

рееструвати технічні параметри локомотива та психофізіологічні характеристики людини-оператора в ергодичній системі “машиніст-локомотив”.

Розробка і впровадження таких систем є сьогодні актуальним завданням, виходячи з перспективи опанування залізницями України швидкісних пасажирських перевезень, а в подальшому – переходу до управління локомотивом однією особою.

І.Трофимов В.Н. Информационный метод оценки функциональной эффективности эргатических систем // Эргатические системы управления. Вып.1. – К.: Наукова думка, 1974. – С.91-97.

*Отримано 01.03.2002*

УДК 625.03

И.Л.СКУРИХИН, канд. техн. наук, А.В.КОВАЛЕНКО  
*Харьковская государственная академия городского хозяйства*

### **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ КОЛЕС ВАГОНОВ НА РЕЛЬСОВЫЙ ПУТЬ**

Рассматриваются вопросы определения и сравнения напряжений в рельсах под вагонной нагрузкой подвижного состава метрополитена и железной дороги.

Вопросы определения механических нагрузок при взаимодействии колес подвижного состава метрополитена с рельсами являются актуальными с точки зрения определения ресурса последних. Особенно в этом смысле важна количественная оценка контактных напряжений, возникающих в рельсах метрополитена по сравнению с напряжениями в рельсах железнодорожных магистралей.

Решение данной задачи усложняется тем, что целый ряд переменных показателей состояния железнодорожного пути (нормы и допуски в размерах колеи, жесткость пути, конструкция его элементов, состояние и взаимное положение этих элементов и т. д.) и подвижного состава (нормы и допуски в размерах колесных пар, их конструкция, жесткость рессор, состояние элементов конструкции тележки и вагона и т. д.) по-разному влияют друг на друга.

Приведенный ниже расчет предусматривает определение напряжений, возникающих в элементах верхнего строения пути, который состоит из рельсов типа Р-65 с допустимым износом 6 мм на балласте при 1840 шпалах типа ПА или ПБ на километр. Путь в первом варианте расчета представляет собой прямую, во втором – кривую с радиусом 600 м и в третьем – кривую с радиусом 300 м.

Для определения механических напряжений в рельсах под вагонной нагрузкой используется следующая формула [1]:

$$\sigma_k = \frac{f}{4k \cdot W} (P_{ст} + P_p^{cp} + 2,5 \times \sqrt{S_p^2 + S_{нп}^2 + \frac{q_1}{100} \cdot S_{инк}^2 + (1 - \frac{q_1}{100}) \cdot S_{ннк}^2 + \Sigma P_{ср\mu}}), \quad (1)$$

где  $f$  – коэффициент, учитывающий влияние горизонтальных сил в соответствии с влиянием вертикальных сил на головку рельса, принимается в соответствии с [1] равным 1,36; в кривой  $R=600$  м равным 1,39; в кривой  $R=300$  м равным 1,50;  $k$  – коэффициент относительной жесткости, для рельса марки Р-65 принимается как табличное значение, равное  $0,00962 \text{ см}^{-1}$ ;  $W$  – момент сопротивления среза рельса, для рельса марки Р-65 принимается в соответствии с [1] равным  $437 \text{ см}^3$ ;  $P_{ст}$  – статическое давление колеса на рельс, которое можно установить по:

$$P_{ст} = \frac{P_T + P_{max}}{8}, \quad (2)$$

где  $P_T$  – вес вагона метрополитена без пассажиров – 306 кН;  $P_{max}$  – максимальный вес пассажиров, определяемый по формуле

$$P_{max} = E_n \cdot q_{ср}, \quad (3)$$

где  $E_n$  – максимальное количество пассажиров в вагоне, в соответствии с данными исследования по метрополитену принимается равным 270 чел;  $q_{ср}$  – средний вес одного пассажира, 0,7 кН;

Средняя величина дополнительного вертикального усилия от дополнительного динамического прогиба рельсов

$$P_p^{cp} = 0,75 \cdot P_p. \quad (4)$$

Здесь  $P_p$  – величина максимального дополнительного вертикального воздействия на путь от колебания рессор, определяется по формуле

$$P_p = Ж \cdot Z_{max}, \quad (5)$$

где  $Ж$  – жесткость рессор;  $Z_{max}$  – дополнительный прогиб рессор при комбинированном рессорном подвешивании:

$$Z_{max} = 3,27 + 0,033 \cdot V, \quad (6)$$

где  $P_{ср}$  – среднее значение вертикального давления расчетного колеса:

$$P_{ср} = P_{ст} + P_p^{cp}. \quad (7)$$

Среднее дополнительное усилие от колебания рессор

$$S_p = 0,08 \cdot P_p. \quad (8)$$

Среднеквадратичное отклонение дополнительного инерционного вертикального усилия на рельс от влияния неровностей на пути [2]:

$$S_{\text{инк}} = 0,565 \cdot 10^{-8} \cdot \beta \cdot \gamma \cdot L \cdot P_{\text{ср}} \cdot \sqrt{\frac{U}{k}} \cdot \sqrt{q} \cdot V. \quad (9)$$

