

Alfred CARBOGNO, Marcel ŻOŁNIERZ
Politechnika Śląska, Gliwice

POŚLIZG LINY NOŚNEJ W GÓRNICZYM WYCIĄGU SZYBOWYM JEDNOLINOWYM

Streszczenie. W artykule omówiono przypadek poślizgu liny nośnej w jednym z krajowych górniczych urządzeń wyciągowych jednolinowych. Przedstawiono analizę możliwości wystąpienia poślizgu liny na podstawie badań wykładziny koła pędnego Modar R3. Podano sposób obliczenia drogi poślizgu liny na podstawie odporności cieplnej materiału wykładziny.

HOISTING ROPE SLIP IN THE SHAFT HOIST

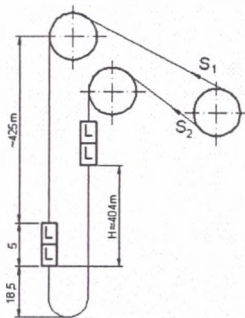
Summary. The article presents a case of hoisting rope slip in one at domestic shaft hoists with one hoisting rope. Also the article presents analysis of possibility of rope slip appearing. The basis of analysis are tests of lining type Modar – R3 in Koepe pulley. The way of rope slip calculation based on lining material thermic resistance.

1. Wstęp

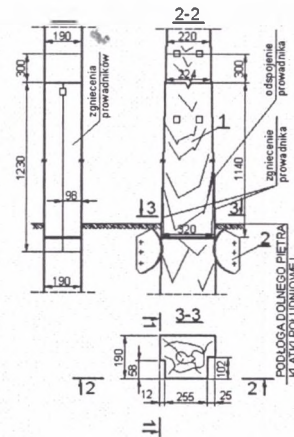
W jednej z polskich kopalń wystąpił wypadek, który polegał przejechaniu przez klatki poziomów skrajnych i ich wjazd w prowadniki zgrubione w wieży i rzapiu. W szybie o głębokości 874 m eksploatowane były trzy urządzenia wyciągowe. W przedziale południowym szybu eksploatowane było urządzenie wyciągowe jednolinowe z kołem pędym i dwoma klatkami czteropiętrowymi do głębokości poziomu 450 m. Poniżej tego poziomu znajduje się sztuczne dno szybu. W przedziale północnym eksploatowane były dwa urządzenia wyciągowe w układzie szeregowym (jedno pod drugim). Do głębokości poziomu 350 m eksploatowane było z powierzchni urządzenie wyciągowe jednolinowe z dwoma klatkami czteropiętrowymi. Pod stacją zwrotną tego urządzenia na głębokości 406,8 m

znajdowało się sztuczne dno szybu, poniżej którego eksploatowane było drugie urządzenie wyciągowe pomiędzy poziomami 450 i 850 m. Urządzenie wyciągowe eksploatowane pomiędzy poziomami 450 i 850 m było urządzeniem wyciągowym jednolinowym z dwoma klatkami dwupiętrowymi. W urządzeniu tym podczas opuszczania ludzi w klatce południowej (42 osoby) z poziomu 450 m na poziom 850 m wystąpił wypadek wjechania załadowanej klatki z ludźmi w prowadniki zgrubione w rzapiu a klatki niezaladowanej w prowadniki zgrubione w podziemnej wieży tego urządzenia wyciągowego, oznaczonego symbolem Ic w nomenklaturze wyciągów szybowych kopalni. Opuszczenie ludzi odbywało się zgodnie z dopuszczeniem przy niezaladowanej drugiej klatce poruszającej się z poziomu 850 m na poziom 450 m. Po przejechaniu poziomów skrajnych klatki zatrzymały się w prowadnikach zgrubionych. W nadszybiu omawianego wyciągu niezaladowana klatka zatrzymała się w prowadnikach zgrubionych po przejechaniu drogi 1,1 m na drugim stopniu prowadników zgrubionych (długość drugiego stopnia prowadników wynosiła 1,5 m) a więc przed ich zakończeniem. W podszybiu załadowana ludźmi klatka zatrzymała się w prowadnikach zgrubionych po przejechaniu 1,23 m z czego 1,14 m na drugim stopniu zgrubienia prowadników oraz 0,09 m na początku równoległej części prowadników zgrubionych. Z zeznań dwu maszynistów wyciągowych wynikało, że wystąpił poślizg liny na drodze 225 m. Takiemu stwierdzeniu zaprzeczały prace wykonane przez specjalną komisję.

