система текущего содержания пути с укрупнением путевых бригад.

Отличительная особенность предлагаемой технологии состоит в том, что она основывается на выборе наиболее уязвимого элемента пути, для которого состояние надёжности и уровня риска является предельно допустимым. Количественные показатели такого предельно допустимого состояния определяются величиной вероятности снижения надёжности и увеличением уровня риска с учетом интенсивности потока отказов.

В разрабатываемой технологии оценка каждого отдельного элемента пути рассматривается по его фактическому состоянию на данный момент времени по результатам мониторинга, учитывающего всю совокупность оценочных показателей: надёжность, уровень риска и его снижение, наработку, вероятность частичного или полного отказа.

Технология предусматривает порядок и правила применения всей совокупно-





Таблица 1

Предельные показатели интенсивности потока отказа рельсов при назначении капитального ремонта на звеньевом пути

Класс пути	Одиночный выход рельсов (в сумме за срок службы в среднем на участке ремонта), шт./км ¹	Предельная интенсивность потока отказов рельсов ² , λ, отказ/млрд т·км брутто				
		Фактический пропущенный тоннаж на момент наблюдения, млн т брутто				
		150	250	350	450	550
1	2	3	4	5	6	7
1	4 и более	3	5	8	10	12
2	6 и более	5	8	12	15	18

Таблица 2

Предельные показатели интенсивности потока отказа рельсов при назначении капитального ремонта на бесстыковом пути

Класс пути	Одиночный выход рельсов (в сумме за срок службы в среднем на участке ремонта), шт./км ¹	Предельная интенсивность потока отказов рельсов ² , λ, отказ/млрд т·км брутто					
		Фактический пропущенный тоннаж на момент наблюдения, млн т брутто					
		150	250	350	450	550	650
1	2	3	4	5	6	7	8
1	4 и более	3	4	6	7	9	11
2	6 и более	4	6	9	11	14	16

сти оценочных показателей при ранжировании и выборе участков назначения различных видов ремонтов пути. Распределение ремонтов на дистанции пути на предстоящий год осуществляется по степени устранения и предупреждения наиболее сложных и уязвимых ситуаций, представляющих наибольшую угрозу безопасности движения поездов. В первую очередь ремонты на предстоящий год планируются на участках, имеющих самый низкий уровень надёжности.

Для производства ремонта назначаются «наихудшие» участки, где возможен отказ пути из-за достижения предельного состояния одного или нескольких элементов – рельсов, шпал, креплений, балласта, а также из-за нарушений геометрии рельсовой колеи. «Наихудшие» участки следует выбирать, исходя из общего критерия повышения безопасности движения. Каждому значению показателя, с одной стороны, должны соответствовать допускаемые скорости, а с другой – вероятность появления отказа элемента пути.

Ранжирование участков пути по уровню надёжности осуществляется и с учётом рисков ухудшения технико-экономических показателей.

2.

При планировании ремонта, если прогнозные показатели (критерии) состояния элементов пути превысят установленные пороговые значения, на участке (километре, пикете) необходимо либо ограничивать скорости движения, либо назначать ремонт. В первую очередь следует выбирать участки, где прогнозируемый отказ может в наибольшей степени ухудшить условия перевозки. Причем предусматривается не только формирование плана ремонтов, но и разработка мероприятий по снижению интенсивности расстройств пути. В результате может потребоваться снижение скорости движения на участках, не попавших в план производства ремонтов. При этом надо реально представлять и рассчитывать финансовые потери, вызванные воз-

можными отказами пути и ограничениями скоростей. Если актуален лимит ремонтных ресурсов, можно варьировать либо виды ремонта, либо ограничения скорости движения.

При рассмотрении различных вариантов планирования ремонтов следует учитывать различное состояние пути и его обустройства в течение межремонтного периода (между капитальными ремонтными работами).

В ходе планирования ремонта пути необходимо учитывать целый набор параметров:

- методы получения информации о фактическом состоянии пути;
- сбор и хранение данных, используемых при планировании;
- анализ и оценка фактического и прогнозируемого состояния пути;
- состав и порядок прогнозирования состояния пути;
- показатели (критерии) состояния пути и их пороговые значения, соответствующие условиям эксплуатации;
- составление плана допускаемых скоростей в связи с ограниченностью ресурсов и обеспечением требуемого уровня безопасности движения;
- корректировку (ранее утвержденного) плана ремонта пути из-за включения (исключения) из плана отдельных участков ремонта.

На дорожном и сетевом уровнях формируются несколько альтернативных решений, в частности, планов ремонтов пути с учетом его фактического и прогнозного состояния. При выборе решения в поле зрения должны оставаться имеющиеся ремонтные ресурсы.

Основным видом ремонта для оздоровления пути служит капитальный ремонт на новых и старогодных материалах.

Базовым критерием при назначении капитальных ремонтов пути является пропущенный тоннаж. В первую очередь ремонтируются участки, пропустившие сверхнормативный тоннаж. Среди них преимущественно выбирают такие, которые в совокупности по остальным критериям будут иметь показатели «хуже». При этом предполагается, что состояние участка пути

в ближайшие один-два года останется без изменений, то есть прогноз показателей, характеризующих состояние элементов верхнего строения, не учитывается.