Здесь  $\beta$  – коэффициент, учитывающий влияние типа рельсов на возникновение динамической неровности, равен 0,85 для рельсов типа Р-65;  $\gamma$  – коэффициент, учитывающий влияние рода балласта на образование динамической неровности пути, принимается равным 1,0;  $L$  – расстояние между осями шпал – 55 см;  $U$  – модуль упругости основания рельса – 26 Н/мм<sup>2</sup>;  $q$  – неподдресоренный вес, который приходится на одно колесо, равен 38,25 кН [10 кН – для вагона железной дороги];  $S_{\text{инк}}$  – среднеквадратичное отклонение дополнительного инерционного вертикального усилия на рельс от влияния изолированной неровности на колесе:

$$S_{\text{инк}} = 0,25 \cdot u_{\text{макс}} \frac{2U}{k} a, \quad (10)$$

где  $u_{\text{макс}}$  – наибольший дополнительный прогиб рельса, вызванный динамическим эффектом неподдресоренной массы, определяется по графической зависимости  $u_{\text{макс}} = f(T_0/T_{\Psi})$  [2].

Для определения  $u_{\text{макс}}$  подсчитываем  $T_0'/T_{\Psi}$  при длине неровности  $l_0 = 20$  и  $T_0''/T_{\Psi}$  при длине неровности  $2l_0$ . Здесь  $T_0$  – время прохождения колесом неровности;  $T_{\Psi}$  – период собственных колебаний колеса и рельса вместе;  $a$  – глубина неровности – 1,33 мм;

$$T_0' = 0,0036 \frac{l_0}{V}; \quad (11)$$

$$T_0'' = 0,0036 \frac{\pi \cdot d}{90}, \quad (12)$$

где  $d$  – диаметр колеса вагона, 0,78 м [0,95 м];

Период собственных колебаний колеса и рельса равен:

$$T_{\Psi} = 5,56 \sqrt{\frac{k \cdot q}{U \cdot g}}, \quad (13)$$

где  $g$  – ускорение силы тяжести – 9,81 м/с<sup>2</sup>;

По существующему условию определяем, что

$$\frac{T_0'}{T_{\Psi}} < 0,71 < \frac{T_0''}{T_{\Psi}}. \quad (14)$$

Из графической зависимости [1] этому значению отвечает величина  $u_{\text{макс}} = 1,47$ ;  $S_{\text{инк}}$  – среднеквадратичное отклонение дополни-

тельного инерционного вертикального усилия на рельс от влияния изолированной неровности на колесе;  $q_1$  – процент колес, имеющих изолированные неровности на колесе от общего количества колес в вагоне. Если нет специально установленных данных, то при расчете принимают обычно  $q_1 = 5\%$ , т.е. считают, что остальные 95% колес имеют лишь непрерывные неровности на поверхности катания колес.

Среднеквадратичное отклонение инерционной силы  $S_{\text{инк}}$ , вызванной непрерывными плавными неровностями на колесе:

$$S_{\text{инк}} = 0,225 \frac{k_1 \cdot U \cdot v^2 \cdot \sqrt{q}}{d^2 \cdot \sqrt{k \cdot U - 3,26k^2 \cdot q}}, \quad (15)$$

где  $k_1$  – коэффициент, учитывающий свойства рельсовой стали – 0,23.

Среднеквадратичное отклонение суммарного влияния перемещения сил определяем по формуле

$$S = \sqrt{S_p^2 + S_{\text{ип}}^2 + \frac{q_1}{100} \cdot S_{\text{инк}}^2 + (1 - \frac{q_1}{100}) \cdot S_{\text{инк}}^2}. \quad (16)$$

Для нахождения величины  $\Sigma P_{\text{ср}\mu}$  необходимо учесть следующее: поскольку  $x = l_1 = 2,1$  м (где  $l_1$  – база тележки), то  $kx = 2,02$ .

