

1

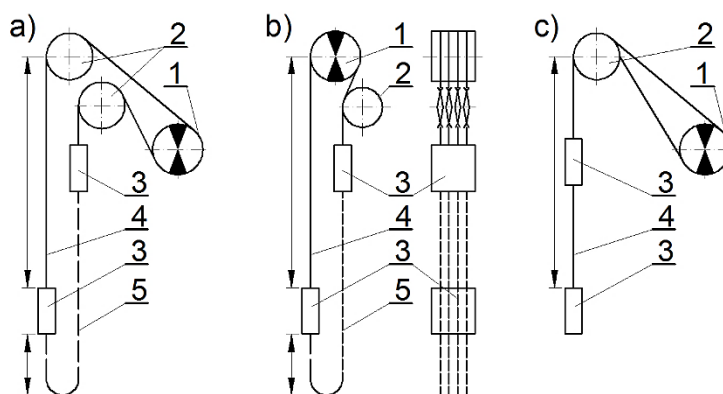
ZAGADNIENIE SPRZĘŻENIA CIERNEGO PARY CIERNEJ LINA NOŚNA – WYKŁADZINA CIERNA

1.1 WPROWADZENIE

W górnictwie podziemnym stosowane są różne urządzenia transportu linowego. Do najważniejszych i podstawowych urządzeń transportu linowego można zaliczyć:

- górnicze urządzenia wyciągowe (GUW) – transport pionowy w szybach rys. 1.1,
- kolejki linowo-szynowe podwieszane lub spągowe czy linowe krzeselkowe.

W górniczych urządzeniach wyciągowych stosowane są różne układy ich rozwiązań. Jeden z podziałów dotyczy urządzeń wyciągowych z maszynami usytuowanymi na zrębie lub na wieży a drugi dotyczy urządzeń wyciągowych bez lub z liną wyrównawczą. W górnictwie krajowym długości lin wyciągowych obecnie osiągają długości około 1050 m.



Rys. 1.1 Schematy wyciągów z napędem ciernym lub bębnowym stosowanym w górniczych urządzeniach wyciągowych:

- a – maszyna wyciągowa usytuowana na zrębie, b – maszyna wyciągowa usytuowana na wieży,
c – maszyna wyciągowa bębnowa: 1 – koło lub bęben pędny, 2 – koła linowe lub odciskowe,
3 – naczynia wyciągowe, 4 – lina (liny) nośna, 5 – lina (liny) wyrównawcza

W górnictwie krajowym szyby osiągnęły głębokości 1000 m i więcej metrów co powoduje wzrost długości lin nośnych i wyrównawczych. Oczywistym jest, że w górniczych urządzeniach wyciągowych dąży się do osiągnięcia jak największej trwałości lin. Jednym z kierunków rozwoju lin o wysokiej trwałości jest ochrona antykorozyjna.

Liny stalowe wyciągowe są smarowane podczas:

- produkcji lin – smarowanie podstawowe,

- podczas eksploatacji lin – smarowanie uzupełniające (dosmarowywanie lin) lub konserwujące [9, 17].

Wpływ korozji środowiska szybowego na trwałość lin wyciągowych jest oczywisty stąd odpowiednie smarowanie lin podczas ich produkcji i dosmarowywanie podczas eksploatacji jest niezwykle istotne [6, 12].

Rodzaj smarów stosowanych podczas produkcji lin i ich dosmarowywania podczas eksploatacji zależy od rodzaju napędu maszyny wyciągowej [5]. Inne smary stosowane są dla lin przeznaczonych do maszyn z bębniami nawojowymi a inne do maszyn z napędami ciernymi rys. 1.2.



Rys. 1.2 Widok maszyn wyciągowych:
a – z napędem ciernym, b – z napędem bębnowym

W wyciągach z bębniami nawojowymi smarowanie i dosmarowywanie lin wyciągowych nie stwarza żadnego problemu eksploatacyjnego (w tego typu napędach nie występują poślizgi lin). Natomiast w wyciągach z napędem ciernym istnieje niebezpieczeństwo poślizgu lin dlatego smary do lin stosowanych w wyciągach ciernych muszą zapewniać zachowanie obliczeniowego współczynnika tarcia pomiędzy liną a wykładziną $\mu \geq 0,25$ [16].

1.2 WYKŁADZINY KÓŁ PĘDNYCH

Wraz z rozwojem techniki zmieniały się materiały z których wykonywano wykładziny cierne dla górniczych maszyn wyciągowych. W tabeli 1.1 przedstawiono klasyfikację wykładzin ze względu na zastosowany materiał.