Для принятия решений по назначению ремонта требуется предоставлять инженерно-техническому персоналу и руководству дороги полную и достоверную информацию в удобном для анализа и обоснования решений виде. Для этого рекомендуется расширить таблицу 5 технического паспорта дистанции пути (АГУ-4), в которой отражаются количественные и качественные характеристики элементов верхнего строения пути. В таблицу следует включить данные о конструкции и состоянии земляного полотна и инженерных сооружений, местах ограничения укладки бесстыкового пути, состоянии геометрии рельсовой колеи.

При назначении ремонтируемого участка целесообразно учитывать и данные, которые представлены в паспорте показателей надежности.

3.

При назначении капитального ремонта в настоящее время не учитываются:

- 1) прогнозирование вероятности появления отказов пути;
- 2) выход рельсов в пределах плети и уравнильных пролетах;
- 3) не выделяются дефекты, которые могут быть устранены непосредственно в пути с помощью шлифовки, наплавки, вырезки с вваркой рубок, перекладкой с заменой рабочего канта и т. д.);
- 4) возможность отнесения срока назначения капитального ремонта за счет поэлементной замены верхнего строения пути в сроки, соответствующие их фактическому состоянию;
- 5) возможность отнесения срока назначения капитального ремонта за счет поэлементной замены верхнего строения пути в сроки, соответствующие их фактическому состоянию.

Для назначения сроков капитального ремонта пути в таблицах 1 и 2 приведены критерии выбора подлежащих ему участков.





4.

Предельная интенсивность потока отказов рельсов, (λ , отказ/млрд т • км брутто) определялась по следующей методике. Вначале определялся одиночный выход рельсов на 1 км пути в зависимости от прошедшего тоннажа (N , шт./км) (колонка 2 таблиц 1 и 2/) по зависимости [1, 2]:

$$N = a \cdot T^n, \quad (1)$$

где a — параметр, характеризующий изменение прочностных характеристик рельсов в процессе многократного нагружения пути (пропускаемого тоннажа);

T — фактический пропущенный тоннаж на момент наблюдения, млн т брутто;

n — показатель степени, получаемый в результате аппроксимации экспериментальных данных по выходу рельсов на полигоне сети ОАО «РЖД» (принимается $n = 2$ [1, 2]).

Параметр (a) находился из условия достижения одиночным выходом при пропуске тоннажа за нормативный срок службы для путей 1 класса — 4 шт./км и 2 класса — 6 шт./км.

Далее определялась (λ) — предельная интенсивность потока отказов рельсов по следующей зависимости:

$$\lambda = \frac{[(N_{+1}) - N_0] \cdot T_{\text{периода}}}{\Gamma_i}, \quad (2)$$

где N_{+1} — последующее значение предельного выхода рельсов на 1 км пути, определяемое по зависимости 1;

N_0 — текущее значение предельного выхода рельсов на 1 км пути, определяемое по зависимости 1;

$T_{\text{периода}}$ — продолжительность межремонтного периода, млн т брутто;

Γ_i — грузонапряженность рассматриваемого участка пути, млн т • км брутто/км в год.

При определении предельных показателей интенсивности потока отказов рельсов были использованы фактические данные по отказам рельсов на Куйбышевской и Южно-Уральской железных дорогах.

При назначении сроков капитального ремонта пути по показателям надёжности и уровней риска следует брать во внимание состояние всей конструкции пути в целом и отдельных составляющих элементов.

Для обеспечения наработки рельсов на бесстыковом пути до 1÷1,1 млрд тонн нужна система адресного восстановления ресурса рельсов в пути.

В качестве основного критерия назначения капитального ремонта или смены рельсов на бесстыковом пути принимается процент дефектности плети, отнесенный к 1 км пути, за весь срок ее службы без учета дефектов в уравнивательных пролетах или бокового износа головки (код 44). Процент дефектности плети рекомендуется установить на уровне 3÷5% в зависимости от класса пути.

ЛИТЕРАТУРА

1. Лысюк В. С., Сазонов В. Н., Башкатова Л. В. Прочный и надежный железнодорожный путь. — М.: Академкнига, 2003.
2. Лысюк В. С., Камеский В. Б., Башкатова Л. В. Надежность железнодорожного пути. — М.: Транспорт, 2001. ●

ENGINEERING PREVENTS THREATS

Kovalenko, Nikolay I. — D.Sc. (Tech), professor at the department of railway tracks and track facilities of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

Grin, Elena N. — Ph.D. (Tech), associate professor at the department of railway tracks and track facilities of Moscow State University of Railway Engineering (MIIT).

The authors describe methodology of reliability management, risk management, life-cycle costs within the railways. The article also deals with repair planning, based on the reliability, risk level and intensity of failures of the elements of the permanent way.

Key words: railway, track conditions and repair, planning engineering, reliability index, risk level, intensity of failures flow.

Координаты автора (contact information): Гринь Е. Н. — miit-grin@rambler.ru, Коваленко Н. И. — kni50@mail.ru.