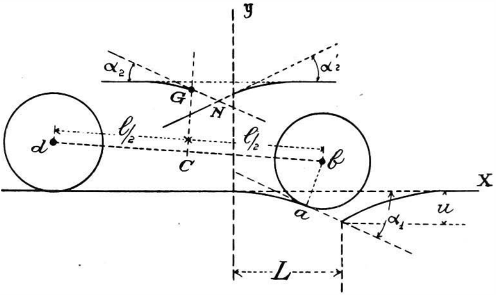
Aprecierea rezistenţei trenurilor

datorită denivelărilor la rosturi

In mişcarea vehiculelor pe o linie ferată travaliul întrebuinţat pentru menţinerea lor in mers cu o viteză anumită depinde şi de buna sau reaua stare a căei. Printre pierderile de travaliu rezultate din denivelarile căei se deosibesc acele ce se produc la trecerea în dreptul rosturilor. In restul corpului şinei denivelarile se racordează



prin părţi care fac ca centrul de greutate al vehiculului să-şi schimbe mai treptat, mai puţin brusc direcţiunea pe curba pe care se mişcă. Denivelările la rosturi însă se prezintă mai apropiat ca puncte de rebrusment ale profilului feţei de rulaj a şinei.

Să evaluăm punându-ne in anumite condițiuni, cu ajutorul unor ipoteze și prin mijloace simple această pierdere de travaliu. Prin ipoteze simple căci circumstanțele in care se produce faptul sunt foarte felurite și ipoteze deosebite intre oare-care limite pot fi considerate ca reprezentând o mijlocie valabilă.

Considerăm mișcarea vagoanelor cu două osii.

Presupunem profilul suprafeței de rulment a șinei o linie dreaptă curbându-se după o parabolă cu axul perpendicular pe această dreaptă către punctul jos in dreptul rostului.

Ecuația parabolei.

$$Y = -\frac{m}{2} X^2$$

Curba, ce va descrie punctul b, centrul circomferenței roții, va avea in acest punct aceiași tangentă ca și parabola in punctul a corespunzător lui b.

Coordonatele x_2 și y_2 ale punctului b satisfac relațiunile, x_1 și y_1 fiind coordonatele punctului a și x raza roții la suprafața de rulagiu.

$$y_2 - y_1 + \frac{dx_1}{dy_1}(x_1 - x_2)$$

$$(y_2 - y_1)^2 + (x_2 - x_1)^2 = r^2$$

Avem dar

$$(dy_2 - dy_1)(y_2 - y_1) + (dX_2 - dX_1)(x_2 - x_1) = o$$

$$\frac{dy_2 - dy_1}{dx_2 - dx_1} = \frac{dy_1}{dx_1} = \frac{dy_2}{dx_2}$$

Să insemnăm cu x_3 și y_3 coordonatele punctului c la jumătatea liniei bd.

Avem

$$x_3 = x_2 - \frac{1}{2}\sqrt{l^2 - (r - y_2)^2}, \quad y_3 = \frac{1}{2}(R + y_2),$$

l fiind distanța bd.

Fie x_4 și y_4 coordonatele centrului de greutate G, al masei vagonului. Acest centru se găsește pe o perpendiculară in punctul c la linia db (vagonul simetric incărcat) și la o distanța k de această linie. Avem relațiunile următoare:

$$y_4 - y_3 = \frac{\sqrt{l^2 - (r - y_2)^2}}{r - y_2}(x_4 - x_3)$$

$$(y_4 - y_3)^2 + (x_4 - x_3)^2 = k^2$$

De unde

$$x_4 - x_3 = \frac{k\,(r - y_2)}{l}$$

$$y_4 - y_3 = \frac{k\sqrt{l^2\,(r - y_2)^2}}{l}$$

Diferențiind avem:

$$dy_4 = dy_3 + \frac{k\,(r - y_2)}{l\sqrt{l^2 - (r - y_2)^2}}\,dy_2$$

$$dx_4 = dx_3 - \frac{k}{l}\,dx_2$$

Dar:

$$dy_3 = \frac{1}{2}\,dy_2$$

$$dx_3 = dx_2 - \frac{1}{2}\,\frac{x - y_2}{\sqrt{l^2 - (x - y_2)^2}}\,dy_2$$

Inlocuind in valorile lui dx_3 și dy_4 avem:

$$dy_4 = dy_2\left(\frac{1}{2} + \frac{k\,(r - y_2)}{l\sqrt{l^2 - (r - y_2)^2}}\right) \qquad (1)$$

$$dx_4 = dx_2\left(1 - \frac{r - y_2}{\sqrt{l^2 - (r - y_2)^2}}\,\frac{dy_2}{dx_2} - \frac{k}{l}\,\frac{dy_2}{dx_2}\right) \quad (2)$$

y_2 are valoarea $y_1 + \frac{r}{\sqrt{1 + m^2 \times_1{}^2}}$

Cu T și T′ am insemnat pe figură tangentele în punctul N la curba ce descrie centrul de greutate G, făcând între ele un unghiu $= 2\,\alpha_2$ (facem $\alpha_2 = \alpha'_2$, aceste două unghiuri diferind puțin în cazul nostru).