Tabela 1.1 Materiały stosowane jako wykładziny kół pędnych

Materiał						
Metal	Drewno	Skóra	Guma	Taśma przenośnikowa	Tworzywo sztuczne	Mieszane
Stopy aluminium	Dąb				Modar	Guma+Skóra
	Buk				Becorit	Taśma przenośnikowa+Drewno
	Topola				Tekaplast	Taśma przenośnikowa+Skóra
	Grab				Kautex	Taśma przenośnikowa +Drewno +Skóra
	Wiąz				V – 113	Taśma przenośnikowa+ Tworzywo sztuczne
					V – 714	
					PP – 45	
					Inne	

Źródło: [13]

Poniżej opisano i przedstawiono niektóre wykładziny aktualnie stosowane w kołach pędnych wykonane z różnych materiałów.

1.2.1 Wykładzina typu K22

Wykładzina typu K22 jest produkowana przez niemiecką firmę BECORIT GmbH. Jest ona elastomerem, materiałem powiązanym sztuczną żywicą. Ma zastosowanie w górniczych wyciągach szybowych jako wykładzina cierna kół i bębnow pędnych. Poza górnictwem znalazła zastosowanie w napędach kolei linowych krzeselkowych, gondolowych i kabinowych. Własności chemiczne powodują, że wykładzina typu K22 nie ulega pęcznieniu i jest odporna na obecność różnych smarów i olejów oraz działanie wód kopalnianych [7].

1.2.2 Wykładzina typu K25SB

Wykładzina typu K25SB jest również produkowana przez niemiecką firmę BECORIT GmbH. Jest to materiał duroplastyczny. Ma zastosowanie w górniczych wyciągach szybowych jako wykładzina cierna kół i bębnow pędnych dla szerokiego zakresu warunków pracy. Własności chemiczne powodują, że wykładzina typu K25SB nie ulega pęcznieniu i jest odporna na działanie różnych smarów i olejów oraz działanie wód kopalnianych [7].

1.2.3 Wykładzina Modar R-3/Mz

Modar R-3/Mz to polska wykładzina, która jest przeznaczona na koła i bębny pędne oraz koła odciskowe górniczych wyciągów szybowych. Spełnia wszystkie wymagania określone w przepisach jakie stawia się wykładzinom kół pędnych i kół odciskowych i zostały dopuszczone do użytkowania przez WUG [17]. Podstawowymi składnikami tworzywa Modar R-3/Mz są polimery akrylonitrylowe, chloroprenowe, izoprenowe, kauczuk betadienowo-nitrylowy, żywice fenolowe, a dodatkowo aktywne napełniacze krzemionkowe oraz zespół środków sieciujących i przeciwstarzeniowych [10].

1.3 ZAGADNIENIE SPRZĘŻENIA CIERNEGO NA KOLE PĘDNYM

Z analizy literatury wynika, że w analizie sprzężenia ciernego należy zwrócić uwagę na następujące czynniki [4]:

- rodzaj napędu,
- rodzaj materiału i kształt geometryczny rowka wykładziny,
- konstrukcja liny,
- współczynnik tarcia pomiędzy liną stalową, a wykładziną,
- rodzaje stosowanych smarów,
- sposób smarowania lin podczas produkcji,
- sposób dosmarowania liny podczas eksploatacji,
- współczynnik pewności liny przed poślizgiem,
- przyspieszenia i opóźnienia dopuszczalne oraz krytyczne,
- opóźnienia hamowania nadawane przez hamulce bezpieczeństwa,
- masywność wyciągów oraz jego rodzaj,
- stopień niezrównoważenia statycznego wyciągu,
- wpływ kół linowych w wyciągach z maszyną na zrębie i kół odciskowych w maszynach wyciągowych usytuowanych na wieży,
- opuszczanie ładunku w wyciągach dwunaczyniowych,

- uwzględnienie sprężystości lin,
- dobór momentów hamowania bezpieczeństwa.

Zasadę działania napędu cierno-linowego opisuje wzór (1) Eulera-Eytelweina, wraz z rysunkiem 1.3 [10].

$$\frac{S_n}{S_z} = e^{\mu\alpha} \quad (1.1)$$

gdzie:

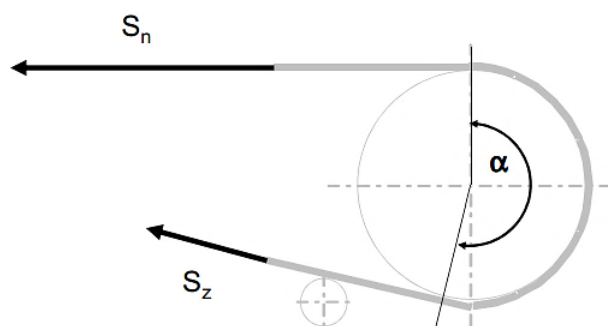
S_n – siła w taśmie nabiegającej, N,

S_z – siła w taśmie zbiegającej, N,

e – podstawa logarytmu naturalnego (stała Eulera),

μ – współczynnik tarcia pomiędzy liną, a wykładziną cierną,

α – kąt opasania koła przez linę.



