

Метод оценки технической готовности железнодорожного пути к обеспечению перевозочного процесса

Юрий А. Кувашов, ОАО «НИИАС», Москва, Россия, e-mail: kya2003@inbox.ru

Евгений О. Новожилов, ОАО «НИИАС», Москва, Россия, e-mail: eo.novozhilov@vniias.ru



Юрий А. Кувашов



Евгений О.
Новожилов

Резюме. Цель. Техническое содержание сети железных дорог России требует больших экономических затрат, связанных с поддержанием надежности объектов инфраструктуры. В условиях ограниченных ресурсов принятие неверного решения может привести к ошибкам в планировании ремонтных работ. Деятельность путевого хозяйства является определяющим фактором для нормального функционирования всей железнодорожной инфраструктуры. Для рационального управления объектами инфраструктуры необходимо получение в реальном времени объективной информации о состоянии их надежности и функциональной безопасности. Одним из основных показателей, характеризующих надежность пути, является коэффициент готовности. При оценке готовности объектов с состояниями частичной работоспособности требуется учесть влияние невыполнения объектом части своих функций либо выполнения функций со снижением качества на значение готовности. При этом классическая формула коэффициента технической готовности учитывает возможность нахождения объекта только в двух состояниях: работоспособном и неработоспособном. Такая оценка коэффициента технической готовности не позволяет учесть, например, снижение готовности вследствие введения ограничения скорости движения на участке пути, а также влияние отказа части участка на готовность участка пути в целом. Поэтому данная статья посвящена рассмотрению метода оценки коэффициента технической готовности участка железнодорожного пути с учетом его частично работоспособного состояния, а также рассмотрению подхода к нормированию коэффициента технической готовности участка пути. **Методы.** При рассмотрении вопросов оценки коэффициента технической готовности с учетом частично работоспособного состояния применялся системный анализ факторов, влияющих на снижение пропускной способности пути. В качестве таких факторов рассмотрены ограничение скорости движения и закрытие движения при плановом и неплановом техническом содержании. Предложена трехмерная графическая модель зависимости скорости движения от линейной координаты и от времени. На ее основе получены соотношения для оценки коэффициента технической готовности для однопутного и n-путного участков железнодорожных линий. Рассмотрен подход к нормированию отдельных компонентов коэффициента технической готовности. Получены соотношения для расчета нормативного значения коэффициента технической готовности для однопутного и n-путного участков железнодорожных линий. **Выводы.** В результате рассмотрения факторов, приводящих к частично работоспособному и неработоспособному состояниям железнодорожного пути предложен метод оценки коэффициента технической готовности участка пути с учетом влияния ограничений скорости движения на пропускную способность и, тем самым, на готовность пути. Рассмотрены аспекты нормирования коэффициента технической готовности. Получены выражения, позволяющие рассчитать фактический коэффициент готовности участка пути с учетом частично работоспособного состояния, а также нормативное значение для данного показателя. Рассмотренные в статье подходы и методы направлены на повышение объективности оценки готовности железнодорожного пути, что позволит принимать более обоснованные решения по его дальнейшей эксплуатации.

Ключевые слова: железнодорожный путь, коэффициент технической готовности, ограничение скорости движения, нормирование коэффициента готовности, частично работоспособное состояние.

Формат цитирования: Новожилов Е.О., Кувашов Ю.А. Метод оценки технической готовности железнодорожного пути к обеспечению перевозочного процесса // Надежность. 2017. Т. 17, № 2. С. 17-23. DOI: 10.21683/1729-2646-2017-17-2-17-23

Введение

Техническое содержание сети железных дорог России требует больших экономических затрат, связанных с поддержанием надежности объектов инфраструктуры и обеспечением безопасности перевозочного процесса.

В условиях ограниченных ресурсов принятие неверного решения может привести к ошибкам в планировании ремонтных работ. С одной стороны, те участки инфраструктуры, которые по действующим нормативам требуют проведения ремонта, могут иметь достаточно высокий уровень надежности, в связи с чем расходы на ремонт будут не обоснованы. С другой стороны, проблемные по надежности участки инфраструктуры могут продолжать эксплуатироваться без модернизации, капитального ремонта или текущих восстановительных работ, что, в свою очередь, обуславливает повышение рисков возникновения транспортных происшествий.