Из [1] определяем величину  $\mu = -0,1771$

[ $x = l_1 = 1,8$  м,  $kx = 2,22$ ;  $\mu = -0,1522$  – для железной дороги].

То есть напряжения в рельсах равны:

$$\sigma_k = \frac{f}{4 \cdot K \cdot W} (P_{\text{ст}} + 0,75P_p + 2,5S + \Sigma P_{\text{ср}\mu}). \quad (17)$$

Если в расчетные формулы (1)-(17) подставить числовые значения и произвести расчеты, то по их результатам (табл.1,2) можно сделать следующие выводы:

Таблица 1

Вид подвижного состава	$P_{\text{ст}}$ , кН	$Z_{\text{max}}$ , м	$P_p$ , кН	$P_p^{\text{ср}}$ , кН	$P_{\text{ср}}$ , кН	$S_p$ , кН	$S_{\text{ип}}$ , кН	$T_o'$	$T_o''$	$T_{\text{ф}}$
метрополитен	61,88	0,0059	10,03	7,52	69,4	0,8	14,91	0,009	0,1102	0,0668
жел. дорога	102	0,0059	31,3	23,5	125,5	2,5	13,78	0,009	0,1342	0,0341

Таблица 2

Вид подвижного состава	$T_o'/T_{\text{ф}}$	$T_o''/T_{\text{ф}}$	$S_{\text{инк}}$ , кН	$S_{\text{инк}}$ , кН	$S$ , кН	$\Sigma P_{\text{ср}\mu}$ , кН	$\sigma_k$ , МПа ( $f=1,36$ )	$\sigma_k$ , МПа ( $f=1,39$ )	$\sigma_k$ , МПа ( $f=1,50$ )
метрополитен	0,135	1,65	26,42	7,54	16,05	-12,3	78,64	80,38	86,74
жел. дорога	0,264	3,94	26,42	2,03	15,3	-19,1	116,97	119,55	129,01

Колеса вагонов метрополитена и железной дороги при радиусе кривой 600 м вызывают контактные напряжения на 2,2 % больше, чем на прямых участках пути, а при радиусе кривой 300 м соответственно на 10,3% больше. Колеса вагонов железной дороги по сравнению с колесами вагонов метрополитена вызывают увеличение механических напряжений в рельсах на 48,7 %.

1. Правила производства расчетов верхнего строения железнодорожного пути на прочность // ЦНИИ, утв. МПС 25/Ш 1954.

2. Шахуняц Г. М. Железнодорожный путь. – М.: Трансжелдориздат, 1961.

*Получено 01.03.2002*

УДК 621.333

**Н.В. БЕЛОУС, С.О. ЗАКУРДАЙ**

*Харківська державна академія міського господарства*

### **ВПЛИВ НА КОЕФІЦІЄНТ ТЕХНІЧНОЇ ГОТОВНОСТІ ПАРКУ РУХОМИХ ОДИНИЦЬ МІСЬКОГО ЕЛЕКТРОТРАНСПОРТУ ПЕРЕРОЗПОДІЛОМ ФОНДУ ЧАСУ СИСТЕМИ ТЕХНІЧНОГО ОБСЛУГОВУВАННЯ ТА РЕМОНТУ**

Обґрунтовано можливість поліпшення показників роботоздатності парку рухомих одиниць міського електротранспорту перерозподілом фонду часу системи технічного обслуговування та ремонту.

На відміну від окремої рухомої одиниці, що має кінцевий технічний ресурс, наявний парк рухомого складу є безперервно відновлюваним об'єктом, в якого поточна технічна готовність визначається одночасною дією двох чинників – інтенсивністю заміни одиниць, що відпрацювали встановлений термін, та ефективністю спрямованої на підтримання належної роботоздатності системи технічного обслуговування та ремонту. В кризових умовах, коли перший чинник – придбання нового рухомого складу замість повністю амортизованого – відсутній, подальше існування міського електротранспорту визначається виключно досконалістю прийнятої системи.

Відповідно до діючого ще з часів Союзу положення про технічне обслуговування та ремонт будь-яка рухома одиниця (РО) може перебувати в роботоздатному стані (на лінії), на технічному обслуговуванні (ТО-1, ТО-2), на відстої або в середньому (СР) чи капітальному (КР) ремонті. Зважаючи на непередбачені обставини, до загальної кількості ремонтів треба додавати до 3% так званих непланових ремонтів (НР). Таким чином кожна одиниця може перебувати в одно-