Rys. 1.3 Zasada działania napędu cierno-linowego:
 S_n – siła w linie nabiegającej, S_z – siła w linie zbiegającej

Źródło: [11, 14]

Istotnym parametrem wzoru Eulera jest współczynnik tarcia μ pomiędzy liną, a wykładziną koła pędnego. Jest on określany jako współczynnik sprzężenia ciernego.

1.4 WSPÓŁCZYNNIK SPRZĘŻENIA CIERNEGO

Współczynnik sprzężenia ciernego zależy od wielu parametrów, które zostały przedstawione na rys. 1.4.

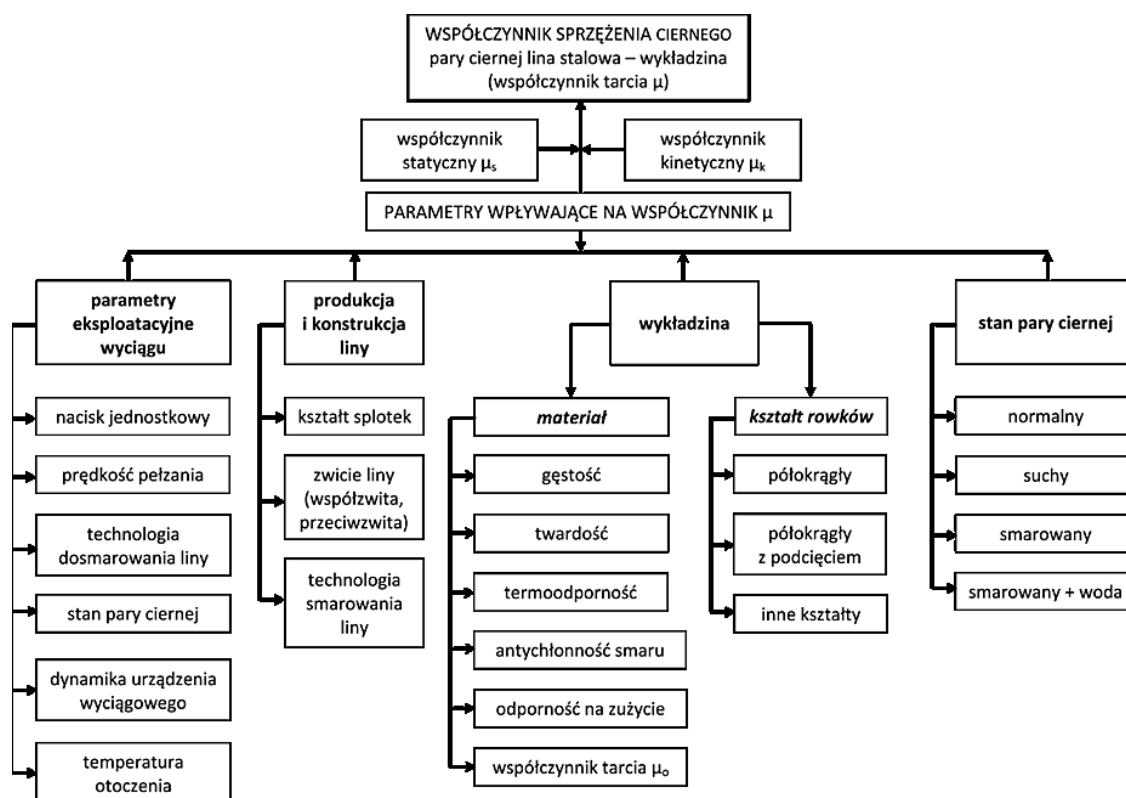
W urządzeniach wyciągowych z napędem ciernym stosowanych w górnictwie posługujemy się współczynnikiem pewności liny przed poślizgiem statycznym lub dynamicznym. W obu tych definicjach zawarty jest współczynnik tarcia μ . Praktycznie współczynnik pewności liny przed poślizgiem jest wyrażany przez krytyczne i dopuszczalne przyspieszenia i opóźnienia działania maszyny wyciągowej. Ich odpowiedni dobór pozwala na eliminację poślizgu lin nośnych [3].

W rzeczywistości możemy wyróżnić znacznie więcej rodzajów współczynników tarcia. Biorąc pod uwagę względny stan pracy (stan spoczynku, stan ruchu) pary cierniej lina stalowa wykładzina oraz warunki, które ten stan powodują możemy wyróżnić [3]:

- statyczny współczynnik tarcia μ_s – charakterystyczny dla stanu spokoju, kiedy lina i wykładzina są w absolutnym spokoju. Jego wielkość nie ma praktycznie znaczenia dla sprzężenia ciernego, który można sprawdzić jedynie w porównaniu ze współczynnikiem eksploatacyjnym,
- kinetyczny (eksploatacyjny) współczynnik tarcia μ_k – charakterystyczny dla stanu normalnej eksploatacji, kiedy lina i wykładzina są we „względny spokoju”. Ten

