

ВЕРОЯТНОСТНОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ РЕЛЬСОВОЙ КОЛЕИ С ГЕОМЕТРИЧЕСКИМИ НЕСОВЕРШЕНСТВАМИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ ЖЕЛЕЗНОДОРОЖНОГО ТРАНСПОРТА

Т.В.Донцова¹, С.В.Доронин²

¹Сибирский федеральный университет, Красноярск

²Учреждение РАН Специальное конструкторско-технологическое бюро «Наука» КНЦ СО РАН, Красноярск

PROBABILISTIC MODELING RAILWAY TRACK WITH GEOMETRICAL IMPERFECTIONS FOR GUARANTEEING RAILWAY TRAFFIC SAFETY

T.V.Dontsova¹, S.V.Doronin²

¹Siberian Federal University, Krasnoyarsk

²Institution of RAS Special Design and Technological Bureau «Nauka» of the KSC SB RAS, Krasnoyarsk

Представлены результаты статистической обработки результатов измерений параметров, характеризующих фактическое состояние рельсовой колеи. Эти параметры описаны нормальным и гамма распределениями.

There are presented the results of statistical processing of measurement data for parameters which characterize railway track actual status. These parameters are defined with normal and gamma distributions.

Железнодорожный путь должен обеспечивать безопасное движение поездов с установленными скоростями, поэтому за его состоянием требуется постоянный контроль, осуществляемый непосредственными осмотрами и проверками с применением специализированных приборов, вагонов-путеизмерителей и т.п. При этом проверяют ширину рельсовой колеи (шаблон), взаимное положение рельсовых нитей по высоте в поперечной плоскости (уровень), положение рельсовых нитей в плане (рихтовка), местные просадки, перекосы, дефекты в рельсах.

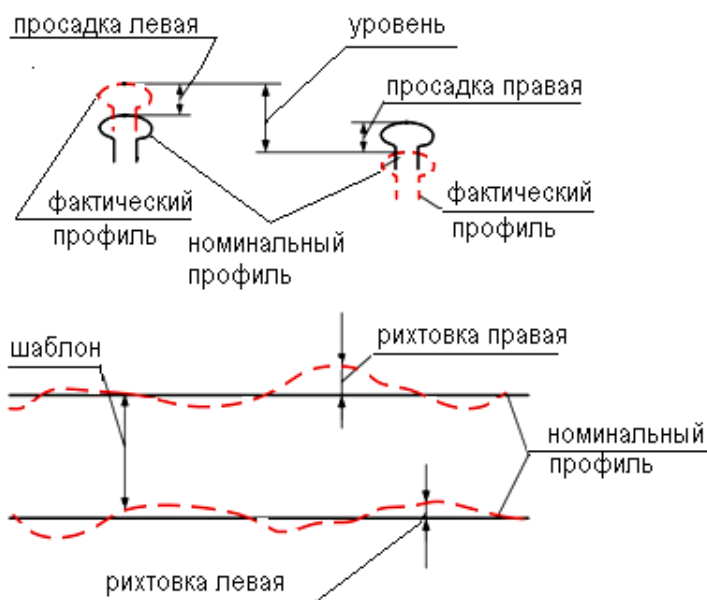


Рис. 1. Параметры отклонения рельсовой колеи от номинального профиля

В настоящее время контроль этих параметров и принятие решения о состоянии рельсовой колеи осуществляется на базе детерминированного подхода, в рамках которого указанные параметры, полученные в ходе эксплуатационного контроля, сравниваются с предельными, регламентируемыми отраслевыми нормативными документами (Инструкция по расшифровке лент и оценке состояния рельсовой колеи по показаниям

путеизмерительного вагона ЦНИИ-2 и мерам по обеспечению безопасности поездов (утв. МПС РФ 14.10.1997 № ЦП-515), Инструкция по текущему содержанию железнодорожного пути (утв. МПС РФ 01.07.2000 № ЦП-774)). Вместе с тем, вероятностная интерпретация результатов инструментального контроля рельсовой колеи открывает возможности использования современных подходов математического и компьютерного моделирования для обеспечения безопасности железнодорожного транспорта.

С помощью бортовой автоматизированной системы путеизмерителя КВЛ-П1М для девяти характерных участков железнодорожного пути на перегоне Красноярск-Дивногорск получены статистические массивы шести параметров, полностью характеризующих состояние рельсовой колеи: шаблон, рихтовка левая и правая, уровень, просадка левая и правая. Статистическая обработка позволила установить, что эти массивы могут быть описаны двумя законами: нормальным или гамма распределениями.

Для полученных массивов числовых характеристик и принятых типов вероятностных распределений определены их параметры: для нормального распределения – математическое ожидание μ и среднеквадратическое отклонение σ , для гамма-распределения – параметры формы α и масштаба β .

