

## ВПЛИВ ПАРАМЕТРІВ ДВОШАРОВОГО МАЩЕННЯ НА РЕСУРС РЕЙОК ЗАЛІЗНИЧНОГО ТРАНСПОРТУ

### THE IMPACT OF TWO-LAYER LUBRICATION PARAMETERS ON RESOURCE OF RAILWAY TRANSPORT RAILS

*д-р техн. наук С.В. Воронін, Б.С. Асадов,  
канд. техн. наук В.О. Стефанов, канд. техн. наук Д.В. Онопрейчук,  
канд. техн. наук А.О. Бабенко*

*Український державний університет залізничного транспорту*

*S.V. Voronin, D.Sc. (Tech.), B.S. Asadov,  
V.O. Stefanov, PhD (Tech.), D.V. Onopreichuk, PhD (Tech.),  
A.O. Babenko, PhD (Tech.)*

*Ukrainian State University of Railway Transport*

В роботі [1] були наведені фізичні уявлення щодо позитивного впливу двошарового мащення на знос та ресурс рейок при змащуванні їх бокової робочої поверхні аерозольним методом. Основними факторами, що впливають на зменшення зношування рейок при реалізації двошарового змащення є: підвищення фактичної площі контакту за рахунок заповнення нерівностей поверхні антифрикційною добавкою (графіт, дисульфід молібдену); підвищення товщини та несучої здатності молекулярної граничної плівки оливи, що утворюється на поверхні тертя, вкритій першим шаром. Тобто, основними параметрами двошарового мащення можна вважати концентрацію антифрикційної добавки в оливі, достатню для заповнення об'єму нерівностей поверхні та товщину граничної молекулярної плівки.

Не зважаючи на логічність наведених фізичних уявлень, питання теоретико-експериментального обґрунтування впливу вказаних параметрів двошарового мащення на ресурс рейок відсутні. Саме цим питанням присвячене теперішнє дослідження. На першому етапі була розроблена математична модель ресурсу рейок залізничного транспорту, яка має вигляд системи рівнянь, наведених нижче:

$$T(m_{vag}, c_{gr}) = \frac{I_{LIM}}{I_{ic}(m_{vag}, c_{gr}) \cdot n_{par}} \cdot m_{vag} \quad (1)$$

$$I_{LIM} = S_{kon} \cdot h_{LIM} \cdot \rho_{st} \quad (2)$$

$$I_{ic}(m_{vag}, c_{gr}) = \Delta V_{seg}(m_{vag}, c_{gr}) \cdot n_{pl} \cdot \rho_{st} \quad (3)$$

$$\Delta V_{seg}(m_{vag}, c_{gr}) = \pi \cdot \int_{Rp(m_{vag}) - \Delta Rp(m_{vag}, c_{gr})}^{Rp(m_{vag})} (Ra^2 - x^2) dx \quad (4)$$

$$Rp(m_{vag}) = \sqrt{Ra^2 - \frac{P_{max}(m_{max})}{\pi \cdot \sigma_{st}}} \quad (5)$$

$$\Delta Rp(m_{vag}, c_{gr}) = \frac{P_i(m_{vag}, c_{gr}) \cdot Rp(m_{vag})}{E \cdot S_{pl}(m_{vag}) \cdot n_{IC}(m_{vag}, c_{gr})} \quad (6)$$

$$P_i(m_{vag}, c_{gr}) = \frac{m_{vag} \cdot 10^3 \cdot g}{n_{par} \cdot 2 \cdot n_{pl}} \cdot 0.6 - \sigma_{gr} \cdot S_{gr} \quad (7)$$

$$S_{pl}(m_{vag}) = \pi(Ra^2 - Rp(m_{vag})^2) + \pi((Ra + h_{oil})^2 - Ra^2) \quad (8)$$

$$S_{gr}(m_{vag}, c_{gr}) = \sqrt{S_{graf}(m_{vag})^2 - S_{graf}(m_{vag})^2 \left(1 - \frac{c_{gr}}{c_{LIM}(m_{vag})}\right)^2} \quad (9)$$

$$n_{IC}(m_{vag}, c_{gr}) = \left( \frac{\sigma_{st}}{P_i(m_{vag}, c_{gr}) / S_{pl}(m_{vag})} \right)^6 \quad (10)$$

$$S_{graf}(m_{vag}) = 4 \cdot Ra^2 - \pi(Ra^2 - Rp(m_{vag})^2) \quad (11)$$

$$c_{LIM}(m_{vag}) = \frac{4 \cdot Ra^2 \cdot Rp(m_{vag}) - \pi \left( \int_0^{Rp(m_{vag})} (Ra - x)^2 dx \right)}{16 \cdot Ra^2 \cdot Rp(m_{vag})} \cdot 100 \quad (12)$$

В залежностях (1) – (12) введені наступні позначення:  $T$  – ресурс рейки, млн.т.брутто;  $m_{vag}$  – поточна маса вагону, т;  $m_{max}$  – максимальна маса вагону, т;  $c_{gr}$  – концентрація графіту в оливі, %;  $h_{oil}$  – товщина граничної плівки, м;  $I_{LIM}$  – граничний ваговий знос, кг;  $I_{ic}$  – знос за один цикл навантаження, кг;  $n_{par}$  – кількість колісних пар на вагоні;  $S_{kon}$  – контурна площа контакту,  $m^2$ ;  $h_{LIM}$  – граничний лінійний знос, м;  $\rho_{st}$  – щільність рейкової сталі,  $kg/m^3$ ;  $n_{pl}$  – кількість нерівностей на контурній площі контакту, од;  $\Delta V_{seg}$  – об'єм зношеного матеріалу на 1 нерівність,  $m^3$ ;  $Ra$  – початковий радіус нерівності, м;  $P_{max}$  – максимальне бокове навантаження на рейку, Н;  $P_i$  – навантаження на одну нерівність, Н;  $Rp$  – висота нерівності після пластичної деформації від  $P_{max}$ , м;  $\sigma_{st}$  – межа текучості рейкової сталі, МПа;  $\sigma_{gr}$  – межа міцності графіту, МПа;  $E$  – модуль пружності рейкової сталі, МПа;  $\Delta Rp$  – одиничний знос  $i$ -ї нерівності за відповідну кількість циклів, м;  $c_{LIM}$  – граничне значення концентрації графіту в оливі, %;  $n_{IC}$  – кількість циклів до зносу нерівності на значення  $\Delta Rp$ ;

Подальші дослідження спрямовані на експериментальну верифікацію отриманої математичної моделі.

[1] Voronin S. Study of the process of lubricant application on the friction surface using aerosol lubricators / S. Voronin, I. Hrunyk, V. Stefanov, D. Onoprychuk, B. Asadov // International Journal of Engineering & Technology. – 7 (4.3), 2018. – p. 20-24.