„względny spokój” to wynik wspólnego ruchu liny oraz wykładziny (pełzanie liny) określonego przez prędkość eksploatacyjną wyciągu. Jego wartość zależy od prędkości pełzania oraz prędkości eksploatacyjnej wyciągu. Współczynnik ten ma decydujące znaczenia dla bezpiecznej pracy urządzenia wyciągowego z kołem pędnym,

- graniczny współczynnik tarcia μ_g – charakterystyczny dla warunków pracy, kiedy następuje przejście ze stanu pozornie względnego do stanu względnego ruchu liny po wykładzinie. O jego wielkości brak szerszych informacji, ale ten współczynnik ma znaczenie, ponieważ powoduje powstanie awaryjnego stanu pracy urządzenia wyciągowego,
- dynamiczny współczynnik tarcia μ_d – charakterystyczny dla warunków powstałych po stanie awaryjnym, kiedy między liną, a wykładziną występuje duża względna prędkość.



Rys.1.4 Parametry wpływające na współczynnik sprężenia ciernego μ pomiędzy liną stalową, a wykładziną koła pędnego

Źródło: [8]

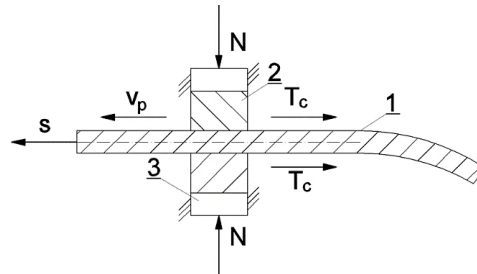
1.5 BADANIA LABORATORYJNE WSPÓŁCZYNNIKA SPRĘŻENIA CIERNEGO

W celu otrzymania zezwolenia na stosowanie wykładziny kół pędnych niezbędne jest przeprowadzenie badań laboratoryjnych współczynnika tarcia μ pary ciernej lina stalowa – wykładzina. Zgodnie z [16] wykładzina powinna zapewnić sprężenie cierne z liną nośną ze współczynnikiem większym lub równym 0,25.

Każdy kraj wykonujący takie badania opracował własne warunki badań [15]. Stanowiska badawcze ze względu na ich rodzaj konstrukcji można podzielić na takie, w których sprężenie cierne badane jest [2]:

- na prostoliniowym odcinku liny;
- przeciągana lina stalowa bez napięcia (rys. 1.5a),

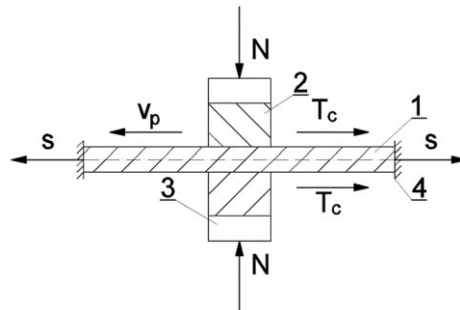
- przesuwane szczęki z wykładzinami po rozciągniętej linie (rys. 1.5b),
- przeciągana naciągnięta lina przez unieruchomione szczęki z wykładzinami (rys. 1.5c),
- na modelowym kole pędnym:



Rys. 1.5a Przeciągana lina bez napięcia:

1 - badana lina, 2 - badana wykładzina, 3 - szczęki dla wykładziny, 4 - obudowa urządzenia

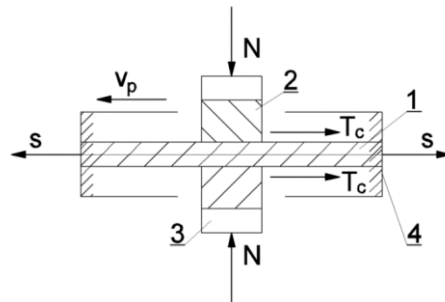
Źródło: [2]



Rys. 1.5b Przesuwane szczęki z wykładzinami po rozciągniętej linii:

1 - badana lina, 2 - badana wykładzina, 3 - szczęki dla wykładziny, 4 - obudowa urządzenia

Źródło: [2]

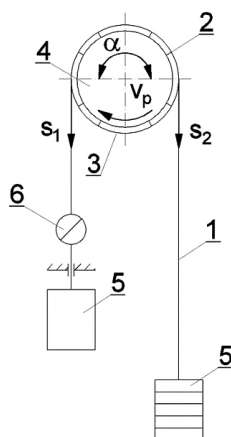


Rys. 1.4c Przeciągana naciągnięta lina przez unieruchomione szczęki z wykładzinami:

1 – badana lina, 2 – badana wykładzina, 3 – szczęki dla wykładziny, 4 – obudowa urządzenia

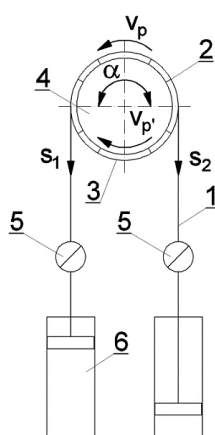
Źródło: [2]

- przeciąganie liny po wykładzinie unieruchomionego koła za pomocą ciężarów (rys. 1.5d),
- przeciąganie liny po kole z wykładziną za pomocą siłowników hydraulicznych (rys. 1.5e),
- obrót koła z wykładziną względem obciążonej liny (rys. 1.5f),
- przeciąganie liny po kole z wykładziną za pomocą drugiego koła napędowego (rys. 1.5g).