Fie V viteza trenului pe care o luam ca viteză a punctului G, pe direcțiunea T în punctul N. Componenta vitezei pe o direcțiune perpendiculară la direcțiunea T′ c:

$$V\ \mathit{sin}\ 2\,\alpha_2$$

Numind m masa al cărui centru de greutate c G, la trecerea unei osii la pantă se pierde travaliul

$$\frac{1}{2}\,m\,(V\ \mathit{sin}\ 2\,\alpha_2)^2$$

Când vagonul parcurge o distanţă egală cu lungimea unei şine, dacă distanţa între osii e deosebită de lungimea unei şine, fie-care din cele două osii trece o dată la rost. Travaliul pierdut e deci

$$m\,(V \; sin \; 2\,\alpha_2)^2$$

şi, λ fiind lungimea unei şine, pe unitatea de lungime de cale parcursă

$$Tr = \frac{m}{\lambda}\,(V \; sin \; 2\,\alpha_2)^2 \qquad (3)$$

Când distanţa l între osii e egală cu lungimea unei şine sau un multiplu exact al acesteia, ceea-ce pentru vagoane cu 2 osii în practică nu se întâlneşte, atunci centrul de greutate G, descrie o curbă identică cu c şi b şi in acest cas $\alpha_1 = \alpha_2$. Deci travaliul pierdut e

$$Tr = \frac{m}{2\,\lambda}\,(V \; sin \; 2\,\alpha_1)^2 \qquad (4)$$

Să căutăm valoarea lui x_1 pentru care centrul de greutate G, işi schimbă brusc direcţiunea pe curbă ce descrie. Abscisa x_1 e dată de relaţia

$$x_1 + \frac{r\,m\,x_1}{\sqrt{1 + m^2\,X_1^2}} = L$$

L având însemnarea arătată în figură. Ne punem in cazul, u fiind $= y_1$ pentru $X_1 = L$

$L = 400$ mm. $\quad u = -2$ mm. $\quad r = 450$ mm.

atunci $m = \frac{1}{40000}$ şi ecuaţia (5) devine

$$\frac{450^2\;x_1^2}{40000^2} = (400 - x_1)^2\left(1 + \frac{\lambda_1^2}{40000^2}\right)$$

Ecuaţia de gradul al 4-lea. Termenul $\frac{x_1^2}{40000^2}$ fiind insă mic faţă de 1 căci valoarea lui x_1 ce căutăm nu poate fi mai mare ca 400, il putem neglija şi ecuaţia de gradul al 2-lea

$$\frac{450\,X_1^2}{40000^2} = (400 - x)^2$$

ne dă o soluţiune aproximativă

Avem cu aproximaţie mai mică ca 1 mm.

$$x = 396 \text{ mm.}$$

ecuaţia parabolei ne dă $y_1 = -1{,}96$ mm.

y_2 este apropiat egal cu $r + y_1$ şi $r - y_2 = -y_1 = 1{,}96$ mm.

Raportându-ne la valorile lui l şi k ce se pot întâlni în practică vedem că ecuaţiunile (1 *pi* (2) se pot scric, neglijând termenii mici faţă de cei ce îi păstrăm

$$d\,y_1 = \frac{1}{2}\,d\,y_2$$

$$d\,x_4 = \quad d\,x_2$$

$$\frac{d\,y_4}{d\,x_4} = \frac{1}{2}\;\frac{d\,y_2}{d\,x_2}\;\frac{1}{2}\;\frac{d\,y_1}{d\,x_1}$$

Ori $tg\,\alpha_1 = \frac{d\,y_1}{d\,x_1} = -m\,x_1 = -\frac{396}{40000} = -0.0099$

$$tg\,\alpha_2 = \frac{d\,y_4}{d\,x_4} = -\frac{0.0099}{2} = -0.00495$$

Din cauza valorii mici a unghiului α_2 putem pune

$$tg\,\alpha_2 = sin\,\alpha_2 \text{ şi } sin\;2\,\alpha_2 = 2\,sin\,\alpha^2$$

Introducând în formula (3) în care înlocuim pe m prin $\frac{P}{g}$, P greutatea masei m, g accelcraţia gravităţii şi făcând $V = 20000$ kgr. $k = 9$ m şi $V = 15$ m/sec. avem

$$Tr = \frac{20000}{9 \cdot 9{,}81}(15.\ 2.\ 0{,}00495)^2 = 4{,}98 \text{ kgr. metri/m.}$$

Dacă termenul

0,08 P V kgr. metri/m. (P *in tone*, V *in* km./oră) al formulei experimentale, care dă resistenţa unui tren în mers, exprimă resistenţa datorită tuturor inegalităţilor căci, traverselor rău lucrate etc., valoarea găsită de 4.98 kgr. metri/m. este $\frac{1}{17}$ din această resistenţă; însă în afară de denivelarea de 2 mm. la rost am presupus calea in perfectă stare, resistentă şi stabilă.

Este de notat modul cum creşte cantitatea travaliului pierdut când creşte valoarea denivelării. Acesta reese din expresia

$$Tr = \frac{P}{k\,g}\left(V.\ 2.\ \frac{u.\ x_1}{L^2}\right)^2$$

Ast-fel dacă menținem cele-lalte date însă facem $u = -3$ m m și $u = -4$ mm.

$$\text{găsim } Tr = \frac{20000}{9 \times 9{,}81} \, 15.\ 2.\ 0{,}00735)^2 = 11 \text{ kgr. m. m.}$$

$$\text{respectiv } Tr = \frac{20000}{9 \times 9{,}81} \, (15.\ 2.\ 0{,}0098)^2 = 19 \text{ kgr. m. m.}$$

Pentru a obține o creștere egală în valoarea travaliului pierdut nu prin creșterea denivelării ci prin aceia a vitezei trebue să trecem de la $V = 15$ m./sec (54 km./oră) la $V = 22$ m. sec (79 km./oră) sau 29 m./sec (104 km./oră).

Rezultatul cercetării dă seamă de fapte care în realitate se produc în condițiuni numai apropiate de cele admise; se poate conchide totuși că resistența ce întâmpină trenul în mers crește repede cu denivelarea.

TRAIAN RIPIANU
Inginer în Serviciul Intreținerii C. F. R