В настоящее время в железнодорожной инфраструктуре доля стоимости основных фондов путевого хозяйства составляет более 60% от общей стоимости основных средств ОАО «РЖД», а доля эксплуатационных затрат на объекты путевой инфраструктуры составляет порядка 35% от общего объема затрат [1]. Таким образом, деятельность путевого хозяйства является определяющим фактором для нормального функционирования всей железнодорожной инфраструктуры.

Для рационального управления объектами инфраструктуры необходимо получение в реальном времени объективной информации о состоянии их надежности и функциональной безопасности.

Одним из основных показателей, характеризующих надежность пути, является комплексный показатель – коэффициент готовности. При этом в соответствии с [2] различают также коэффициент оперативной готовности и коэффициент технической готовности.

Проблема оценки готовности объектов, которые могут находиться в состоянии частичной работоспособности, заключается в том, что требуется учесть влияние невыполнения объектом части своих функций либо выполнения функций со снижением качества на собственно

показатель готовности. При этом классическая формула коэффициента технической готовности учитывает возможность нахождения объекта только в двух состояниях: работоспособном и неработоспособном. Так, согласно [2], коэффициент технической готовности железнодорожного пути определяют по формуле:

$$K_{т.г} = \frac{T_{\text{раб}}}{T_{\text{раб}} + T_{\text{планТО(Р)}} + T_{\text{в}}}, \quad (1)$$

где $T_{\text{раб}}$ – суммарное время пребывания железнодорожного пути в работоспособном состоянии за рассматриваемый период эксплуатации;

$T_{\text{планТО(Р)}}$ – суммарное время пребывания железнодорожного пути на текущем содержании и плановом ремонте за этот же период эксплуатации;

$T_{\text{в}}$ – суммарное время до восстановления железнодорожного пути за этот же период эксплуатации.

Как следует из формулы (1), железнодорожный путь может находиться либо в работоспособном состоянии, либо в состоянии планового технического обслуживания или ремонта, либо в состоянии восстановления после отказа (последние два состояния являются неработоспособными). Такая оценка коэффициента технической готовности не позволяет учесть, например, снижение готовности вследствие введения ограничения скорости движения на участке пути, а также влияние отказа части участка на готовность участка пути в целом. В связи с этим данная статья посвящена рассмотрению метода оценки коэффициента технической готовности участка железнодорожного пути с учетом его частично работоспособного состояния. Также в статье рассматривается подход к нормированию коэффициента технической готовности участка пути.

Факторы, влияющие на готовность участка пути

Рассмотрим однопутный участок железнодорожной линии. Максимальная пропускная способность такого участка определяется проектной (конструкционной) скоростью движения и долей времени, в течение которой путь свободен от проведения планового технического обслуживания и ремонта.

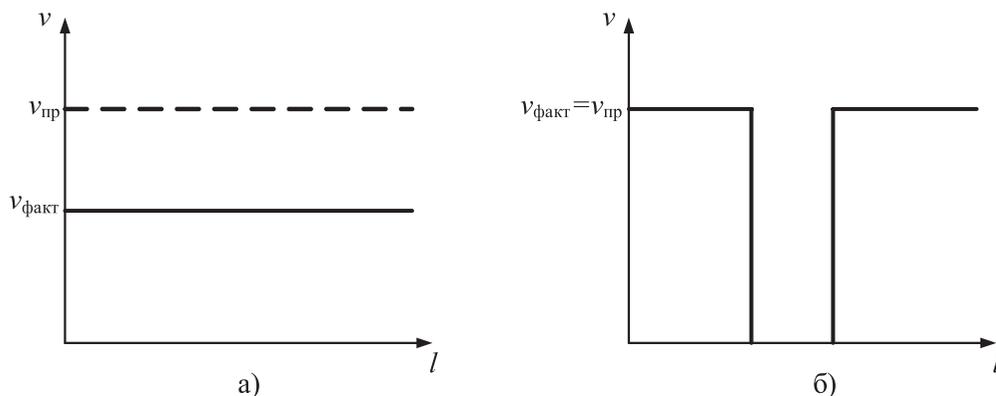


Рисунок 1 – Ограничение скорости движения на участке пути (а) и отказ части участка пути (б)

