



Ремонт при минимуме риска



Николай КОВАЛЕНКО

Nickolay I. KOVALENKO

Планирование ремонтов пути и определение приведенных объёмов работ с учётом показателей надёжности и уровня риска в зависимости от числа «окон», которое может быть предоставлено в неделю на поездоучастке.

Ключевые слова: железная дорога, верхнее строение пути, путевая инфраструктура, коэффициент износа, планирование ремонтов, показатель надёжности, уровень риска.

Коваленко Николай Иванович — доктор технических наук, профессор кафедры «Путь и путевое хозяйство» Московского государственного университета путей сообщения (МИИТ).

Программой развития путевого комплекса определены основные направления его реорганизации, которые предполагают следующие взаимосвязанные мероприятия:

- создание конструкций пути на принципах бережливого производства и их внедрение для различных условий эксплуатации;
- расширение полигона бесстыкового пути;
- увеличение объема выпуска железобетонных шпал и переводных брусьев;
- переход на железобетонное подрельсовое основание;
- создание и внедрение технологий бережливого производства при текущем содержании и всех видах ремонтов железнодорожного пути;
- реконструкция искусственных сооружений и «оздоровление» земляного полотна;
- совершенствование мониторинга пути на основе современных средств диагностики и оборудования для контроля пути и его элементов;
- оснащение железных дорог надежными, высокопроизводительными машинами, обеспечение их ремонта, повышение эффективности использования;

Таблица 1

Коэффициенты износа конструкции верхнего строения пути и путевой инфраструктуры ($k_{изнВСП}$), учитывающего надёжность и уровни риска инфраструктуры при расчёте показателей приведенных объёмов ремонтов пути

Групп-а	Диапазон изменений пропущенного тоннажа на участке пути	Значения коэффициента $k_{изнВСП}$	Особые отметки
а	0 до $0,25 \cdot T_0 $	1,15	Для опытного применения
б	$0,25 \cdot T_0 $ до $0,50 \cdot T_0 $	1,00	Для опытного применения
в	$0,50 \cdot T_0 $ до $0,75 \cdot T_0 $	1,20	Для опытного применения
г	$0,75 \cdot T_0 $ до $ T_0 $	1,45	Для опытного применения
д	более $ T_0 $	1,55	Для опытного применения

Примечания:

- 1. Значения коэффициентов $k_{изнВСП}$ получены по результатам обследования ПЧ-15 Куйбышевской ж. д. и ПЧ-4 Южно-Уральской ж. д.
- 2. Применение полученных значений $k_{изнВСП}$ может быть рекомендовано для условий географического расположения и эксплуатационных параметров аналогичных ПЧ-15 Куйбышевской ж. д. и ПЧ-4 Южно-Уральской ж. д.
- 3. Применение коэффициента $k_{изнВСП}$ возможно в опытным порядке только для расчёта показателей приведенных объёмов ремонтов пути.
- 4. $|T_0|$ – среднесетевой норматив пропущенного тоннажа до проведения реконструкции или капитального ремонта пути, определяемый по нормам СВПХ–2012 в зависимости от класса, группы и категории пути.

■ совершенствование структуры и системы управления путевым хозяйством.

В основе планирования ремонтных работ должна быть оценка фактического состояния каждого отдельного элемента пути на данный момент времени по результатам его мониторинга, учитывающего всю совокупность оценочных показателей: надёжность; уровень риска и его снижение; наработку; вероятность частичного или полного отказа при ранжировании и выборе участков назначения различных видов ремонтов.

Применение методологии УРРАН (управление надёжностью, рисками, стоимостью жизненного цикла на железнодорожном транспорте), рассматриваемой

в рамках принятой холдингом «РЖД» системы ведения путевого хозяйства (СВПХ–2012) — это попытка учёта уровня риска и вероятности отказа (λ) технических средств при их эксплуатации.

Однако технологией с использованием УРРАН не предусматривается какая-либо система принятия решений. Критерии методологии имеют рекомендательный характер.