Таблица 1. Параметры вероятностных распределений параметров колеи

Величина	Распределение	Параметры распределения
Участок 1		
Шаблон	Нормальное	$\mu = 1522,920; \sigma = 5,580$
Просадка левая	Гамма	$\alpha = 0,780; \beta = 1,107$
Просадка правая	Гамма	$\alpha = 0,699; \beta = 1,040$
Уровень	Гамма	$\alpha = 0,063; \beta = 1,386$
Рихтовка левая	Гамма	$\alpha = 0,597; \beta = 5,797$
Рихтовка правая	Гамма	$\alpha = 0,407; \beta = 3,166$
Участок 2		
Шаблон	Нормальное	$\mu = 1524,482; \sigma = 5,155$
Просадка левая	Нормальное	$\mu = 3,304; \sigma = 8,569$
Просадка правая	Нормальное	$\mu = 3,292; \sigma = 9,038$
Уровень	Нормальное	$\mu = 15,719; \sigma = 18,572$
Рихтовка левая	Нормальное	$\mu = 18,732; \sigma = 12,242$
Рихтовка правая	Нормальное	$\mu = 10,072; \sigma = 11,798$
Участок 3		
Шаблон	Нормальное	$\mu = 1525,036; \sigma = 16,372$
Просадка левая	Гамма	$\alpha = 0,569; \beta = 1,39$
Просадка правая	Нормальное	$\mu = 2,914; \sigma = 4,635$
Уровень	Гамма	$\alpha = 0,084; \beta = 1,66$
Рихтовка левая	Гамма	$\alpha = 0,185; \beta = 1,90$
Рихтовка правая	Гамма	$\alpha = 0,271; \beta = 2,82$
Участок 4		
Шаблон	Гамма	$\alpha = 39,896; \beta = 61091,91$
Просадка левая	Гамма	$\alpha = 0,552; \beta = 1,27$
Просадка правая	Гамма	$\alpha = 0,705; \beta = 1,47$
Уровень	Гамма	$\alpha = 0,055; \beta = 3,16$
Рихтовка левая	Гамма	$\alpha = 0,076; \beta = 2,35$
Рихтовка правая	Гамма	$\alpha = 0,081; \beta = 2,57$
Участок 5		
Шаблон	Нормальное	$\mu = 1523,751; \sigma = 17,927$
Просадка левая	Гамма	$\alpha = 0,789; \beta = 2,17$

Величина	Распределение	Параметры распределения
Просадка правая	Гамма	$\alpha = 0,570; \beta = 1,51$
Уровень	Гамма	$\alpha = 0,241; \beta = 1,31$
Рихтовка левая	Гамма	$\alpha = 0,061; \beta = 1,96$
Рихтовка правая	Гамма	$\alpha = 0,058; \beta = 1,89$
Участок 6		
Шаблон	Нормальное	$\mu = 1522,636; \sigma = 25,656$
Просадка левая	Гамма	$\alpha = 0,600; \beta = 1,27$
Просадка правая	Нормальное	$\mu = 2,291; \sigma = 2,793$
Уровень	Нормальное	$\mu = 6,711; \sigma = 16,121$
Рихтовка левая	Гамма	$\alpha = 0,044; \beta = 0,93$
Рихтовка правая	Гамма	$\alpha = 0,041; \beta = 0,86$
Участок 7		
Шаблон	Нормальное	$\mu = 1530,703; \sigma = 25,574$
Просадка левая	Гамма	$\alpha = 0,804; \beta = 1,66$
Просадка правая	Нормальное	$\mu = 2,301; \sigma = 2,317$
Уровень	Нормальное	$\mu = 53,911; \sigma = 967,362$
Рихтовка левая	Гамма	$\alpha = 0,211; \beta = 3,50$
Рихтовка правая	Нормальное	$\mu = 0,184; \sigma = 2,88$
Участок 8		
Шаблон	Нормальное	$\mu = 1527,192; \sigma = 15,925$
Просадка левая	Гамма	$\alpha = 0,465; \beta = 0,99$
Просадка правая	Гамма	$\alpha = 0,672; \beta = 1,57$
Уровень	Гамма	$\alpha = 0,039; \beta = 1,68$
Рихтовка левая	Гамма	$\alpha = 0,122; \beta = 2,04$
Рихтовка правая	Гамма	$\alpha = 0,130; \beta = 2,32$
Участок 9		
Шаблон	Нормальное	$\mu = 1523,311; \sigma = 11,840$
Просадка левая	Гамма	$\alpha = 0,710; \beta = 1,62$
Просадка правая	Гамма	$\alpha = 0,579; \beta = 1,42$
Уровень	Нормальное	$\mu = 4,996; \sigma = 8,879$
Рихтовка левая	Нормальное	$\mu = 23,343; \sigma = 63,894$
Рихтовка правая	Нормальное	$\mu = 24,400; \sigma = 65,636$

Полученные вероятностные распределения используются при статистическом (Монте-Карло) моделировании отклонений фактических параметров рельсовой колеи от номинальных значений для оценки дополнительных нагрузок на подвижной состав, создающих предпосылки к возникновению аварийных ситуаций.