a)



b)



Rys. 1. Schematy: a) wymiarowy wyciągu, b) wjazdu klatki z ludźmi w prowadniki zgrubione w rzapiu; 1 – prowadnik zgrubiony (uszkodzony), 2 – sztywne prowadzenie ślizgowe klatki z ludźmi, L – klatka załadowana ludźmi (42 osoby)

Fig. 1. Schems: a) dimensional plan of lift system, b) men cage entry into shaft guide widened in shaft sump; 1 – widened guide (damaged), 2 – rigid lead slide of men cage, L – cage loaded with people (42 person)

Głębokość uszkodzeń przewodników wynosiła do 25 mm na stronę. Prowadnice toczne na dolnym pomoście naczynia południowego były mocno wcisnięte w przewodniki zgrubione, przy czym prowadnice toczne boczne od strony północnej były odchylone osiowo. Głowica klatki południowej zakleszczona w przewodnikach zgrubionych znajdowała się w odległości 0,6 m poniżej poziomu 850 m. Oględziny zawiesi liny nośnej i wyrównawczej nie wykazały uszkodzeń i wysunięć lin z zawiesznień.

W celu określenia przypuszczalnego przebiegu zdarzeń Wyższy Urząd Górniczy w Katowicach powołał komisję, w skład której wchodził przedstawiciel różnych instytucji w tym jeden z autorów niniejszego artykułu jako przedstawiciel Politechniki Śląskiej. W ramach prac komisji wykonano wiele analiz i badań. W artykule przedstawiono skrótowo tylko niektóre wyniki opracowań Politechniki Śląskiej, związane z wypadkiem, które dotyczyły:

- określenia przybliżonej prędkości wjazdu klatek w przewodniki zgrubione na wolnych drogach przejazdu [2],
- analizy drogi poślizgu na podstawie odporności cieplnej wykładziny Modar R3 [3],
- oceny siły w linie nośnej podczas wypadku [2],
- obliczenia krytycznych i dopuszczalnych przyspieszeń i opóźnień dla analizowanego urządzenia wyciągowego [4],
- badania współczynnika tarcia pomiędzy liną a wykładziną Modar R3 smarowaną smarem Elakson II przy stosowaniu cementu jako środka wysuszającego linę [5].

W artykule przedstawiono tylko wyniki badań i analizy poślizgu liny na podstawie współpracy liny z wykładziną.

Podstawowe parametry urządzenia wyciągowego jednolinowego dwunaczyniowego pracującego pomiędzy poziomami 450 m i 850 m były następujące:

a) Maszyna wyciągowa K 3000/B/200kW

- | | |
|---|---------------|
| - maksymalna nadwaga statyczna (dla wydobywania) | - 3,92 kN, |
| - maksymalna siła statyczna w linie nośnej | - 120 kN, |
| - maksymalna siła zrywająca linę nośną | - 962 kN, |
| - prędkość jazdy (przy wydobywaniu i jeździe ludzi) | - 4 m/s, |
| - średnica liny nośnej trójkątnosplotkowej | - 36 mm, |
| - lina nasycona smarem | - Elakson II, |
| - wykładzina koła pędnego | - Modar R3. |

b) Naczynia wyciągowe wyciągu szybowego stanowiły dwie klatki dwupiętrowe o obciążeniu dopuszczalnym:

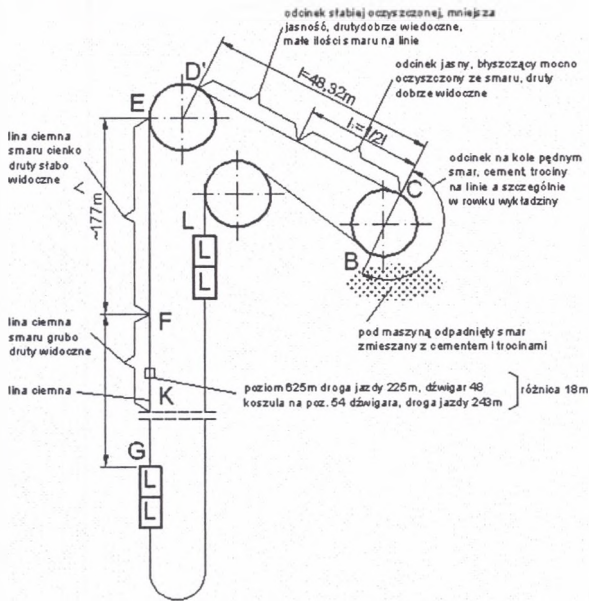
- podczas jazdy ludzi – 29,4 kN (max. 20 osób na piętro),
- przy ciągnięciu urobku lub transporcie materiałów – 52 kN.

2. Ocena poślizgu liny na podstawie stanu liny i wykładziny

2.1. Opis przypuszczalnego rodzaju poślizgu liny nośnej

Oględziny liny nośnej

Po zaistnieniu wypadku dokonano wizji lokalnej urządzenia wyciągowego, w tym stanu liny nośnej i wykładziny koła pędnego. Z oględzin liny nośnej wynika, że na odcinku CD (rys. 2) gałąź nasiębierna liny była oczyszczona ze smaru i lśniąca. Na odcinku liny w kierunku koła kierującego lina również była jasna, lecz stan jej oczyszczenia malał i na linie pojawiała się coraz większa ilość smaru. Na pionowym odcinku liny DE, EF i FG powierzchnia liny przybierała kolor ciemny aż do stanu bardzo ciemnego, przesuwając się w kierunku naczynia dolnego. Na odcinkach tych nie było widać wyraźnie drutów liny z uwagi na różną grubość smaru na linie. Odcinek liny podsiębiernej AB był koloru ciemnego, znajdował się na nim smar. Na odcinku liny BC opasującym koło pędne, na linie widać było smar oraz znaczne ilości smaru widoczne były w rowku wykładziny. Smar ten był zmieszany z cementem i trocinami. Na odcinku liny nasiębiernej na jej długości odpowiadającej strunie liny w lunecie nie stwierdzono śladów wykładziny (zdzierców, kulek itd.). Z oględzin liny wynika, że droga jej poślizgu na kole pędnym była niewielka, znacznie mniejsza od przypuszczalnej drogi poślizgu 225 m, która wynikała z zeznań maszynistów wyciągowych. Ciemny kolor wykładziny i odbłask pionowo zwisającego odcinka liny w szybie sugerował, że również i na tym odcinku mógł wystąpić poślizg. Było to jednak złudzenie spowodowane oświetleniem liny lampą górniczą z dość znacznej odległości (ok. 4 m).



Rys. 2. Schemat urządzenia wyciągowego (maszyna zahamowana) z zaznaczonymi odcinkami liny nośnej, na której było brak lub występował smar o różnej grubości na jej powierzchni

Fig. 2. Shaft hoist scheme (Koepe pulley in stop). Hoisting rope's sectors where there was no grease or thickness of grease was different from the correct one, are marked

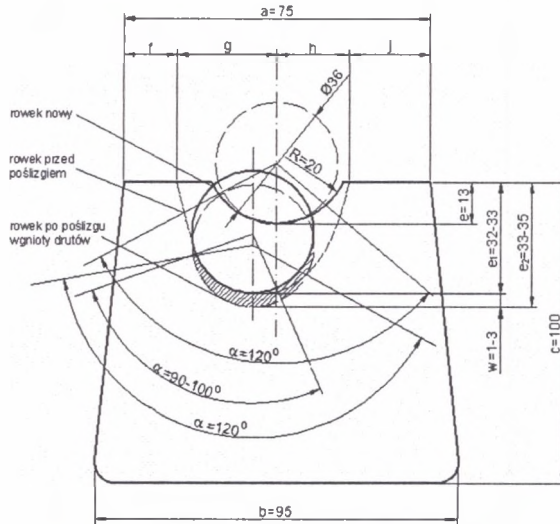
Ogłędziny wykładziny

Przeprowadzono ogłędziny wykładziny, która znajdowała się na zahamowanym kole pędym pod liną i brała udział w poślizgu liny, oraz wykładziny, która znajdowała się po drugiej stronie koła pędym, na której nie było liny i nie brała ona udziału w poślizgu liny. Wymagania dla znanej wykładziny podane są w pracy [7].