Для сегодняшних условий деятельности ОАО «РЖД» с целью расчёта приведённых объёмов ремонтных работ в течение межремонтного периода (между капитальными ремонтами) эксплуатации пути перегонов ($Q_{привед}^{ГЛ}$) вводится учёт показателей надёжности и уровней риска путевой инфра-

Таблица 2

Прогнозируемое количество дефектных рельсов в шт. на 1 км нарастающим итогом

Средний срок службы (T_0), в млн т брутто	Количество дефектных рельсов шт. на 1 км
	(на примере Аксаковской дистанции пути (ПЧ-15) Куйбышевской ж. д.)
570	2,6
680	4,7
790	5,2
> 900	15,7 (прогноз по зависимости 6)





Таблица 3
Классификация путей дистанции и нормативная потребность путей работ на участках с учётом уровня надёжности и степени риска

Участки пл. путей	Длина участка, L, км	Конструкция верхнего строения пути	Г, млн ткм бр./км в год	V _{max} , км/ч	Количество пассаж. и пригород. поездов	Класс пути	f _i	Нормативная периодичность для K _н или K _с		Схемы путейв работ в период между K _н (K _с)	Диапазон изменений на участке пути	Коэффициент уровня надёжности и степени риска	Нормативная потребность путейв работ				
								Т, млн т. бр.	N=Т/Г, лет				K _н	K _с	B		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	
А-Б	56	Бессты- ковой путь. Р65 ще- бень	35	100	35	2 В3				(K _н)BCBB (K _н)	0 до 0,25·[Γ ₀]					2,0	
												0,25·[Γ ₀] до 0,50·[Γ ₀]					2,0
												0,50·[Γ ₀] до 0,75·[Γ ₀]				2,0	
												0,75·[Γ ₀] до [Γ ₀]			2,0	2,0	
Б-А	56	-«-	40	100	35	2 В3	0,9 ¹	1100*0,9=990	990/35=28			2,0	-				
												0 до 0,25·[Γ ₀]					2,24
												0,25·[Γ ₀] до 0,50·[Γ ₀]					2,24
												0,50·[Γ ₀] до 0,75·[Γ ₀]			2,24		
Б-Б	44	-«-	50	100	40	2 В3	0,9 ¹	1100*0,9=990	990/40=25			2,24	-				
												[Γ ₀] и более					2,2
												0 до 0,25·[Γ ₀]					2,2
												0,25·[Γ ₀] до 0,50·[Γ ₀]					2,2
Б-Б	44	-«-	60	100	40	1 Б3	0,9 ²	1100*0,9=990	990/50=20			2,7	-				
												[Γ ₀] и более					2,7
												0 до 0,25·[Γ ₀]					2,7
												0,25·[Γ ₀] до 0,50·[Γ ₀]					2,7
Б-Б	44	-«-	60	100	40	1 Б3	0,9 ³	1100*0,9=990	990/60≈16,5					2,7			
												0,50·[Γ ₀] до 0,75·[Γ ₀]					2,7
												0,75·[Γ ₀] до [Γ ₀]					2,7
												[Γ ₀] и более		2,7	-		

структуры посредством коэффициента износа ($k_{изнВСП}$) конструкции верхнего строения пути перегонов ($Q_{перегон}^{ГЛ}$) и путе-вой инфраструктуры (зависимость 1):

$$Q_{привед}^{ГЛ} = k_{изнВСП} \cdot Q_{перегон}^{ГЛ} \quad (1)$$

Гармонизация межремонтного периода эксплуатации пути по пропущенному тоннажу осуществляется разбиением этого периода на пять подмножеств, для которых установлены свои значения коэффициента ($k_{изнВСП}$): (таблица 1).

Планирование объёмов ремонтов пути с учётом показателей надёжности и уровня риска по элементам пути и в целом по техническим средствам инфраструктуры, является основой для поддержки принятия управленческих решений, касающихся предстоящих ремонтов и текущего содержания объектов путевого хозяйства.

Необходимая продолжительность периода ($T_{пер}$) для капитального, усиленного среднего ремонтов пути с глубокой очисткой щебня (40÷50 см ниже подошвы шпал) и других работ определяется по зависимости 2:

$$T_{пер} = \frac{(1 - R_{над}) \cdot Q_{привед}^{ГЛ}}{4 \cdot n_m \cdot l_a}, \text{ месяцев,} \quad (2)$$

$$\text{где } R_{над} = 1 - \frac{N_{отк_{деф.эл.}}}{N_{км} \cdot n_i}; \quad (3)$$

$N_{отк_{деф.эл.}}$ — количество отказов элементов (рельсов, шпал и креплений) на длине подмножества (таблица 1) в пределах всего рассматриваемого участка за один год, шт.;

$N_{км}$ — число километров в данном подмножестве, шт.;

n_i — количество испытаний (проверок состояния i -го элемента пути за год);

$R_{над}$ — показатель надёжности, определяемый для каждого подмножества по каждому элементу пути;

$Q_{привед}^{ГЛ}$ — планируемый годовой объём ремонта пути на поездоучастке, км;

n_m — число «окон», которое может быть предоставлено в неделю в зависимости от заполнения пропускной способности;

l_a — расчетная норма выработки исполнителем работ в «окно», км;

4 — количество недель в месяце.