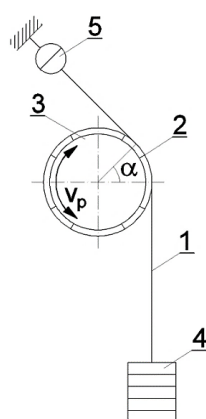
Rys. 1.4d Przeciąganie liny po wykładzinie unieruchomionego koła za pomocą ciężarów:
1 – badana lina, 2 – badana wykładzina, 3 – rowek dla wykładziny,
4 – koło pędne z wykładziną, 5 – ciężar napinający, 6 – siłomierz

Źródło: [2]



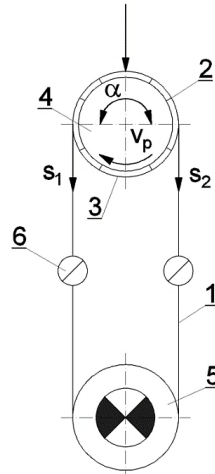
Rys. 1.4e Przeciąganie liny po kole z wykładziną za pomocą siłowników hydraulicznych:
1 – badana lina, 2 – badana wykładzina, 3 – rowek dla wykładziny,
4 – koło pędne z wykładziną, 5 – siłomierze, 6 – siłowniki hydrauliczne

Źródło: [2]



Rys. 1.4f Obrót koła z wykładziną względem obciążonej liny:
1 – badana lina, 2 – badana wykładzina, 3 – koło pędne z wykładziną,
4 – ciężar napinający, 5 – siłomierz

Źródło: [1]



Rys. 1.4g Przeciąganie liny po kole z wykładziną za pomocą drugiego koła napędowego:
1 – badana lina, 2 – badana wykładzina, 3 – rowek dla wykładziny,
4 – koło pędne z wykładziną, 5 – koło napędowe napinające, 6 – siłomierz

Źródło: [2]

1.6 OCENA SPRĘŻENIA CIERNEGO PODCZAS EKSPLOATACJI

Z przeprowadzonego przeglądu literatury wynika, że dotychczas stosowane są następujące metody określenia współczynnika tarcia w warunkach ruchowych (eksploatacyjnych) [3]:

- 1) Określenie współczynnika tarcia poprzez obrót koła lub bębna pędnego względem zamocowanej w wieży zbiegającej gałęzi liny z jednoczesnym pomiarem sił (z zapisem oscylograficznym) w nabiegającej i zbiegającej gałęzi liny. Współczynnik tarcia oblicza się z zależności:

$$\mu = \frac{1}{\alpha} \ln \frac{S_1}{S_2} \quad (1.2)$$

gdzie:

α – kąt opasania koła pełnego przez linę, rad,

S_1, S_2 – pomierzone siły w gałęzi nabiegającej i zbiegającej liny, (kN) w momencie poślizgu liny względem wykładziny koła pędnego.

- 2) Określenie współczynnika sprężenia cierne w przypadku poślizgu liny z wykładziną na drodze pomiaru (z zapisem oscylograficznym) parametrów opóźnienia podczas hamowania maszyny wyciągowej przy awaryjnym hamowaniu maszyny wyciągowej podczas opuszczania załadowanego naczynia wyciągowego. Współczynnik sprężenia oblicza się z zależności:

$$\mu \geq \frac{1}{\alpha} \ln \left(\frac{S_2 + M_2 \cdot b}{S_1 - M_1 \cdot b} \right) \quad (1.3)$$

gdzie:

b – pomierzone maksymalne opóźnienie hamowania maszyny wyciągowej, m/s²,

M_1, M_2 – pomierzone siły w gałęzi nabiegającej i zbiegającej liny, (kN) w momencie poślizgu liny względem wykładziny koła pędnego.

