

ZBIGNIEW SCHNEIGERT

NUMERYCZNA METODA OBLICZANIA SIŁ
OSIOWYCH W LINACH KOLEI LINOWYCH

Obliczenie wielkości sił osiowych / stycznych / lin napędnych kolei dwulinowych i nośnonapędnych kolei jednolinowych jest konieczne dla obliczenia lin i mocy napędu. Ich wielkość zależy od profilu trasy, położenia stacji napinającej / na górze czy na dole trasy /, położenia stacji napędnej / na górze czy na dole trasy / i od kierunku jazdy załadowanych wagonów / do góry czy na dół /. W zależności od tych założeń można rozróżnić osiem przypadków ruchu / tabl. 1/.

Ogólne równanie sił osiowych występujących w linie ma postać:

$$S = S_o \pm S_h \pm S_w \pm S_t \pm S_b$$

gdzie:

- S_o - wielkość ciężaru napinającego,
- S_h - ciężar własny liny,
- S_w - ciężar wagonów,
- S_t - tarcie liny na rolkach podporowych i kół wagonów
- S_b - bezwładność urządzenia.

Wprowadzając odpowiednie wartości na siły składowe, równanie przybierze postać:

$$S = S_o \pm g' \cdot h \pm n \cdot Q_r \cdot \sin \alpha + / n \cdot Q_r \cdot \cos \alpha + q' \cdot l / \mu \pm \\ \pm / n \cdot Q_r + q' \cdot l' / \frac{P}{G} \quad /1/$$

gdzie:

- q' - ciężar jednostkowy liny odrzutowany na poziom,
- h - różnicy wysokości stacji,
- α - nachylenie trasy,
- Q_r - ciężar wagonu,
- l - długość trasy w poziomie,

- l' - długość rzeczywista liny,
 p - przyspieszenie liny,
 g - przyspieszenie ziemskie,
 n - ilość wagonów,
 μ - współczynnik tarcia / łączny/.

Oznaczając wielkość sił osiowych w zależności od odpowiedniego odcinka trasy przez:

- S_1 = siła w linii wyjściowej stacji dolnej
 S_2 = siła w linii wejściowej stacji górnej
 S_3 = siła w linii wyjściowej stacji górnej
 S_4 = siła w linii wejściowej stacji dolnej

/ rys. 1/

W czasie ruchu należy odróżnić ciężar wagonów pustych Q_0 , pełnych Q_w i Q' ciężar ładunku. W zależności od odcinka trasy wielkość siły osiowej przyjmie wartości jak poniżej:

$$S = S_0$$

$$S = S_0 \pm q'h \pm n Q_w \sin \alpha \pm /n Q_w \cos \alpha + q'l'/\mu \pm n / Q_w + q'l' / \frac{p}{g}$$

$$S = S_0 \pm q'h \pm n Q_0 \sin \alpha \pm /n Q_0 \cos \alpha + q'l'/\mu \pm n / Q_0 + q'l' / \frac{p}{g}$$

$$S = S_0 \pm n Q' \cos \alpha \pm [n / Q_w + Q_0 / \cos \alpha + 2 q'l']\mu \pm [n Q_w + g'l' / \frac{p}{g} + /n Q_0 + q'l' / \frac{p}{g}] \quad /2/$$

oznaczymy przez:

$$A = g'h$$

$$C_1 = /n Q_w \cos \alpha + q'l'/\mu$$

$$B_1 = n Q_w \sin \alpha$$

$$C_2 = /n Q_0 \cos \alpha + q'l'/\mu$$

$$B_2 = n Q_0 \sin \alpha$$

$$C_3 = [n / Q_w + Q_0 / \cos \alpha + 2 q'l']\mu \quad /3/$$

$$B_3 = n Q' \sin \alpha$$

$$D_1 = /n Q_w + q'l' / \frac{p}{g}$$

$$D_2 = /n Q_0 + q'l' / \frac{p}{g}$$

Wówczas siły osiowe możemy przedstawić w następującej postaci:

$$S = S_0$$

$$S = S_0 \pm A \pm B_1 \pm C_1 \pm D_1$$

$$S = S_0 \pm A \pm B_2 \pm C_2 \pm D_2$$

$$S = S_0 \pm B_3 \pm C_3 \pm / D_1 + D_2 / \quad /4/$$

Znaki przy poszczególnych wyrazach zależą od kierunku ruchu. Uwzględniając osiem różnych układów / tabl. 1 i rys. 1/ można ułożyć tablicę / tabl. 2/.