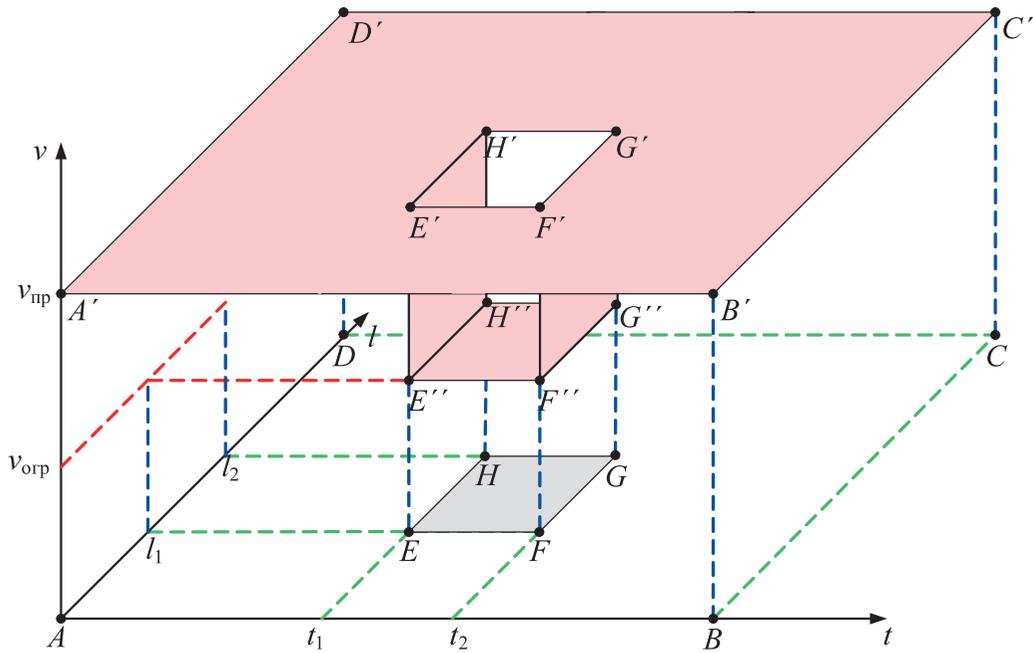


Рисунок 2 – Пример зависимости скорости v движения на участке от длины l и от времени t

С одной стороны, если на участке пути ввести ограничение скорости движения, то путь будет лишь частично реализовывать свою пропускную способность – это можно считать состоянием частичной работоспособности (снижение фактической скорости $v_{\text{факт}}$ относительно проектной $v_{\text{пр}}$ по всей длине l участка, рисунок 1, а). С другой стороны, поскольку путь является протяженным объектом, когда неработоспособна какая-либо доля длины участка пути, то можно говорить о состоянии частичной работоспособности участка в целом (снижение скорости $v_{\text{факт}}$ до 0 на части длины l участка, рисунок 1, б). На практике оба случая, показанные на рисунке 1, могут комбинироваться, к тому же за заданный интервал наблюдения на участке пути может иметь место несколько случаев ограничения скорости движения, причем каждое из них действует определенный интервал времени.

Таким образом, при наличии ограничения скорости или при отказе части участка, а также при комбинации этих факторов, можно считать, что участок пути находится в частично работоспособном состоянии и, вследствие этого, имеет коэффициент готовности меньше 1. Если говорить о коэффициенте технической готовности, то следует также учитывать, что участок пути неработоспособен в периоды проведения планового технического обслуживания и ремонта (запланированные «окна»).

Исходя из вышеизложенного, целесообразно при оценке готовности участка пути рассматривать функцию скорости движения v от длины (линейной координаты) l и от времени t . Пример данной функции показан на рисунке 2 в виде трехмерного графика.

На графике (рисунок 2) скорость движения равна проектной $v_{\text{пр}}$, кроме части участка пути от l_1 до l_2 , где на период времени от t_1 до t_2 введено ограничение

скорости $v_{\text{орп}}$. Следовательно, в период времени от t_1 до t_2 часть участка пути от l_1 до l_2 находится в частично работоспособном состоянии (движение поездов обеспечивается, но не с номинально возможной скоростью). Вследствие этого и участок в целом находится также в частично работоспособном состоянии. Как видно из рисунка 2, случаю полной готовности участка пути будет соответствовать параллелепипед $ABCDA'B'C'D'$, а случаю частичной готовности – тот же параллелепипед, но за исключением объема параллелепипеда $E'F'G'H'E'F'G'H'$.