Przy braku poślizgu względem wykładziny we wzorze (4.2) należy postawić znak większości przez co określimy współczynnik sprężenia liny z wykładziną μ_s . W przypadku wystąpienia poślizgu w zależności (4.2) należy przyjąć znak równości i wtedy określamy

współczynnik tarcia μ . Wielkości sił S_1 , S_2 określamy na drodze obliczeniowej według parametrów technicznych urządzenia wyciągowego na którym wykonujemy pomiary. Ocenę bezpieczeństwa pracy urządzenia wyciągowego przeprowadza się poprzez ponowne obliczenie krytycznych opóźnień podczas opuszczania i podnoszenia załadowanych naczyń a także dla przejazdu pustych naczyń według zależności:

- opuszczanie ładunku,

$$b_{kr.o} = \frac{k \cdot c \cdot g(1 - e^{\mu\alpha}) - (1 + k)(1 + e^{\mu\alpha})}{k \cdot c \cdot g(1 + e^{\mu\alpha}) - (1 + k)(1 - e^{\mu\alpha})} \quad (1.4)$$

- podnoszenie ładunku,

$$b_{kr.p} = \frac{k \cdot c \cdot g(1 - e^{\mu\alpha}) - (1 + k)(1 + e^{\mu\alpha})}{k \cdot c \cdot g(1 + e^{\mu\alpha}) - (1 + k)(1 - e^{\mu\alpha})} \quad (1.5)$$

- przejazd pustymi naczyniami,

$$b_{kr.pr} = \frac{g(e^{\mu\alpha} - 1)}{e^{\mu\alpha} + 1} \quad (1.6)$$

gdzie:

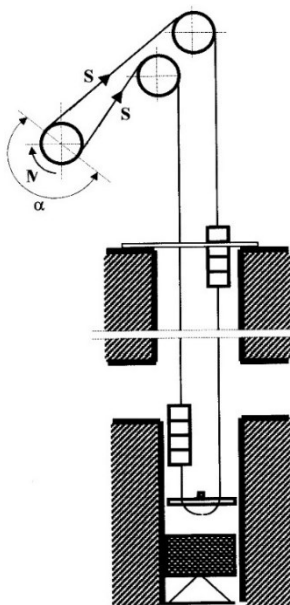
$k = m_2/m_1$ – stosunek mas poruszających się ruchem postępowym m_2 do masy obrotowej m_1 ,

$c = (m_2 + m_1)\Delta P_{st}$ – współczynnik masywności, Nkg,

ΔP_{st} – statyczne obciążenie wału maszyny, N,

g – przyspieszenie ziemskie, m/s².

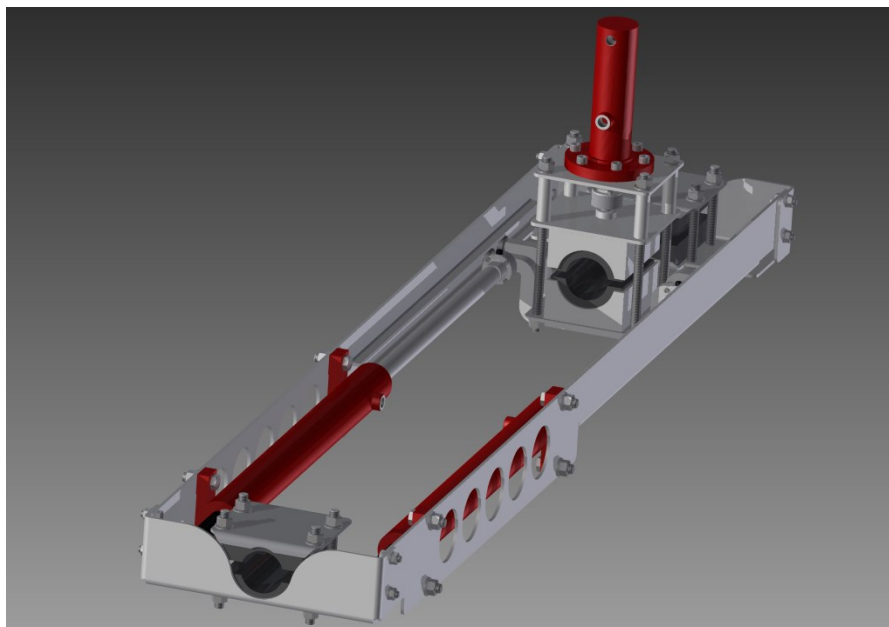
- 3) Metoda obrotu koła pędnego przy podpartym jednym naczyniu wyciągowym i pomiarach prądu twornika silnika (metoda KWK „Krupiński”), rys. 1.5.
- 4) Metoda określenia sił w gałęziach liny za pomocą zadanego przetoczenia rowka wykładziny (metoda VNIIGM), stosowana tylko w wyciągach wielolinowych.
- 5) Urządzenie typu UPT konstrukcji KWK „Pniówek” [5].