Wykładzina nie uczestnicząca w poślizgu liny

Przeprowadzona wizja lokalna na maszynie wyciągowej na drugi dzień po zaistniałym zdarzeniu wykazała, że rowek wykładziny, która nie uczestniczyła w poślizgu (po stronie braku liny), wykazywał normalne zużycie, jakie spowodowane było 8-letnią eksploatacją urządzenia wyciągowego (wykładzina pracowała od początku uruchomienia urządzenia wyciągowego w 1988 r.). Rowek był pogłębiony i poszerzony. Miał kształt niesymetrycznego półokręgu. Większe poszerzenie i zużycie materiału rowka wykładziny znajdowało się po stronie połowy rowka wyżłobionego przez kręcenie się liny nośnej. Na rowku znajdował się pył cementowy. Po wytarciu rowka z cementu stwierdzono, że jego powierzchnia była gładka i nieprzebarwiona. Na wykładzinie nie stwierdzono śladów odbicia drutów spletek liny.

Pomierzone wymiary rowka wynosiły: głębokość w ogólnym zakresie 30–40 mm najczęściej 32–33 mm, a szerokość 45–46 mm. Po wyjęciu wkładek wykładzin z koła pędnego dokonano ponownych ich oględzin i pomiarów. Naszkicowany kształt rowka według szablonu przedstawiono na rys. 3, na którym również podano wymiary wkładek wykładziny.



Nr wkładki	Wykładzina nie uczestnicząca w poślizgu						Wykładzina uczestnicząca w poślizgu					
	wymiary, mm						wymiary, mm					
	a ₁	f	g	h	j	e ₁	e ₂	f	g	h	j	e ₁
1	46	12	26	20	17	32	51	9	29	22	15	33
2	48	8	30	18	19	31	48	10	28	20	17	34
3	46	10	27	19	19	32	48	10	28	20	17	34
4	47	11	27	20	17	33	49	9	27	22	17	33
5	47	10	27	21	18	32	49	10	28	21	17	34

Rys. 3. Wyniki pomiarów rowka segmentów wykładzin MODAR R3 dla nowej wykładziny $f=j=20$ mm, $a_1=35$ mm, $e=13$ mm, $r=20$ mm

Fig. 3. Results of groove in MODAR – R3 lining segments measurements, for a new lining $f=j=20$ mm, $a_1=35$ mm, $e=13$ mm, $r=20$ mm

Wykładzina uczestnicząca w poślizgu liny

Podczas wizji lokalnej rowek wykładziny był przykryty liną. Na tej części liny i po jej bokach znajdował się cement zmieszany z trocinami oraz smarem. Zmieszany cement, trociny i smar znajdował się również pod maszyną wyciągową (odpadnięte grudy) w piwnicy. Dokładnych oględzin tej części wykładziny dokonano po ich zdjęciu z koła pędnego. Wykładzina ta miała rowek przebarwiony oraz wyraźny odcisk zewnętrznych drutów spletek

liny. Kształt rowka tych wykładzin był bardzo zbliżony do kształtu rowków wykładzin, które nie brały udziału w poślizgu. Pomierzone wymiary rowków również przedstawiono na rys. 3.