Оценка коэффициента технической готовности участка пути

Согласно рисунку 2, обозначим протяженность участка пути $L = AD$, интервал наблюдения $T_n = AB$, ч, длину части участка с ограничением скорости движения $\Delta l = l_2 - l_1$, км, и период действия ограничения скорости движения $\Delta t = t_2 - t_1$, ч. Тогда для примера, показанного на рисунке 2, коэффициент готовности участка пути можно оценить следующим выражением:

$$K_r = \frac{T_n \cdot L \cdot v_{\text{пр}} - \Delta t \cdot \Delta l \cdot (v_{\text{пр}} - v_{\text{орп}})}{T_n \cdot L \cdot v_{\text{пр}}} \quad (2)$$

Следует отметить, что на рисунке 2 и в (2) не учитывается проведение планового технического обслуживания и ремонта.

Для рассмотрения оценки технической готовности добавим на рисунок 2 интервал времени планового технического обслуживания и ремонта от t_3 до t_4 , проводимого на отрезке участка пути от l_0 до l_1 , получив рисунок 3.

Обозначив длительность планового «окна» $\Delta t' = t_4 - t_3$, ч, длину части участка, где предоставлено

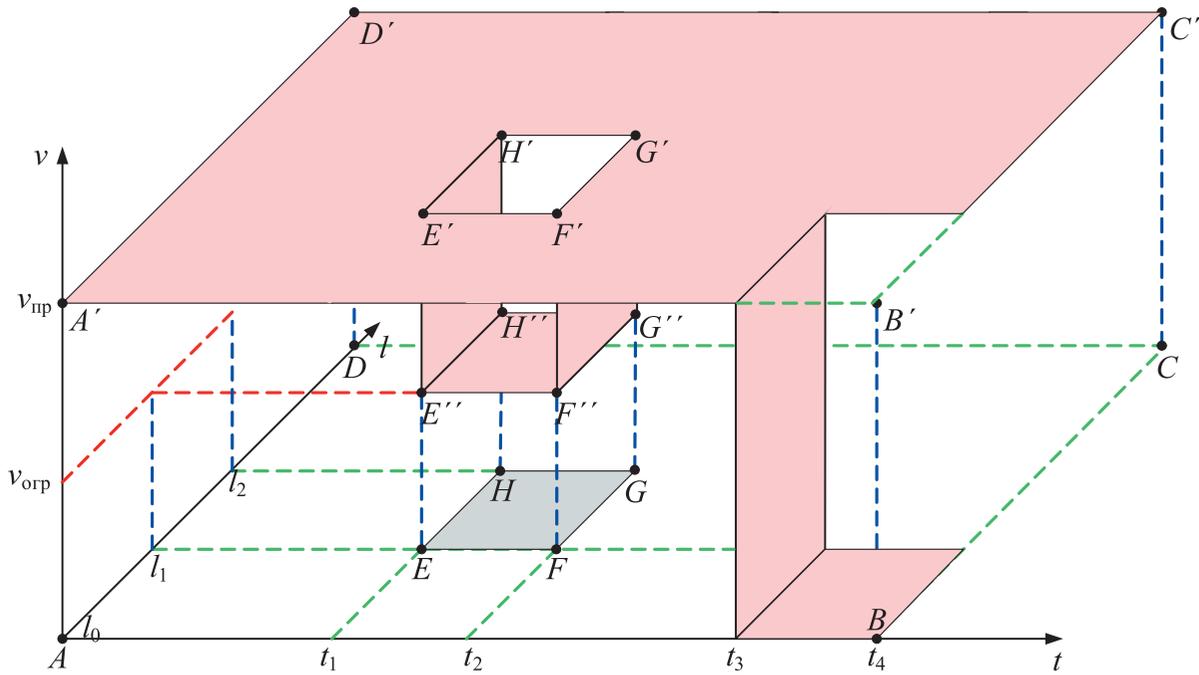


Рисунок 3 – Пример зависимости скорости v движения на участке от длины l и от времени t с учетом технологического «окна»

«окно» $\Delta l' = l_1 - l_0$, км, и приняв, что $v_{орп} = 0$, получим из (2) выражение для оценки коэффициента технической готовности:

$$K_{т.г} = \frac{T_n \cdot L \cdot v_{пр} - \Delta t \cdot \Delta l \cdot (v_{пр} - v_{орп}) - \Delta t' \cdot \Delta l' \cdot v_{пр}}{T_n \cdot L \cdot v_{пр}} \quad (3)$$

Формулы (2) и (3) описывают частные случаи, что необходимо для пояснения подхода к оценке коэффициента технической готовности участка пути. В общем случае за интервал наблюдения может быть произвольное количество введений ограничения скорости движения и плановых «окон». Также участок железнодорожной линии может включать как один путь, так и более.