Если по условиям заполнения пропускной способности можно предоставить три и более «окна» в неделю, то при расчете продолжительности ремонтного периода

число «окон» принимается в зависимости от установленной организации и технологии производства работ.

В тех случаях, когда требуемая продолжительность выполнения ремонта пути, полученная по формуле (2), превышает сезон, или установленный ОАО «РЖД» срок нарушается, предусматривается одновременная работа нескольких путевых машинных станций (далее — ПМС). Количество ПМС, которые одновременно должны находиться на поездоучастке, определяется в зависимости от заданного объема ремонта, срока его выполнения и числа «окон», предоставляемых в неделю.

Работы по капитальному ремонту на новых и старогодных материалах, усиленному среднему ремонту с глубокой очисткой при выполнении их на двухпутных (многопутных) участках, как правило, производятся на перегонах, закрытых для движения поездов на 6÷10 суток.

Необходимый период времени для выполнения планового объема работ с закрытием перегона определяется по лимитирующей машине (например, щебнеочистительной) с учетом зависимости (4):

$$T_{пер} = \frac{I_{деф.эл.} \cdot Q_{привед}^{ГЛ}}{l_{фш} \cdot t_m} \text{ сутки,} \quad (4)$$

$$\text{где } I_{деф.эл.} = \frac{N_{повр._{деф.эл.}}}{G}; \quad (5)$$

$I_{деф.эл.}$ — интенсивность накопления дефектных элементов (рельсов, дефектных мест в балластном слое, шпал и креплений) на рассматриваемом подмножестве (таблица 1), шт./млн т брутто в год;

$l_{фш}$ — расчетная норма выработки щебнеочистительной машины (км/ч),

G — грузонапряжённость участка пути в пределах рассматриваемого подмножества, млн т • км брутто/км в год.

t_m — время работы щебнеочистительной машины в течение суток (ч/сутки).

Для обеспечения наработки бесстыкового пути до 1÷1,1 млрд т брутто 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 уравнильных пролетах или бокового износа головки (код 44). Процент дефектности плети рекомендуется установить на уровне 3÷5% в зависимости от класса пути.

При установленном нормативном сроке службы 600÷700 млн т брутто требуется выполнить прогноз количества дефектных рельсов в пути при увеличении срока службы до 1100 млн т брутто (с учетом замены рельсов при выполнении промежуточных ремонтов).

При прогнозировании наработки тоннажа ($Q_{\text{прогн}}$) для установленных пяти интервалов диапазона изменений пропущенного тоннажа на участке пути с помощью полиномов Лагранжа расчетная формула принимает вид:

$$Q_{\text{прогн}}(t) = \sqrt{\frac{[-5X(t_1) + 6X(t_2)]^2}{2} + \frac{[15X(t_1) - 35X(t_2) + 21X(t_3)]^2}{2}} \quad (6)$$

На основе статистической обработки данных о выходе рельсов в условиях участковой организации технического обслуживания на Аксаковской дистанции пути

были получены следующие данные (таблица 2).

Тогда для расчета выхода рельсов по сроку службы (T_0) принимаем:

$X(t_1) = 2,6$ шт. на 1 км;

$X(t_2) = 4,7$ шт. на 1 км;

$X(t_3) = 5,2$ шт. на 1 км

При наработке 1100 млн т • км брутто в пересчете на пять интервалов имеем:

$$Q_{\text{прогн}}(t) = \sqrt{\frac{[-5 \cdot 2,6 + 6 \cdot 4,7]^2}{2} + \frac{[15 \cdot 2,6 - 35 \cdot 4,7 + 21 \cdot 5,2]^2}{2}} = 15,7 \text{ шт./км.}$$

Для каждого участка пути в соответствии с показателем его надёжности начальником технического отдела дистанции пути совместно с инженером по организации и нормированию труда составляется ведомость планирования ремонтов пути по заведенной форме (таблица 3).

При наличии такого свода ориентиров появляется возможность достаточно надёжно обезопасить планируемые ремонтные работы от большинства неожиданностей и рисков. ●

REPAIR WITH MINIMUM RISK

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

The author studies a problem of track repair planning and of reduced work volume, taking into account reliability indices, risk levels, risk levels depending on the scheduled traffic pauses during a week.

Key words: railway, permanent way, track facilities, tear-and-wear rate, repair planning, reliability index, risk level.

Координаты автора (contact information): Коваленко Н. И. – kni50@mail.ru.