Praktycznie wymiary rowków różnią się o głębokości wgniotów drutów, które dochodziły do 3 mm. W rowku wykładzin znajdowały się ślady cementu, smaru i trocin. W rowku wykładzin oraz na gałęzi zbiegającej liny nie stwierdzono śladów ścierów wykładziny. Na podstawie przeprowadzonych oględzin i pomiarów można stwierdzić nieznaczne różnice w wymiarach rowków wykładzin, uczestniczących w poślizgu liny, w stosunku do wykładzin nie uczestniczących w poślizgu. O nieznacznym poślizgu liny świadczą wgnioty drutów w rozmiękczonej warstwie materiału okładziny. Rozmiękczenie wykładziny spowodowane zostało przez wydzielanie się ciepła w procesie tarcia. Stan tych wykładzin świadczy o małym ich zużyciu, co pozwala na stwierdzenie, że niekontrolowany poślizg liny przebiegał łagodnie i był niewielki. Na podstawie wgniotów drutów liny w powierzchnię wykładziny można przyjąć (pomiar szablonem), że kąt opasania liny przez rowek podczas poślizgu wynosił 110–130°, a za grubość wykładziny, która uległa największemu nagrzananiu, można przyjąć do 5 mm, ewentualnie do 10 mm (do takiej grubości występowała znacząco temperatura mięknięcia materiału wykładziny).

2.2. Badania wybranych własności wykładziny

W celu zorientowania się co do ewentualnych zmian parametrów fizyko-mechanicznych materiału okładziny MODAR R3 przeprowadzono w Politechnice Śląskiej badania [1]:

- twardości wykładziny,
- temperatury mięknięcia,
- ciepła właściwego i przewodności cieplnej materiału okładziny,
- gęstości materiału wykładziny.

Badania przeprowadzono na próbkach pobranych z wykładzin uczestniczących i nie uczestniczących w poślizgu lin. Zestawienie wyników badań przedstawiono w tabelicy 1.

Z badań właściwości fizycznych wykładziny nie biorącej i biorącej udział w poślizgu wynika, że różnią się one nieznacznie, ale szczególnie w przypadku twardości wykładziny i temperatury ich mięknięcia.

Tablica 1

Wyniki pomiarów parametrów fizycznych wykładzin MODAR R3

Parametr	Wykładzina	
	nie uczestnicząca w poślizgu	uczestnicząca w poślizgu
Twardość, ° Sh A	93	89,5
Temperatura mięknięcia, °C	65±70	52±60
Ciepło właściwe c , J/kg K	1630±150	1580±150
Współczynnik przewodnictwa ciepln., J/ms K	1,26±0,14	1,33±0,15
Gęstość, kg/m ³	1285±16	1287±0,15

2.3. Analiza drogi poślizgu liny na podstawie odporności cieplnej wykładziny Modar R3

Odporność cieplna (termiczna) tworzyw sztucznych oznacza niezmiennosc podstawowych ich właściwości i struktury w temperaturze wyższej od temperatury normalnej pracy. Podczas poślizgu liny na wykładzinie koła pędnego powstają znaczne ilości ciepła, które wpływa na zmianę właściwości mechanicznych wykładzin, w tym współczynnika tarcia [3]. Podczas poślizgu liny nośnej na zahamowanym kole pędym w wyniku wydzielania się ciepła może wystąpić intensywne rozgrzanie wykładziny, powodujące topnienie lub rozmięczenie warstwy wykładziny będącej w kontakcie z liną, oraz jej zużycie (starcie) w postaci ścierów (kulki, wióry itd.). Przyjmując temperaturę mięknięcia wykładziny jako graniczną temperaturę, przy której materiał wykładziny zmienia swoje właściwości mechaniczne można obliczyć dopuszczalną drogę poślizgu liny. Ilość ciepła Q_1 wydzielana podczas tarcia liny o wykładzinę podczas poślizgu określa zależność:

$$Q_1 = k \cdot A = k \cdot \frac{T}{n} \cdot I_p, \text{ cal} \quad (1)$$

Natomiast ilość ciepła jaką musi pochłonąć warstwa powierzchniowa wykładziny w celu jej nagrzania do temperatury mięknięcia wynosi:

$$Q_2 = m \cdot c(t_m - t), \text{ cal} \quad (2)$$

gdzie:

A – praca tarcia, Nm,

k – cieplny równoważnik pracy mechanicznej, według [4] $k=0,2388$ cal/Nm,

T – graniczna siła tarcia (ciągnięcia, obwodowa) koła pędnego, N,

n – ilość lin nośnych,

m – masa rozgrzanej warstwy okładziny, g,

c – ciepło właściwe materiału wykładziny (pojemność cieplna), cal/g°C,

t_m – temperatura mięknięcia wykładziny, °C,

t – temperatura początkowa (otoczenia), °C,

l_p – droga poślizgu liny, m.