Преобразуем выражение (3) для учета произвольного количества введений ограничения скорости движения и плановых «окон»:

$$K_{т.г} = \frac{T_n \cdot L \cdot v_{пр} - \sum_{j=1}^m \Delta t_j \cdot \Delta l_j \cdot (v_{пр} - v_{орпj}) - v_{пр} \cdot \sum_{k=1}^{p'} \Delta t'_k \cdot \Delta l'_k}{T_n \cdot L \cdot v_{пр}} \quad (4)$$

где m – количество введений на участке ограничения скорости движения за интервал наблюдения T_n ;

Δt_j – интервал времени действия j -го ($j = 1 \dots m$) ограничения скорости движения, ч;

Δl_j – длина отрезка участка пути, на котором введено j -е ($j = 1 \dots m$) ограничение скорости движения, км;

$\Delta v_{орпj}$ – значение скорости движения, введенное j -м ($j = 1 \dots m$) ограничением, км/ч;

p – количество плановых «окон», предоставленных на участке за интервал наблюдения T_n ;

$\Delta t'_k$ – интервал времени действия k -го ($k = 1 \dots p$) планового «окна», ч;

$\Delta l'_k$ – длина отрезка участка пути, на котором предоставлено k -е ($k = 1 \dots p$) плановое окно, км.

Приняв допущение, что на n -путном участке ($n = 1, 2, \dots$) длины каждого из путей равны и проектные скорости по каждому из путей также равны, получим из (4) выражение для коэффициента технической готовности n -путного участка:

$$K_{т.г} = \frac{n \cdot T_n \cdot L \cdot v_{пр} - \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{m_i} \Delta t_{ij} \cdot \Delta l_{ij} \cdot (v_{пр} - v_{орпij}) - v_{пр} \cdot \sum_{k=1}^{p_i} \Delta t'_{ik} \cdot \Delta l'_{ik} \right]}{n \cdot T_n \cdot L \cdot v_{пр}} \quad (5)$$

где m_i – количество введений на i -м ($i = 1 \dots n$) пути участка ограничения скорости движения за интервал наблюдения T_n ;

Δt_{ij} – интервал времени действия j -го ($j = 1 \dots m_i$) ограничения скорости движения на i -м пути, ч;

Δl_{ij} – длина отрезка участка i -го ($i = 1 \dots n$) пути, на котором введено j -е ($j = 1 \dots m_i$) ограничение скорости движения, км;

$\Delta v_{орпij}$ – значение скорости движения, введенное j -м ($j = 1 \dots m_i$) ограничением на i -м пути, км/ч;

p_i – количество плановых «окон», предоставленных на i -м ($i = 1 \dots n$) пути участка за интервал наблюдения T_n ;

$\Delta t'_{ik}$ – интервал времени действия k -го ($k = 1 \dots p_i$) планового «окна» на i -м пути, ч;

$\Delta l'_{ik}$ – длина отрезка участка i -го пути, на котором предоставлено k -е ($k = 1 \dots p_i$) плановое окно, км.

Для согласования размерностей величин в числителе и знаменателе формулы (5) с размерностями, применяемыми в классической формуле коэффициента готовности [2] – размерностями времени – можно разделить числитель и знаменатель (5) на выражение $n \cdot L \cdot v_{пр}$:

$$K_{т.г} = \frac{T_n - \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{m_i} \Delta t_{ij} \cdot \frac{\Delta l_{ij}}{L} \cdot \left(1 - \frac{v_{огрj}}{v_{пр}} \right) - \sum_{k=1}^{p_i} \Delta t'_{ik} \cdot \frac{\Delta l'_{ik}}{L} \right]}{T_n} =$$

$$= 1 - \frac{\sum_{i=1}^n \left[\sum_{j=1}^{m_i} \Delta t_{ij} \cdot \frac{\Delta l_{ij}}{L} \cdot \left(1 - \frac{v_{огрj}}{v_{пр}} \right) - \sum_{k=1}^{p_i} \Delta t'_{ik} \cdot \frac{\Delta l'_{ik}}{L} \right]}{n \cdot T_n}. \quad (6)$$

В результате получена формула (6), позволяющая дать оценку коэффициента технической готовности n -путного участка железнодорожного пути с учетом плановых «окон» и состояний частичной работоспособности (ограничений скорости движения).