Rys. 1.5 Schemat urządzenia wyciągowego z kołem pędnym do określenia sprzężenia ciernego metodą KWK „Krupiński”

Źródło: [3]

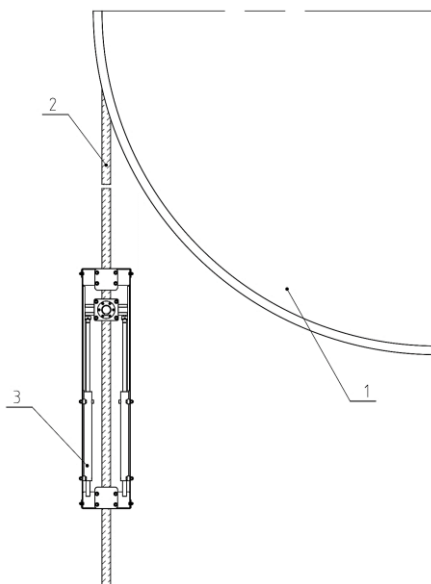
Udoskonaloną i opatentowaną przez Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej metodę kopalni „Pniówek” przedstawiono na rys. 1.6 [1]. Urządzenie umożliwia pomiar współczynnika sprzężenia ciernego zgodnie z normą DIN 21258 [18].



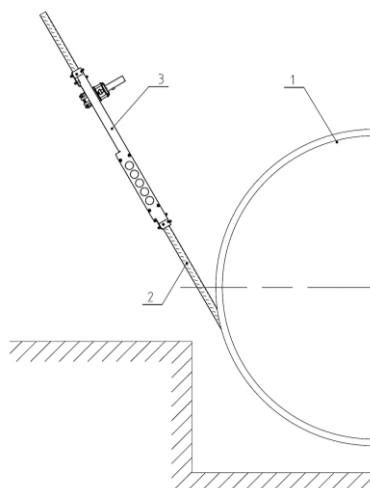
Rys. 1.6 Model udoskonalonej przez Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej wersji urządzenia UPT

Źródło: [1]

Sposób montażu urządzenia przedstawiono na rys. 1.7 oraz 1.8.



Rys. 1.7 Sposób montażu urządzenia UPSC w przypadku maszyny wyciągowej na wieży:
1 – koło pędne maszyny wyciągowej, 2 – lina, 3 – urządzenie UPSC



Rys. 1.8 Sposób montażu urządzenia UPSC w przypadku maszyny wyciągowej na zrzębie:
1 – koło pędne maszyny wyciągowej, 2 – lina, 3 – urządzenie UPSC

PODSUMOWANIE

Przedstawione zagadnienie związane z oceną sprzężenia ciernego jest niezwykle istotne dla zapewnienia bezpiecznej pracy wyciągu szybowego a zwłaszcza w trakcie transportu załogi. Dlatego też niezwykle ważne jest prawidłowe określenie wartości współczynnika sprzężenia ciernego przy pomocy dostępnych metod badawczych zwłaszcza gdy dotyczy to smarowania uzupełniającego lin nośnych. Smarowanie uzupełniające przyczyniło się nie tylko do wzrostu trwałości lin ale także do wzrostu bezpieczeństwa ich eksploatacji poprzez eliminację lub osłabienie oddziaływania korozji na stan lin.

Ważnym aspektem oceny stanu sprzężenia ciernego są pomiary bezpośrednie na urządzeniu wyciągowym dające informację dla konkretnej pary cierniej w warunkach zbliżonych do eksploatacyjnych. Badania te wiążą się z wyłączeniem urządzenia z eksploatacji na czas pomiarów i ze znacznym ryzykiem dla osób je wykonujących. Dlatego też zostało zaprojektowane i opatentowane mobilne urządzenie badawcze. Urządzenia pozwala na szybki i bezpośredni pomiar współczynnika tarcia i znacząco ogranicza czas wyłączenia maszyny wyciągowej z ruchu.

LITERATURA

1. J. Brodny, M. Żołnierz, Układ pomiarowy do wyznaczania współczynnika sprzężenia ciernego. Patent P.407885. Politechnika Śląska, Gliwice 2016.
2. A. Carbogno, Badania współczynnika tarcia pomiędzy różnymi wykładzinami, a liną stalową nasmarowaną smarami Elakson, Międzynarodowe Seminarium pt.: *Stan techniki w zakresie ochrony antykorozyjnej i smarowania lin stalowych*, Firma Elakson Sachsen GmbH&Co. kG Germany, Zabrze 2001.
3. A. Carbogno, Ocena sprzężenia ciernego podczas eksploatacji górniczego urządzenia wyciągowego. *Poślizgi lin w górniczych wyciągach szybowych*. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego w Łędzinach. Seminarium 15-16 maj 2001. Szczyrk, maj 2001.
4. A. Carbogno, Wybrane zagadnienia dotyczące sprzężenia ciernego pomiędzy liną stalową, a wykładziną koła pędnego, Wydawnictwo Politechniki Śląskiej, Gliwice 2006.
5. A. Carbogno, S. Mateja, J. Pyłacz, Smarowanie uzupełniające lin w górniczych wyciągach szybowych podczas eksploatacji. Międzynarodowa Konferencja „*Teoretyczne i praktyczne aspekty stosowania środków smarnych*”. CBiDGP w Łędzinach. Szczyrk 20-22 października 2004.
6. A. Carbogno, F. Słanina, Wpływ smarowania lin nośnych na bezpieczeństwo pracy górniczych wyciągów ciernych. II Międzynarodowa Konferencja „*Teoretyczne i praktyczne stosowanie środków smarnych*” CBiDGP w Łędzinach. Ustroń 29÷31 maja 2006.

