

WPLYW PROCESU ZUŻYCIA PARY KINEMATYCZNEJ KOŁO – LINA NA ZJAWISKO ZAKLESZCZANIA LINY NOŚNEJ DŹWIGU ELEKTRYCZNEGO

THE EFFECT OF WEAR PROCESS OF „WHEEL - ROPE” KINEMATIC COUPLE ON SUSPENSION ROPE JAMING

W artykule przedstawiono rezultaty teoretycznych rozważań nad wpływem procesu zużycia pary kinematycznej koło – lina na zjawisko zakleszczenia liny nośnej w rowkach linowych. Rozważania teoretyczne wydają się być niezbędne w celu wykonania badań nad wspomnianym zjawiskiem. Zakleszczenie liny w rowku linowym jest zjawiskiem niebezpiecznym z punktu bezpieczeństwa podróżujących oraz eksploatacji urządzenia. W związku z powyższym wydaje się być słusznym podjęcie prób zdiagnozowania wspomnianego zjawiska.

Słowa kluczowe: dźwig elektryczny, zakleszczanie liny, zużycie rowków linowych

The paper deals with results of theoretical consideration of influence of wear process of kinematical pair of sheave – rope on jam effect of rope in the lifting groove. Theoretical considerations seem to be indispensable for future tests of this effect. Rope jamming in the lifting groove is a danger event from the lift users and lift exploitation point of view. Taking into consideration the above said it seems to be motivated to diagnose such effect by test.

Keyword: Elevator, rope jam, wear lifting rope

1. Wstęp

Zasada działania wszystkich dźwigów ciernych jest taka sama i jest oparta na zjawisku cierności pomiędzy kołem ciernym i linami nośnymi. Proces zużywania się współpracujących elementów przebiega w różny sposób w zależności od konfiguracji urządzenia, zrównoważenia układu, typu rowka linowego oraz sposobu wykonania rowka (rowek utwardzony lub nieutwardzony).

Próby diagnozowania procesu zużycia rowków linowych były przeprowadzane przez wiele firm dźwigowych tj.: Thyssen, Otis, Schindler. Monitorowanie stanu technicznego urządzeń dźwigowych sprowadza się do połączenia sterownika dźwigu poprzez sieć internetową do ekip, które nadzorują pracę urządzenia znajdującego się w budynku. Jednakże informacje przesyłane do jednostek sprawujących nadzór nad stanem technicznym są ubogie w informacje. Nie informują o stanie technicznym poszczególnych podzespołów, ale o wystąpieniu awarii w określonym miejscu i o określonym stanie.

Dzięki rozwijającej się technice komputerowej istnieją sposoby diagnozowania współpracujących

podzespołów co stwarza możliwości do opracowania systemów monitorujących.

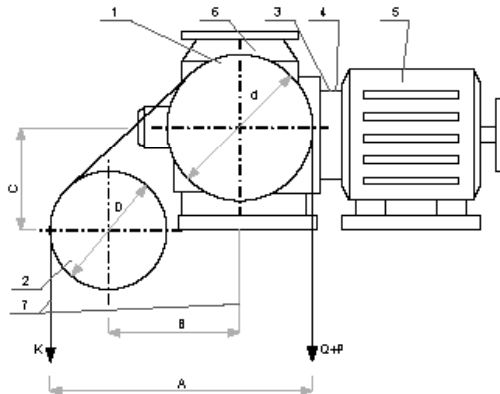
Artykuł przedstawia nowatorski sposób diagnozowania procesu zużycia rowków linowych, który będzie się odbywał poprzez zapisanie emitowanego dźwięku przy wychodzeniu liny z rowka, a następnie porównanie go z pasmem wzorcowym. Dzięki temu, po zainstalowaniu w sterowaniu dźwigu specjalnego urządzenia pozwalającego na diagnozę porównawczą istnieje możliwość opracowania całego systemu sprawującego nadzór na współpracującym kołem i linami.