Далее рассмотрим подход к нормированию коэффициента технической готовности участка пути.

Нормирование коэффициента технической готовности участка пути

Главная задача нормирования показателей надежности заключается в выборе обоснованных критериев, на базе которых устанавливаются пороговые значения для фактических значений показателей. Результат сравнения фактических значений с нормативными позволяет принять решения по дальнейшей эксплуатации объекта оценки.

Для определения критериев нормирования рассмотрим компоненты, которые входят в состав коэффициента готовности участка железнодорожного пути, заменив в формуле (1) $T_n = T_{раб} + T_{планТО(Р)} + T_в + T_{огр}$ ($T_{огр}$ – суммарное время потерь вследствие ограничений скорости за интервал наблюдения, ч; данный компонент мы добавили к компонентам формулы (1) на основании рассмотрения, проведенного выше):

$$K_{т.г} = \frac{T_n - T_{планТО(Р)} - T_в - T_{огр}}{T_n}. \quad (7)$$

Таким образом (см. (7)), коэффициент технической готовности включает следующие компоненты:

1) $T_{планТО(Р)}$ – суммарное время планового технического обслуживания (ремонта); данный компонент можно нормировать на основе известного графика предоставления плановых «окон»:

$$T_{планТО(Р)} = \frac{1}{L} \sum_{k=1}^p \Delta l'_{плk} \cdot \Delta t'_{плk}, \quad (8)$$

где p – количество запланированных к предоставлению «окон» на участке пути за интервал наблюдения T_n ;

$\Delta l'_{плk}$ – длина отрезка участка пути, на котором запланировано k -е ($k = 1 \dots p$) «окно», км;

$\Delta t'_{плk}$ – продолжительность запланированного k -го ($k = 1 \dots p$) «окна», ч;

L – протяженность участка пути, км;

2) $T_в$ – суммарная продолжительность неплановых ремонтов на участке за интервал наблюдения, ч; данный компонент можно нормировать на основе статистической оценки среднего времени до восстановления и функции безотказности пути от его наработки:

$$T_в = t_в \cdot R(X) \cdot L, \quad (9)$$

где $t_в$ – среднее время до восстановления участка пути после отказа, ч;

$R(X)$ – функция безотказности пути от наработки, 1/км;

X – наработка участка пути, млн т брутто.

L – протяженность участка пути, км;