7. A. Carbogno, M. Żołnierz, Wyniki badań wraz z oceną wyrobu wykładziny kół pędnych maszyn wyciągowych wykonane z tworzywa BECORIT typu K22 i K25SB, Politechnika Śląska, Gliwice 2008.
8. A. Carbogno, M. Żołnierz, D. Adamecki, Badania współczynnika tarcia pary czarnej lina stalowa – wykładzina koła pędnego, III Międzynarodowa Konferencja: „Bezpieczeństwo pracy urządzeń transportowych w górnictwie”. Centrum Badań i Dozoru Górnictwa Podziemnego Sp. z o.o. w Łędzinach, Ustroń 20-22.11.2007.
9. H. Goris, N. Nyrosten, 113 – środek konserwujący dla lin wyciągów systemu Koepe. Firma Nyrosten.
10. J. Hansel, *Wykładziny kół i bębnow linowych*, Wydawnictwo AGH, Kraków 2012.2
11. R. Kernert, Badania laboratoryjne sprzężenia czarnej liny stalowej z wykładziną typu K25SB, Praca dyplomowa, Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.
12. J. Pusch, Wtórne smarowanie stalowej liny – założenia i możliwości techniczne. II Międzynarodowa Konferencja „Teoretyczne i praktyczne aspekty stosowania środków smarnych”. CBiDGP w Łędzinach. Ustroń 29-21 maja 2006.
13. A. Różok, Badanie współczynnika tarcia wykładzin kół pędnych górniczych maszyn wyciągowych, Projekt inżynierski, Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej, Gliwice 2013.
14. M. Rudolf, Badania współczynnika tarcia wykładzin kół pędnych górniczych maszyn wyciągowych, Praca dyplomowa, Instytut Mechanizacji Górnictwa Politechniki Śląskiej. Gliwice 2009.
15. T. Zmysłowski, *Górnictwo maszyny wyciągowe. Część mechaniczna*, Śląsk, Katowice-Warszawa 2004.
16. Dz. U. 04.99.1003: Rozporządzenie Rady Ministrów z dnia 30 kwietnia 2004 r. w sprawie dopuszczania wyrobów do stosowania w zakładach górniczych.
17. Technologie zur Nachschmierung von Koepe-Förderseilen mit Elaskon III Star LM. Materiały firmy Elaskon.
18. Norma DIN 21258, Schmier-und Tränkungsstoffe für Treibscheiben – Förder – seile im Bergbau. Sicherheitstechnische Anforderungen und Prüfung, Kwiecień 2007.

Data przesłania artykułu do Redakcji: 12.2017

Data akceptacji artykułu przez Redakcję: 02.2018

**ZAGADNIENIE SPRĘŻENIA CIERNEGO PARY CIERNEJ
LINA NOŚNA – WYKŁADZINA CIERNA**

Streszczenie: Artykuł przedstawia zagadnienie sprzężenia ciernego występującego między liną nośną a wykładziną cierną koła pędowego wyciągu górniczego bardzo istotnego z uwagi na bezpieczeństwo transportu ludzi. Przedstawiono dopuszczone do stosowania w polskim górnictwie wykładziny cierne oraz ich ogólną charakterystykę. Opisano laboratoryjne oraz eksploatacyjne metody wyznaczenia sprzężenia ciernego. Artykuł przedstawia opracowane w Katedrze Mechanizacji i Robotyzacji Górnictwa mobilne stanowisko badawcze.

Słowa kluczowe: sprzężenie cierne, wyciąg szybowy, wykładzina cierna, lina nośna

ISSUES OF FRICTION COUPLING CARRIER ROPE – FRICTION LINING

Abstract: The article presents the problem of friction between the rope and the friction lining of a mining hoist very important for the safety of human transport. The friction linings approved for use in the Polish mining industry and their basic properties are presented. Laboratory and operational methods of friction feedback are described. This article presents an innovative mobile research stand developed at the Department of Mining Mechanization and Robotisation.

Key words: friction coupling, mining hoist, friction layer, rope

mgr inż. Agata Buchcik

Politechnika Śląska,
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Mechanizacji
i Robotyzacji Górnictwa
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: agata.buchcik@polsl.pl

dr inż. Andrzej N. Wieczorek

Politechnika Śląska,
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Mechanizacji
i Robotyzacji Górnictwa
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: andrzej.n.wieczorek@polsl.pl

dr inż. Marcel Żołnierz

Politechnika Śląska,
Wydział Górnictwa i Geologii
Katedra Mechanizacji
i Robotyzacji Górnictwa
ul. Akademicka 2, 44-100 Gliwice, Polska
e-mail: marcel.zolnierz@polsl.pl