2. Analiza teoretyczna

2.1. Wiadomości teoretyczne

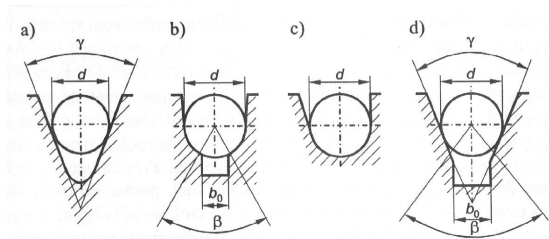
Prawidłowa konfiguracja urządzenia dźwigowego pozwala na długą i bezawaryjną pracę. Na rysunku 1 przedstawiony jest schemat napędu dźwigu elektrycznego w konfiguracji z pojedynczym opasaniem i przełożeniem 1:1. Tego typu konfiguracja stanowi około 70 % na rynku. W celu uzyskania długiej współpracy pary cierniej koło – lina, należy uwzględnić m.i.n. typ rowka linowego.

W dźwigach ciernych stosowane są cztery typy rowków linowych, przedstawionych na rysunku 2 [2].



Rys. 1. Schemat zespołu napędowego windy [5]: 1 – koło cierne, 2- koło zdawcze, 3 – sprzęgło, 4 – hamulec, 5 – silnik elektryczny, 6 – reduktor, 7 – lina nośna, K – masa przeciwwagi, P+Q – suma mas pustej kabiny wraz z ramą i udźwigu nominalnego

Fig. 1. Traction elevator drive diagram [5]: 1 – sheave, 2- diverted pulley, 3 – coupling, 4 – brake, 5 – electrical engine, 6 – reduction gear, 7 – lifting rope, K – counterweight mass, P+Q – total mass of an empty car with a frame and a nominal capacity



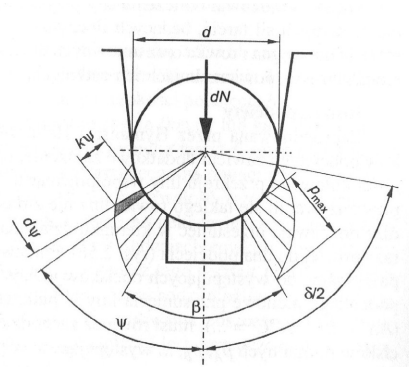
Rys. 2. Profile rowków linowych stosowanych w kołach ciernych: a) rowek klinowy, b) rowek półokrągły podcięty, c) rowek półokrągły, d) rowek klinowy podcięty [2,4]

Fig. 2. Rope grooves profiles used in sheaves: a) key-seat, b) cut U-groove, c) U-groove, d) cut key-seat [2,4]

Zakleszczanie liny w rowkach najczęściej jest spotykane przy współpracy liny z rowkami podciętymi. Zjawisko to występuje w przypadku nadmiernego zużycia rowków bez względu na przyczynę zużycia. Na rysunku 3 przedstawiony jest rozkład nacisków w rowku podciętym. Jak można zauważyć, największe naciski występują przy przejściu zarysu rowka w podcięcie. W tym miejscu, w czasie nadmiernego zużycia, następuje zakleszczanie liny wywołane nierównomiernym obciążeniem rowków. Przyczynami

występowania wspomnianego zjawiska mogą być również:

- Niejednorodność przekroju poprzecznego liny wynikająca z długiego czasu współpracy co powoduje rozciąganie się liny,
- Niejednorodność przekroju poprzecznego liny wynikająca z większego przekroju poprzecznego rowków linowych na kole zdawczym, co powoduje zmianę przekroju poprzecznego liny,
- Zużycie się rowków linowych w kole ciernym.



Rys. 3. Rozkład nacisków w rowku półokrągłym podciętym [2,4]

Fig. 3. Stress distribution in the cut U-groove [2,4]