Przy określeniu masy wykładziny rozgrzanej przez tarcie założono, że:

- nagraniu ulega nie cała wykładzina, a tylko jej warstwa znajdująca się pod liną o grubości 5–10 mm oraz o szerokości odpowiadającej łukowi styku liny z rowkiem (120°), co odpowiada średnicy liny d ,
- energia tarcia równomiernie rozgrzewa pas wykładziny odpowiadający łukowi opasania koła przez linę (przyjęto, że jest to 180°).

Podczas poślizgu liny na poruszającym się kole pędym wykładzina spod liny po przejściu na drugą stronę jest chłodzona, może to wpływać na wyniki obliczeń, tego chłodzenia nie uwzględnia się w obliczeniach. W naszym przypadku bez uszczerbku dla obliczeń można przyjąć, że nagrzewaniu ulega tylko wykładzina pod liną, a pozostała część wykładziny nie przejmuje powstałego ciepła lub, że wykładzina przejmuje do 80 % powstałego ciepła (rys. 4).

Z uwzględnieniem powyższych założeń możemy napisać, że masa pasa rozgrzanej wykładziny wynosi:

$$m = V_w \cdot \gamma, \text{ g} \quad (3)$$

gdzie:

γ – gęstość właściwa materiału wykładziny, g/cm³,

V_w – objętość rozgrzanej wykładziny, cm³.

$$V_w a \cdot \delta \cdot \tau = a \cdot \delta \cdot \frac{\pi D}{2} = d \cdot \delta \cdot \frac{\pi D}{2}, \text{ cm}^3 \quad (4)$$

dla $\alpha = 120^\circ$, $a = 1/3\pi d = 1,04d \approx 1d$

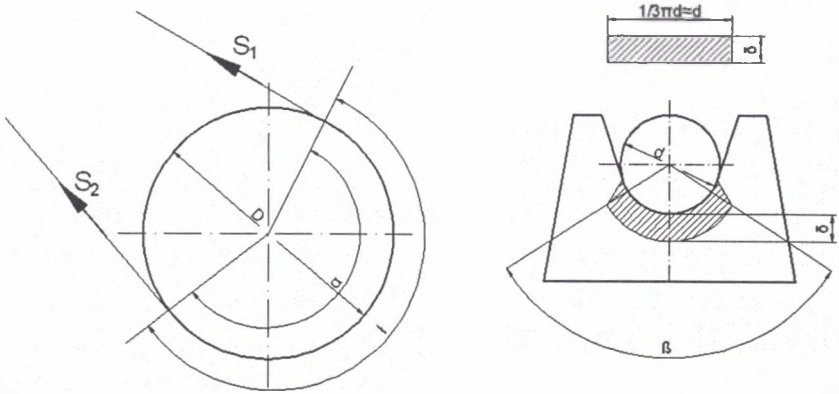
d – średnica liny, cm,

δ – grubość nagrzonej warstwy wykładziny, cm,

a, τ – wymiar pasa wykładziny (półpierścienia), cm.

Po uwzględnieniu wzoru (3) w (4) otrzymano:

$$m = \gamma \cdot \frac{\pi D}{2} \cdot d \cdot \delta, \text{ g} \quad (5)$$



Rys. 4. Szkic usytuowania nagrzanej warstwy wykładziny
Fig. 4. Plan of heated lining layer location

Przy prędkości ślizgającej się liny, jaka wystąpiła podczas poślizgu ($v_m=4$ m/s) czas przelotu liny wynosił około 1,1 s, co pozwala na przyjęcie, że powstałe ciepło w większości przejmowane jest przez wykładzinę. Dla takiego założenia możemy napisać równanie bilansu cieplnego $Q_1=Q_2$:

$$k \cdot \frac{T}{n} \cdot l_p = m \cdot c(t_m - t) \text{ lub } k \cdot \frac{T}{n} \cdot l_p = \gamma \frac{\pi D}{2} \cdot d \cdot \delta \cdot c(t_m - t)$$

skąd droga poślizgu liny:

$$l_p = \frac{\gamma \pi D \delta d c (t_m - t)}{2kT}, \text{ m} \quad (6)$$

Siłę tarcia T można przyjąć jako siłę odpowiadającą transportowanej nadwadze lub można ją określić za pomocą zależności (dla przypadku opuszczania nadwagi bez uwzględnienia sprężystości liny):

$$T = S_2 \left(1 - \frac{b_{kr}}{g} \right) (e^{\mu \alpha} - 1), \text{ N} \quad (7)$$

gdzie:

S_2 – obciążenie gałęzi liny po stronie klatki nie załadowanej, N,

b_{kr} – opóźnienie krytyczne podczas hamowania przy opuszczaniu nadwagi, m/s^2 ,

g – przyspieszenie ziemskie, m/s^2 ,

μ – współczynnik tarcia,

α – kąt opasania koła przez linę.

Drogi poślizgu obliczono dla następujących danych:

$k=0,239 \text{ cal/Nm}$ – cieplny równoważnik pracy mechanicznej,
 $t_m=52\pm 65 \text{ }^\circ\text{C}$ – temperatura mięknięcia wykładziny Modar R3,
 $\gamma=1,285 \text{ g/cm}^3$ wg badań [1], $\gamma=1,28\text{g/cm}^3$ wg producenta,
 $c=389 \text{ cal/kg}^\circ\text{C}$.

Zakładając, że wystąpił poślizg liny, możemy przyjąć, że siła tarcia T maksymalna była równa rzeczywistej nadwadze $Q_w=36,3 \text{ kN}$ co oznaczono przez $T_1=36,3 \text{ kN}$. Dodatkowo założono zmiany tej siły tarcia od T_1 do T_8 co 1kN (co 100kg masy), gdzie dla masy transportowej 3000 kg siła tarcia $T_8=29,4 \text{ kN}$. Obliczenia przeprowadzono przy dodatkowym założeniu, że nagrzewaniu ulega warstwa wykładziny o grubości $\delta=0,5; 1,0; 1,5 \text{ cm}$. Obliczenia przeprowadzono dla kilku przypadków przejmowania ciepła przez wykładzinę, tj. gdy przejmuje ona 100 % ($k_f=1$) powstałego ciepła oraz gdy przejmuje ona tylko 70 % ($k_f=0,7$), 80 % ($k_f=0,8$) lub 90 % ($k_f=0,9$). Wyniki obliczeń przedstawiono w tabelicy 2.

Tabelica 2

Wyniki obliczeń dopuszczalnej drogi poślizgu liny nośnej z uwagi na niezniszczenie (starcie, wytopienie) materiału okładziny Modar R3

Lp.	Siła tarcia T , kN	Dopuszczalna droga poślizgu l_p , m											
		$k_f=1$ (100 %)			$k_f=0,9$ (90 %)			$k_f=0,8$ (80 %)			$k_f=0,7$ (70 %)		
		δ , cm			δ , cm			δ , cm			δ , cm		
		0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5	0,5	1,0	1,5
1	36,3	2,20	4,40	6,60	2,45	4,90	7,35	2,75	5,50	8,25	3,14	6,28	8,42
2	35,2	2,26	4,52	6,78	2,51	5,02	7,53	2,83	5,66	8,49	3,23	6,46	9,69
3	34,3	2,33	4,66	6,99	2,60	5,20	7,80	2,91	5,82	8,74	3,40	6,80	10,2
4	33,4	2,40	4,80	7,20	2,70	5,40	8,10	3,00	6,00	9,00	3,45	6,90	10,4
5	32,4	2,47	4,94	7,41	2,75	5,50	8,25	3,10	6,20	9,30	3,53	7,06	10,6
6	31,4	2,54	5,08	7,62	2,82	5,64	8,46	3,20	6,40	9,60	3,63	7,26	10,9
7	30,4	2,62	5,24	7,86	2,91	5,82	8,73	3,30	6,60	9,90	3,74	7,48	11,3
8	29,4	2,72	5,42	8,16	3,02	6,04	9,12	3,40	6,80	10,2	3,90	7,80	11,7

3. Zakończenie

- Z przeprowadzonej analizy i obliczeń wynika, że z uwagi na stan materiału rowka wykładziny (brak starcia, wytopienia) dopuszczalne drogi poślizgu są niewielkie i zależą one głównie od przyjętej grubości warstwy wykładziny przejmującej ciepło powstałe podczas tarcia oraz od współczynnika k_f rozdzielenia powstałego ciepła na część przejmowaną przez wykładzinę (głównie) i linę.