W tablicy tej też można ująć wielkości sił obwodowych, jako różnicę sił osiowych liny występującej i zstępującej z koła napędnego. W tablicy przy symbolu D_1 i D_2 znak plus obowiązuje przy ruszaniu urządzenia, a znak minus w czasie hamowania, w czasie jazdy oba symbole równają się zero. W pewnych przypadkach siła obwodowa może być ujemną, oznacza to, że ruch odbywa się grawitacyjnie i potrzebne jest tylko urządzenie hamownicze. Może to się zdarzyć przy stromych trasach, jeżeli ruch załadowanych wagonów odbywa się w dół trasy.

Tablica "2" może również posłużyć do obliczania sił osiowych tras o profilu zmiennym, tj. o różnych nachyleniach. Wówczas każdy odcinek tej trasy będzie odpowiadał odpowiedniemu schematowi trasy / tabl. 1/, zaś w punktach przegięcia się profilu trasy, tj. przejścia od jednego schematu do następnego, siły osiowe w tej samej linii odcinka pierwszego będą się równać siłom osiowym następnego odcinka. Sytuację tę przedstawia się na przykładzie trasy, w której stacja napędna znajduje się na górze trasy, napinająca na dole, a ruch załadowanych wagonów odbywa się do góry. Wówczas obowiązujące schematy będą jak podaje tablica 3 i rysunek 2.

Uwaga: niniejsza praca jest częścią pracy doktorskiej, której promotorem był Prof. dr inż. Oktawian Popowicz.

Przypadki ruchu kolei linowej

Tablica 1

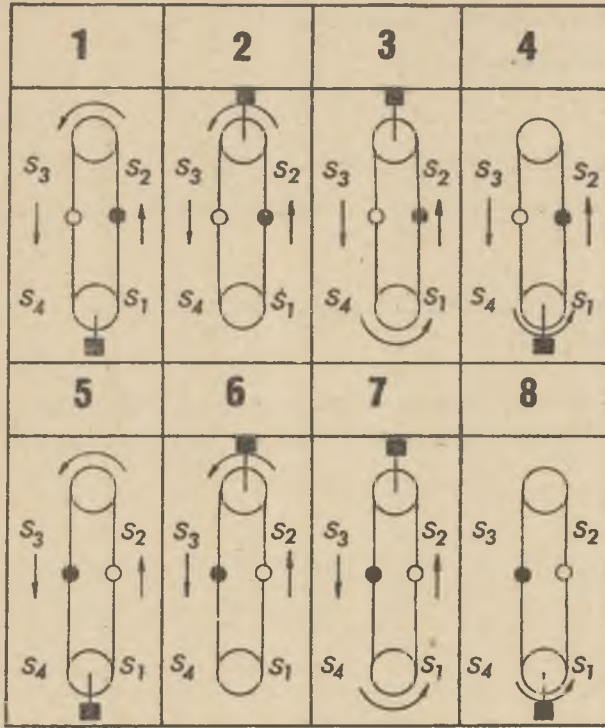
Lp.	Położenie stacji napędnej	Położenie stacji napinającej	Kierunek ruchu pełnych wagonów
1	na górze	na dole	do góry
2	na górze	na górze	do góry
3	na dole	na górze	do góry
4	na dole	na dole	do góry
5	na górze	na dole	na dół
6	na górze	na górze	na dół
7	na dole	na górze	na dół
8	na dole	na dole	na dół