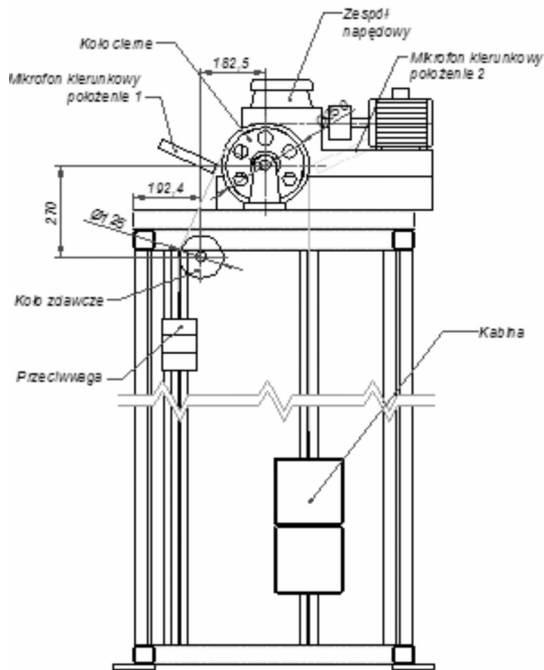
2.2. Podstawowe założenia do budowy stanowiska badawczego

Podstawą do opracowania projektu stanowiska badawczego jest dźwig cierny, osobowy o udźwigu 500 kg. Model, przedstawiony na rysunku 4, będzie zawierał główne podzespoły dźwigu ciernego tj.: zespół napędu, masę imitującą kabinę i przeciwwagę, prowadnice oraz system sterowania pozwalający na ciągły ruch kabiny w górę oraz w dół. W celu odzwierciedlenia warunków rzeczywistych oraz warunków współpracy liny z kołem ciernym wszystkie masy oraz wymiary będą wykonane w odpowiedniej skali. W celu wykonania pomiarów, w miejscu wyjścia liny z rowka linowego będą umiejscowione mikrofony kierunkowe pozwalające na zapis emisji dźwięku. Mikrofony będą podłączone poprzez kartę A/C do komputera, rysunek 5.

Fale dźwiękowe, jakie mogą się propagować w gazach, cieczach i ciałach stałych to fale podłużne i poprzeczne. Analiza zjawiska falowego sprowadza się do równania 1 [1]:

$$u(t) = A \sin(\omega t + \varphi) \quad (1)$$

Gdzie: A – amplituda ruchu drgającego [m], t – czas przebiegu zjawiska [s], ω – częstość kątowna [rad/s], φ – przesunięcie fazowe [rad]



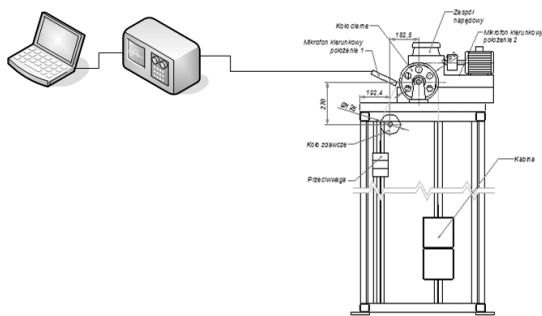
Rys. 4. Rozmieszczenie urządzeń

Fig. 4. Testing equipment arrangement

Jeżeli zaniedbamy w dalszych rozważaniach dyssypację energii w ośrodku, wówczas propagująca się fala może być falą przestrzennie harmoniczną [3]:

$$u(x, t) = u \cos 2\pi \left(ft - \frac{x}{\lambda} \right) \quad (2)$$

Gdzie: f – częstotliwość rozchodzenia się fal [Hz], x – droga rozchodzenia się fali [m], λ – okres rozchodzenia się fali [s^{-1}].



Rys. 5. Schemat stanowiska badawczego

Fig. 5. Scheme of testing station

2.3. Metoda badań

Badania będą przeprowadzane z wykorzystaniem karty pomiarowej typu DAQ 700, mikrofonu kierunkowego oraz oprogramowania LabView oraz Matlab wer. 7.0.1. Emisja dźwięku w czasie wychodzenia liny z rowka posiada pewną częstotliwość. Badania będą obejmowały pomiary dla rowków podciętych: klinowego oraz półokrągłego. W celu uzyskania wzorcowej częstotliwości emitowanego dźwięku pomiary będą przeprowadzone dla nowej, współpracującej pary koło – lina. W celu próby zdiagnozowania zjawiska, następnymi pomiary będą wykonane przy zastosowaniu kół czarnych z naciętymi rowkami. Rowki będą nacięte w sposób imitujący pewien stopień zużycia, co będzie wymuszało zakleszczanie liny w rowku. Pomiary będą przeprowadzone kolejno dla dwóch rowków o różnym stopniu zużycia. Następnie porównanie otrzymanych charakterystyk z charakterystyką wzorcową pozwoli na otrzymanie szukanych wyników. Kolejnym etapem będzie zapis emitowanego dźwięku w postaci plików dźwiękowych, a następnie przy pomocy programu Matlab za pomocą poleceń FFT analiza widm częstotliwości otrzymanych dźwięków [6].