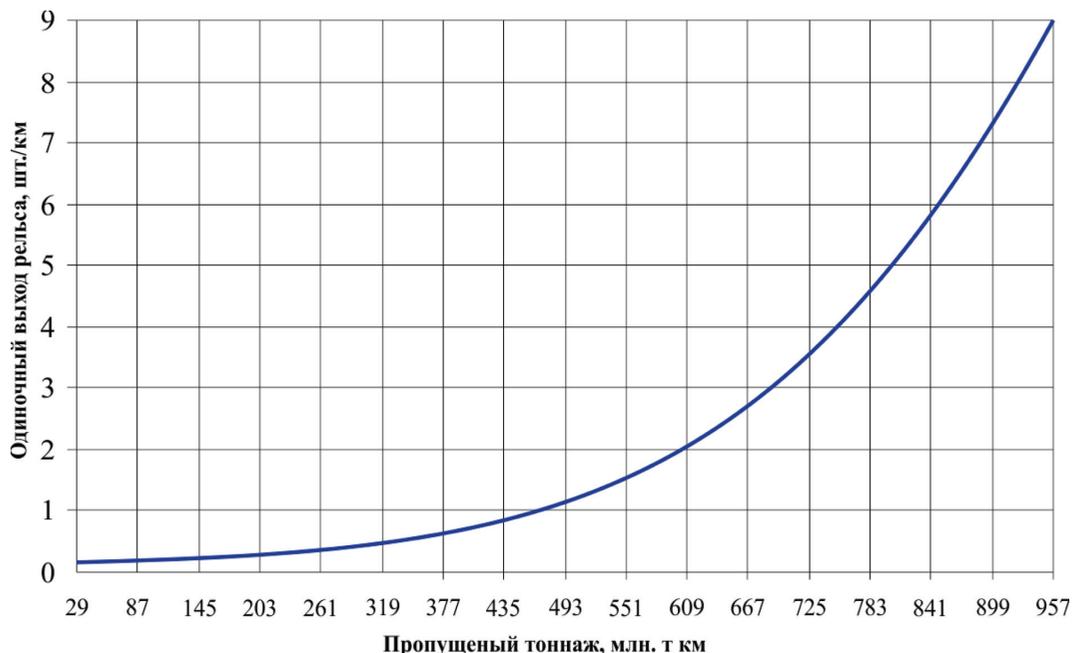


Рисунок 4 – График одиночного выхода рельсов от наработки

Таблица 1 – Результаты тестовых расчетов готовности однопутных перегонов 3 класса Бологовской дистанции пути (ПЧ-47) Октябрьской дирекции инфраструктуры по данным 2016 г.

Перегон	Интервал наблюдения, ч	Протяженность, км	Про-пущенный тоннаж, млн т брутто	Протяженность отремонтированного пути и суммарная продолжительность «окон»		Количество ОТС по рельсовым цепям		Количество ОТС по ОДР		Количество ОТС по ГРК		Количество прочих ОТС		Предупреждения (АСУ ВОП-2): ограничение скорости до 25 км/ч		Функция одиночного выхода рельсов от пропущенного тоннажа, 1/км	Коэффициент технической готовности	Нормативный коэффициент технической готовности
				км	ч	шт	ч	шт	ч	шт	ч	шт	ч	шт	ч			
Сонково – Подобино	8760	13,3	423,84	13	44,2	0	0	1	3	0	0	0	0	3	8,1	0,7926	0,9939	0,9839
Подобино – Бежецк		11,1	388,29	10,1	104,8	1	2,4	1	0,25	0	0	0	0	2	3,2	0,6554	0,9875	0,9804
Бежецк – Шишково		11,9	268,45	7,9	89,5	0	0	0	0	0	0	0	0	4	2,25	0,3541	0,9896	0,9853
Шишково – Викторово		9,5	21,48	9,5	60,8	0	0	0	0	0	0	0	0	32	1026	0,0676	0,9085	0,9924
Викторово – Сидорково		15	287,76	6	24,5	1	1,6	0	0	0	0	0	0	8	19,45	0,3894	0,9954	0,9911
Сидорково – Максатиха		9,3	882,48	9,3	220,7	0	0	4	4,3	0	0	0	0	20	289,1	6	0,9505	0,9161
Итого			70,1	378,72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,6228	0,9752	0,9446

3) $T_{орп}$ – суммарная продолжительность потерь времени вследствие ограничений скорости движения за интервал наблюдения, ч; этот компонент может быть нормирован, исходя из установления некоторых значений допускаемых для данного участка среднего значения ограничения скорости движения и среднего времени ограничения, а также функции безотказности пути от его наработки (поскольку с ростом наработки количество ограничений скорости движения объективно увеличивается):

$$T_{орп} = \left(1 - \frac{v_0}{v_{пр}}\right) \cdot t_0 \cdot R(X) \cdot L, \quad (10)$$

где v_0 – средняя скорость ограничения, км/ч;
 $v_{пр}$ – проектная скорость движения на участке, км/ч;
 t_0 – нормативная (допустимая) продолжительность ограничения (на 1 км), ч;

$R(X)$ – функция безотказности пути от наработки, 1/км;

X – наработка участка пути, млн т брутто.

L – протяженность участка пути, км.

Рассмотрим функцию безотказности пути от наработки. Самым ответственным элементом верхнего строения пути является рельс. Поэтому при построении наиболее простой модели функции безотказности пути целесообразно применить функцию одиночного выхода рельса в зависимости от наработки. Такие функции в зависимости от типов рельсов рассматриваются в [3, 4, 5]. Используем в примере расчета график одиночного выхода рельсов

[5], который опишем регрессионным уравнением 4-го порядка (рисунок 4):

$$R(X) = \min \left\{ \left[4,809 \cdot 10^{-12} \cdot X^4 + 7,058 \cdot 10^{-9} \cdot X^3 - \right]; q \right\}, \quad (11)$$

где X – наработка участка пути, млн т брутто;

q – норматив одиночного выхода рельсов для назначения капитального ремонта [6], шт/км.

