

Известно, что

$$\sigma = \gamma \bar{q}_0, \quad (5)$$

где γ – коэффициент вариации колебаний осевой нагрузки.

Тогда получим выражение

$$\tilde{w}_0^n = 0,7 + \frac{3 + 0,1v + 0,0025v^2}{\bar{q}_0 (1 - 0,637\gamma^2)}. \quad (6)$$

Для экспоненциального закона распределения колебаний осевой нагрузки основное удельное сопротивление движению груженных вагонов

$$\tilde{w}_{0Э}^n = \int_{q_0^{\min}}^{q_0^{\max}} \left(0,7 + \frac{3 + 0,1v + 0,0025v^2}{q_0} \right) \lambda e^{-\lambda q_0} dq_0, \quad (7)$$

где

$$\lambda[q_0] = \frac{1}{\bar{q}_0}; \quad (8)$$

\bar{q}_0 – среднее значение массы, приходящейся на ось колесной пары.

Преобразуя (7), определим действительное значение основного удельного сопротивления движению грузовых вагонов при экспоненциальном распределении колебаний осевой нагрузки:

$$\begin{aligned} \tilde{w}_{0Э}^n = & 0,7(e^{-\lambda q_{\min}} - e^{-\lambda q_{\max}}) + (3 + 0,1v + 0,025v^2) \lambda \ln \frac{q_{\max}}{q_{\min}} + \\ & + (3 + 0,1v + 0,025v^2) \sum_{n=1}^{\infty} \frac{(-1)^n \lambda^{n+1}}{n!} \cdot \frac{q_{\max}^n - q_{\min}^n}{n}. \end{aligned} \quad (9)$$

Таким образом, изменение нормы расхода топлива на передвижение состава варьируется и осуществляется по нормальному, экспоненциальному и равномерному законам распределения.

УДК 621.311:658.53

НОРМИРОВАНИЕ ТОПЛИВНО-ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ЗАТРАТ НА ТЯГУ ПОЕЗДОВ

Н. В. КИРИК

Белорусский государственный университет транспорта

В основу нормирования топливно-энергетических затрат на тягу поездов положена методика и теория тяговых расчетов, которая, в частности, на железнодорожном транспорте является основой «Правил тяговых расчетов для поездной работы» (далее ПТР), разработанных в середине прошлого столетия.

На нормирование расхода топлива для поездной работы локомотива оказывают влияние следующие факторы: степень использования грузоподъемности вагона; порожний пробег вагонов; основное удельное сопротивление движению вагонов; конструкция и состояние пути; профиль пути; температурные условия; ветровое сопротивление.

Базовой в современной теории тяговых расчетов, а следовательно, и в нормировании топливно-энергетических ресурсов, является концепция, которая сводится к использованию зависимостей типа

$$y = f(x_i), \quad (1)$$

где x_i – факторы, влияние которых на величину y .

Однако в реальных условиях эксплуатации, которые отличаются определенным уровнем неопределенности, не всегда удастся не только точно измерить физические параметры модели, но и нельзя сказать, что они сохранят свои значения неизменными. Таким образом, в общем виде математическая модель должна быть записана в виде

$$y = f(x_i, \alpha, \beta, \gamma, \dots), \quad (2)$$

где б, в, г, ... – параметры, величина которых случайна и может быть установлена только с некоторой вероятностью P или, вообще, задана в некотором интервале $[\alpha_{\min}, \alpha_{\max}]$.

В общем виде норма расхода топлива для локомотивов, $\text{кг} / 10^4 \text{ т} \cdot \text{км}$ брутто, определяется по формуле

$$n = n_{\Pi} + \Delta n_{\tau} + \Delta n_{\chi} + \Delta n_{\text{ст}}, \quad (3)$$

где n_{Π} – соответственно удельный расход топлива на перемещение поезда; Δn_{τ} – расход, отнесенный к измерителю на восстановление скорости движения, потерянной при остановках поезда; Δn_{χ} – удельный расход топлива на холостой ход; $\Delta n_{\text{ст}}$ – удельный расход топлива, связанный со стоянками.

Рассмотрим более подробно расход топлива на перемещение поезда. Он определяется размерами механической работы, кН, совершаемой локомотивом:

$$A = 1000(P + Q)(w_0 + i_3)L, \quad (4)$$

где P – масса локомотива, т; Q – масса состава, т; w_0 – основное удельное сопротивление поезда, Н/кН,

$$w_0 = \frac{Pw_0' + Qw_0''}{P + Q}; \quad (5)$$

w_0' , w_0'' – основное удельное сопротивление локомотива и вагонов, Н/кН; i_3 – средний эквивалентный уклон участка, ‰; L – протяженность участка нормирования.

Норма расхода топлива, $\text{кг} / 10^4 \text{ т} \cdot \text{км}$ брутто, затрачиваемого на передвижение поезда,

$$n = \frac{3,35}{\eta} \cdot \frac{P + Q}{Q} (w_0 + i_3). \quad (6)$$

Из приведенной формулы видно, что норма расхода топлива, затрачиваемого на перемещение поезда, находится в зависимости от множества параметров, а особенно от основного удельного сопротивления поезда, эквивалентного уклона и массы состава.

Определим норму расхода топлива, затрачиваемого на передвижение поезда для средних условий ($Q = 3500$ т, для локомотива 2ТЭ10 $P = 255$ т, $\eta = 1$, $i_3 = -1$ ‰, $q = 14$ т/ось, $v = 60$ км/ч):

$$n = \frac{3,35}{1} \cdot \frac{255 + 3500}{3500} (2,75 - 1) = 6,3 \text{ кг} / 10^4 \text{ т} \cdot \text{км брутто}.$$

Однако современные исследования в этой области привели к тому, что методика расчета основного удельного сопротивления поезда, которая входит в теорию тяговых расчетов ПТР, не учитывает того факта, что в реальных условиях эксплуатации не всегда удается точно измерить физические параметры модели. Нельзя сказать также, что параметры модели свои значения сохраняют неизменными.

УДК 621.9:539.211

ОПТИМИЗАЦИЯ ТОПОГРАФИИ ПОВЕРХНОСТИ АНТИФРИКЦИОННЫХ ПОКРЫТИЙ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ ФРАКТАЛЬНОГО ПОДХОДА

О. С. КИСЕЛЕВСКИЙ

Белорусский государственный университет транспорта

Разработка новых классов нанокпозиционных материалов, обладающих свойством самоадаптации к изменениям условий трения связана с исследованием неравновесных механизмов изнашивания, а также с изучением морфологии контактирующих поверхностей. Специфика фрикционного контакта такова, что традиционно используемые для описания элементов структуры идеализированные термины евклидовой геометрии не в состоянии описать сложность и многофакторность её строения. Базой для количественного описания строения диссипативных структур явилась теория фракталов, в частности, её приложение к физике твёрдого тела, сформулированное в 1977 г. Б. Мандельбротом [1]. Фрактальный подход к параметризации морфологии физических объектов привёл к углублению теоретических представлений о физических и механических свой-