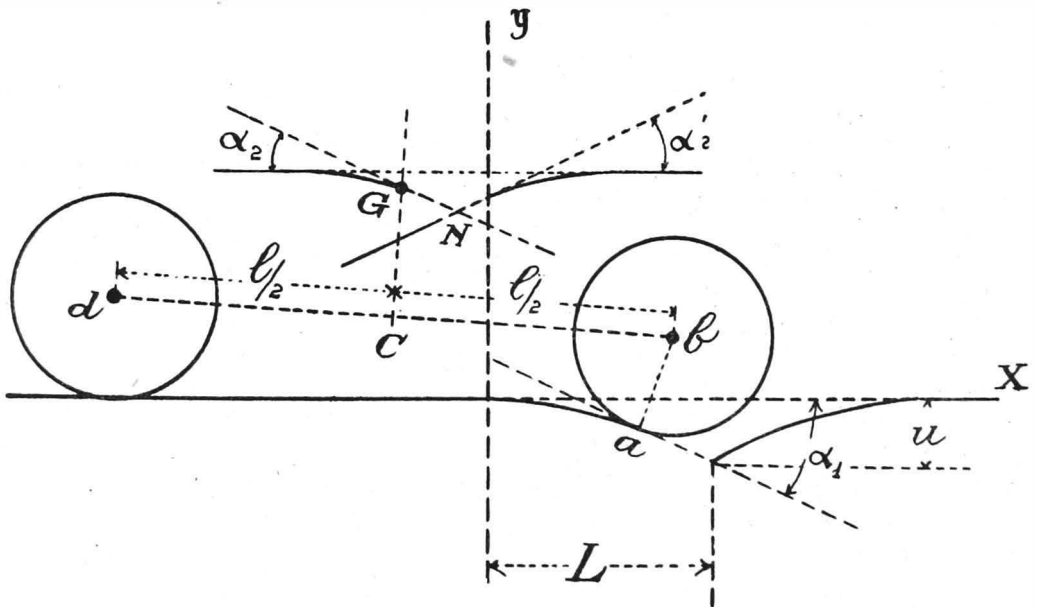


Aprecierea rezistenței trenurilor

datorită denivelărilor la rosturi

În mișcarea vehiculelor pe o linie ferată traviulul întrebuințat pentru menținerea lor în mers cu o viteză anumită depinde și de buna sau reaua stare a căii. Printre pierderile de traviulul rezultate din denivelările căii se deosebesc acele ce se produc la trecerea în dreptul rosturilor. În restul corpului șinei denivelările se racordează



prin părți care fac ca centrul de greutate al vehiculului să-și schimbe mai treptat, mai puțin brusc direcțiunea pe curba pe care se mișcă. Denivelările la rosturi însă se prezintă mai apropiat ca puncte de rebrusment ale profilului feței de rulagiu a șinei.

Să evaluăm punându-ne în anumite condițiuni, cu ajutorul unor ipoteze și prin mijloace simple această pierdere de travaliu. Prin ipoteze simple căci circumstanțele în care se produce faptul sunt foarte felurite și ipoteze deosebite între 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 aceasta dreaptă către punctul jos în dreptul rostului.

Ecuția parabolei.

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

Curba, ce va descrie punctul b , centrul circomferenței roții, va avea în acest punct aceeași tangentă ca și parabola în 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 r 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

$$(dy_2 - dy_1) (y_2 - y_1) + (dx_2 - dx_1) (x_2 - x_1) = 0$$

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

Să însemnăm 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 în punctul c la linia db (vagonul simetric încărcat) și la o distanță 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 :

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

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

Înlocuind în valorile lui dx_3 și dy_4 avem :

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

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

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

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

Fie V viteza trenului pe care o luăm ca viteză a punctului G , pe direcțiunea T în punctul N . Componenta vitezei pe o direcțiune perpendiculară la direcțiunea T' c :

$$V \sin 2\alpha_2$$

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

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

Când vagonul parcurge o distanță egală cu lungimea unei șine, dacă distanța între osii e deosebită de lungimea unei șine, fie-care din cele două osii trece o dată la rost. Trivialul pierdut e deci

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

și, λ fiind lungimea unei șine, pe unitatea de lungime de cale parcursă

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

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

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

Să căutăm valoarea lui x_1 pentru care centrul de greutate G , își schimbă brusc direcțiunea pe curbă ce descrie. Abscisa x , e dată de relația

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

L având însemnarea arătată în figură. Ne punem în cazul, u fiind $= y_1$ pentru $x_1 = L$

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

atunci $m = \frac{1}{40000}$ și ecuația (5) devine

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

Ecuația de gradul al 4-lea. Termenul $\frac{x_1^2}{40000^2}$ fiind însă mic

față de 1 căci valoarea lui x_1 ce căutăm nu poate fi mai mare ca 400, îl putem neglija și ecuația de gradul al 2-lea

$$\frac{450 x_1^2}{40000^2} = (400 - x)^2$$

ne dă o soluțiune aproximativă

Avem cu aproximație mai mică ca 1 mm.

$$x_1 = 396 \text{ mm.}$$

ecuația parabolei ne dă $y_1 = -1,96$ mm.

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

Raportându-ne la valorile lui l și k ce se pot întâlni în practică vedem că ecuațiunile (1) și (2) se pot scrie, neglijând termenii mici față de cei ce îi păstrăm

$$d y_4 = \frac{1}{2} d y_2$$

$$d x_4 = d x_2$$

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

$$\text{Ori } t g \alpha_1 = \frac{d y_1}{d x_1} = -m x_1 = -\frac{396}{40000} = -0,0099$$

$$t g \alpha_2 = \frac{d y_4}{d x_4} = -\frac{0,0099}{2} = -0,00495$$

Din cauza valorii mici a unghiului α_2 , putem pune

$$t g \alpha_2 = \sin \alpha_2 \text{ și } \sin 2 \alpha_2 = 2 \sin \alpha_2^2$$

Introducând în formula (3) în care înlocuim pe m prin $\frac{P}{g}$,

P greutatea masei m , g accelerația gravitației și făcând $V = 20000$ kgr. $\lambda = 9$ și $V = 15$ m/sec. avem

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

Dacă termenul

$0,08 P V$ kgr. metri/m. (P în tone, V în km./oră) al formulei experimentale, care dă rezistența unui tren în mers, exprimă rezistența datorită tuturor inegalităților căci, traverselor rău lucrate etc., valoarea găsită de 4.98 kgr. metri/m. este $\frac{1}{17}$ din această resis-

tență; însă în afară de denivelarea de 2 mm. la rost am presupus calea în perfectă stare, rezistentă și stabilă.

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

$$Tr = \frac{P}{\lambda g} \left(V \cdot 2 \cdot \frac{u \cdot x_1}{L^2} \right)^2$$

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 aceea a vitezei trebuie 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 rezistența ce întâmpină trenul în mers crește repede cu denivelarea.

TRAIAN RIPIANU

Inginer în Serviciul Intreținerii C. F. R.