На основании формул (7) – (11) получим выражение для нормативного коэффициента технической готовности участка пути (для однопутного участка):

$$K_{т.г.н} = \frac{T_n - \frac{1}{L} \sum_{k=1}^p (\Delta t'_{пик} \cdot \Delta t'_{пик}) - R(X) \cdot L \left[t_0 + \left(1 - \frac{v_0}{v_{пр}}\right) \cdot t_0 \right]}{T_n}, \quad (12)$$

Для n -путного участка при принятых выше допущениях выражение (12) преобразуется в следующее:

$$K_{т.г.н} = \frac{\left(T_n - \frac{1}{n \cdot L} \sum_{i=1}^n \sum_{k=1}^{p_i} (\Delta t'_{пик} \cdot \Delta t'_{пик}) - \left[\sum_{i=1}^n R_i(X) \right] \cdot L \left[t_0 + \left(1 - \frac{v_0}{v_{пр}}\right) \cdot t_0 \right] \right)}{T_n}, \quad (13)$$

где p_i – количество плановых «окон», предоставленных на i -м ($i = 1 \dots n$) пути участка за интервал наблюдения T_n ;

$\Delta t'_{nik}$ – интервал времени действия k -го ($k = 1 \dots p_i$) запланированного «окна» на i -м пути, ч;

$\Delta l'_{nik}$ – длина отрезка участка i -го пути, для которого запланировано k -е ($k = 1 \dots p_i$) плановое окно, км.

Результаты тестовых расчетов значений фактического коэффициента технической готовности и его нормативных значений, выполненные изложенными выше методами, представлены в таблице 1, где используются параметры $t_b = 2$ ч; $v_0 = 25$ км/ч; $t_0 = 10$ ч; $q = 4$. Авторы благодарят Управление пути и сооружений Центральной дирекции инфраструктуры ОАО «РЖД» за предоставление исходных данных для проведения тестовых расчетов.

Авторы выражают благодарность д.т.н. профессору И.Б. Шубинскому за оказанную помощь в работе над статьей.

Выводы

В результате рассмотрения факторов, приводящих к частично работоспособному и неработоспособному состояниям железнодорожного пути предложен метод оценки коэффициента технической готовности участка пути с учетом влияния ограничений скорости движения на пропускную способность и, тем самым, на готовность пути. Рассмотрены аспекты нормирования коэффициента технической готовности. Получены выражения, позволяющие рассчитать фактический коэффициент готовности участка пути с учетом частично работоспособного состояния, а также нормативное значение для данного показателя. Рассмотренные в статье подходы и методы направлены на повышение объективности оценки готовности железнодорожного пути, что позволит принимать более обоснованные решения по его дальнейшей эксплуатации.

Библиографический список

1. Рабчук С.А. Проблемные вопросы развития путевого комплекса [Текст] // Евразия-вести. – 2012. – VIII. – С. 7.
2. ГОСТ Р 55443-2013 Железнодорожный путь. Номенклатура показателей надежности и функциональной безопасности. Утвержден и введен в действие приказом Федерального агентства по техническому регулированию и метрологии от 25 июня 2013 г. № 186-ст. – М.: Стандартинформ, 2013. – 16 с.
3. Справочник инженера-путейца [Текст] / Под ред. В.В. Басилова, М.А. Чернышова. – М.: Транспорт, 1972. – Том 2. – 519 с.
4. Карпущенко Н.И., Труханов П.С. Оценка и прогнозирование надежности рельсов в различных эксплуатационных условиях [Текст] // Известия Транссиба. – 2016. – № 2(26). – С. 118-126.
5. Щепоткин Г.К., Величко Д.В., Славиковская Э.А. Технико-экономическая оценка эффективности бесстыкового пути в условиях Сибири [Текст]. – Новосибирск: Изд-во СГУПС, 2006. – 54 с.
6. Технические условия на работы по реконструкции (модернизации) и ремонту железнодорожного пути [Текст] / ОАО «РЖД», Центр «Транспорт». – 2013. – 236 с.

Сведения об авторах

Юрий А. Кувашов – начальник Отделения ОАО «НИИАС». Москва, Россия, тел. (495) 967-77-05, доб. 558, e-mail: kya2003@inbox.ru

Евгений О. Новожилов – кандидат технических наук, начальник отдела ОАО «НИИАС». Москва, Россия, тел. (495) 967-77-05, доб. 208, e-mail: eo.novozhilov@vniias.ru

Поступила 17.04.2017