- Z analizy wynika, że drogi poślizgu nie mogły przekraczać 11 m, a przyjmując za najbardziej prawdopodobne parametry δ do 1 cm oraz k_1 do 0,8 droga poślizgu nie mogła przekraczać 6,8 m.
- O krótkiej drodze poślizgu liny świadczył lśniący odcinek liny (struny linowej) zbiegającej z koła pędnego.
- Z przeprowadzonej analizy wynika, że poślizg liny wystąpił podczas dojazdu (lub wyjazdu) załadowanej klatki do poziomu 850 m i następnie wjazdu jej w prowadniki zgrubione.
- Czynnikiem sprzyjającym wystąpieniu poślizgu liny podczas dojazdu klatki załadowanej do poziomu 850 m było: przekroczenie nadwagi koncesyjnej o ok. 700 kg (23 %), nadmierna ilość smaru w linie i zadziałanie hamulca maszyny wyciągowej.
- Należy zaznaczyć, że z analizy skutków wjazdu załadowanej z ludźmi klatki w prowadniki zgrubione w rzapiu (krótka droga wjazdu, stan ludzi dobry z wyjątkiem kilku osób z lekkimi i średnimi obrażeniami) wynikało, że prędkość wjazdu wynosiła 5,2 m/s (nominalna prędkość wyciągu wynosiła 4 m/s) co odpowiadało drodze hamowania w prowadnikach zgrubionych $l_h=1,5$ m [2]. W przypadku zaistnienia poślizgu 225 m klatka wjechałaby w rzapie z prędkością 32 m/s co niewątpliwie spowodowałoby bardzo tragiczne skutki.
- Z przeprowadzonych badań i analiz wynika, że w omawianym urządzeniu wyciągowym nie mógł wystąpić poślizg liny na drodze 225 m, lecz wystąpił on na drodze kilkunastu metrów podczas wjazdu załadowanej klatki z ludźmi w podszybie. Poślizg był głównie spowodowany przez zadziałanie hamulca bezpieczeństwa maszyny wyciągowej podczas wjazdu klatki z ludźmi w podszybie na poziomie 850 m.

LITERATURA

1. Badania twardości, temperatury mięknięcia, ciepła właściwego, przewodnictwa cieplnego i gęstości materiału wykładziny Modar – R3. Protokoły z badań Politechniki Śląskiej, październik 1996.
2. Carbogno A.: Określenie przybliżonej prędkości wjazdu klatek w urządzenia hamujące na wolnych drogach przejazdu. Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Gliwice, październik 1996.
3. Carbogno A.: Analiza drogi poślizgu na podstawie odporności cieplnej wykładziny Modar R3. Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Gliwice, październik 1996.

4. Carbogno A.: Obliczenie krytycznych i dopuszczalnych przyspieszeń i opóźnień dla maszyny wyciągowej z kołem pędnym eksploatowanej w szybie I od poz. 450 do 850 m, przedział północny. Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Gliwice, listopad 1996.
5. Carbogno A.: Badania współczynnika tarcia pomiędzy liną stalową trójkątnospłotkową $\Phi 36$ mm a wykładziną Modar – R3. Praca NB-95/RG-2/97. Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Gliwice, marzec 1997.
6. Ochęduszek S.: Termodynamika stosowana. WNT Warszawa 1964.
7. Warunki Techniczne wykonania i stosowania wykładzin z tworzyw sztucznych MODAR przeznaczonych do kół pędnych maszyn wyciągowych. Centralny Ośrodek Projektowo-Konstrukcyjny Maszyn Górniczych KOMAG. Gliwice 1977.
8. Warunki techniczne dla urządzeń hamujących naczynia wyciągowe na wolnych drogach przejazdu w wieżach i rzapiach szybów górniczych MGIE. GBSiPG. Katowice, luty 1983.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Jan Hankus