Tablica 3

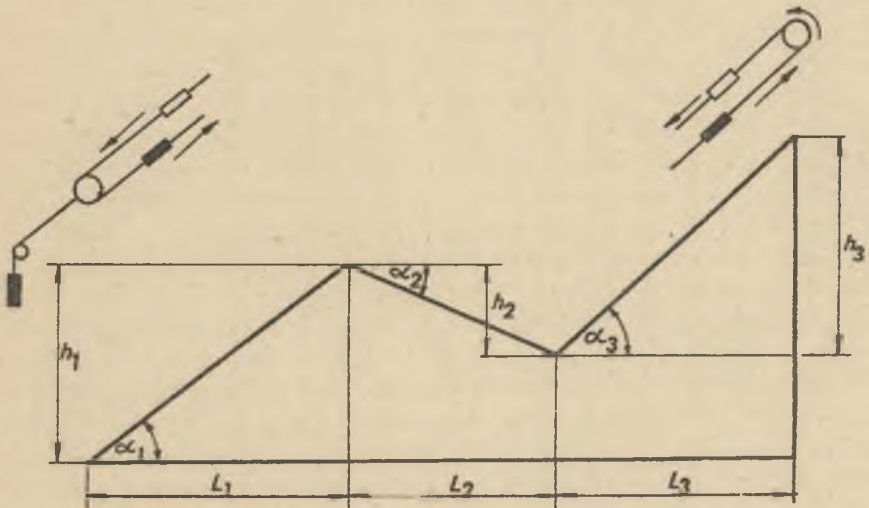
Punkt	Obowiązujący schemat	Siła osiowa toku obciążonego	Siła osiowa toku nieobciążonego
A	1	S_1	S_4
B	1 przechodzi w 7	S_2 równa się S_7	S_3 równa się S_2
C	7 przechodzi w 1	S_4 równa się S_2	S_1 równa się S_3
D	1	S_2	S_3

Tablica sil osiowych

Sila osiowa		Sila obwodowa	
S_1	S_2	S_3	S_4
lina obojziona		lina nieobojziona	
S_0	$S_0 + A + B_1 + C_1 + D_1$	$S_0 + A + B_2 + C_2 + D_2$	S_0
$S_0 - A - B_2 + C_2 + D_2$	$S_0 + B_3 + C_3 + D_3 + D_2$	$S_0 - A - B_2 + C_2 + D_2$	$S_2 - S_3 = B_3 + C_3 + D_3 + D_2$
$S_0 - A - B_1 - C_1 + D_1$	S_0	$S_0 - A - B_2 + C_2 + D_2$	$S_2 - S_3 = B_3 + C_3 + D_3 + D_2$
S_0	$S_0 + A + B_1 + C_1 + D_1$	$S_0 + A + B_2 + C_2 + D_2$	$S_4 - S_1 = B_3 + C_3 + D_3 + D_2$
lina nieobojziona			
$U \geq 0$			
S_0	$S_0 + A + B_2 + C_2 + D_2$	$S_0 + A + B_1 + C_1 + D_1$	$S_2 - S_3 = -B_3 + C_3 + D_3 + D_2$
$S_0 - A - B_1 + C_1 + D_1$	$S_0 - B_3 + C_3 + D_3 + D_2$	S_0	$S - S_3 = -B_3 + C_3 + D_3 + D_2$
$S_0 - A - B_2 - C_2 + D_2$	S_0	$S_0 - A - B_1 + C_1 + D_1$	$S_4 - S_1 = -B_3 + C_3 + D_3 + D_2$
S_0	$S_0 + A + B_2 + C_2 + D_2$	$S_0 + A + B_2 + C_2 + D_2$	$S_4 - S_1 = -B_3 + C_3 + D_3 + D_2$



Rys. 1



Rys. 2

Вычислительный метод расчета осевых сил в
канатах подвесных канатных дорог

В статье представлены расчёты осевых сил дорог с переменным
профилем т.е. с разным наклоном в канатах подвесных канатных дорог.

A NUMERICAL METHOD OF CALCULATING AXIAL FORCES IN THE
ROPES OF CABLE RAILWAYS

Calculations of axial forces of the routes of a changing profile.
i.e. of various inclinations in the ropes of cable railways have been
given.