Poszerzone możliwości Matlab'a w zakresie przetwarzania sygnałów są dostępne w bibliotece Signal Processing Toolbox, która umożliwia projektowanie, symulację i szybkie prototypowanie układów cyfrowego przetwarzania sygnałów [6]. Dzięki otrzymanym wynikom będzie możliwość powiązania stopnia zużycia rowków linowych z częstotliwością emitowanego dźwięku.

3. Wnioski

Systemy sprawujące nadzór nad stanem technicznym urządzeń stają się coraz bardziej powszechnym zjawiskiem w dziedzinach wytwarzania oraz zarządzania.

Systemy monitorujące posiadają aspekty ekonomiczne oraz eksploatacyjne. Do aspektów ekonomicznych można zaliczyć:

- zwiększenie niezawodności, bezpieczeństwa oraz gotowości urządzenia dźwigowego,
- obniżenie kosztów utrzymania całego systemu transportowego,
- poprawy systemów logistycznych związanych z zapewnieniem podzespołów zamiennych w minimalnych ilościach,
- zredukowanie awarii, przestojów oraz strat spowodowanych powyższymi czynnikami.

Do aspektów eksploatacyjnych zaliczają się:

- możliwość diagnozowania stanu technicznego urządzenia w czasie rzeczywistym,
- wcześniejsze ustalenie wystąpienia uszkodzenia,

- o możliwość ustalenia wartości granicznych, dla których urządzenie jest w stanie bezawaryjnie pracować,
- o zapobieganie powstawaniu skutków uszkodzeń.

Otrzymane wyniki pozwolą na opracowanie metody monitorowania stanu technicznego pary ciernej

dźwigu, co pozwoli na zapobieganie powstawania uszkodzeń układu oraz w przypadku wystąpienia sygnałów świadczących o występowaniu zjawiska zakleszczenia liny w rowku, możliwość wcześniejszej regeneracji koła oraz sprawdzenie stanu technicznego ciągów nośnych.

4. Literatura

- [1] Cempel Cz.: *Wibroakustyka stosowana*. Instytut Mechaniki Stosowanej, P.P., Poznań 1988.
- [2] Kwaśniewski J.: *Dźwigi osobowe i towarowe*. Budowa i eksploatacja. Uczelniane Wydawnictwo Naukowe - Dydaktyczne, Kraków 2004.
- [3] Kwiek M.: *Akustyka i laboratorium. Część 1 Postawy akustyki teoretycznej*. Państwowe Wydawnictwo Naukowe, Poznań 1968.
- [4] Lipski J., Lonkwić P.: *The analysis of rope groove influence In a factor coupe rope – sheave on pressure and a friction factor*. Lift Report 3/2005.
- [5] Lonkwić P.: *Analysis of elevator configuration influence on the operation and safety conditions of lifting ropes*. Lift Report 6/2004.
- [6] Mrozek Z., Mrozek B.: *Matlab 5.X Symulink 2.X, poradnik użytkownika*. Wydawnictwo PLJ, Warszawa 1998.

Badania będą wykonywane dzięki środkom uzyskanym w ramach projektu „Intensyfikacja działań innowacyjnych regionu poprzez system stypendiów doktorskich (działanie 2.6) nr Z/2.06/II/2.6/5/04

Dr hab. inż. Jerzy LIPSKI, prof PL

Politechnika Lubelska
Katedra Organizacji Przedsiębiorstw

Mgr inż. Paweł LONKWIC

Lift Service S.A. Lublin
e-mail to: j.lipski@pollub.pl
e-mail to: plonkwi@lift.pl
