

OCENA WPŁYWU STOPNIA ZUŻYCIA ROWKÓW LINOWYCH NA WARTOŚĆ EMISJI SYGNAŁU AKUSTYCZNEGO

ASSESSMENT OF INFLUENCE OF DEGREE WASTE ROPE GROOVES ON VALUE OF EMISSION OF ACOUSTIC SIGNAL

W artykule przedstawiono wpływ stopnia zużywania się rowka koła ciernego dźwigu elektrycznego na stopień emisji sygnału wibroakustycznego. Do celów badawczych został wybudowany specjalny szyb dźwigowy, imitujący dźwig o napędzie ciernym, który został wyposażony w dwa czujniki akustyczne oraz dwa czujniki wibracyjne. W czasie badań wykonano szereg pomiarów mających na celu uwidocznienie problemu zawartego w temacie opracowania.

Słowa kluczowe: Dźwig cierny, dźwig elektryczny, sygnał akustyczny, sygnał wibroakustyczny, zużycie rowków linowych, akustyka

The article presents the effect of frictional wheel rope groove wear degree in an electric on the vibrating-acoustic signal degree. For research purposes a special lift shaft was built, imitating a frictional-drive. It was equipped with two acoustic and two vibration sensors. During the studies a range of measurements was performed in order to reveal the problem contained in the subject of this paper.

Keywords: Traction elevator, elevator, acoustic signal, vibro-acoustic signal, wearing of grooves, acoustic

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, zrównoważania 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

1. Introduction

The principle according to which all friction work is the same. It is based on the phenomenon of friction between the friction wheel and lifting ropes. The process of wearing out of the cooperating elements takes different courses, depending on the appliance configuration, system balancing, rope groove type and on how was the groove made (hardened or non-hardened groove).

Many manufacturers have made attempts at diagnosing rope groove wear process, i.e.. Thyssen, Otis, Schindler. Monitoring the technical condition of lifting appliances involves connecting the controller through the Internet to the crews that supervise the work of an appliance that is in the building. However, the information sent to the units that supervise the technical condition is quite poor. They do not inform about the technical condition of the particular sub-assemblies, but about the occurrence of a breakdown in a particular place and condition.

Thanks to the development of computer technology, there are ways of diagnosing the cooperating

podzespołów co stwarza możliwości do opracowania systemów monitorujących [4].

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 [4].

Napęd cierny dźwigu elektrycznego jest jednym z dwóch stosowanych napędów w tych urządzeniach. Ruch kabiny dźwigu jest przekazywany poprzez liny nośne, które opasują koło ciernie znajdujące się na reduktorze (rys. 1.). Średnica lin oraz koła ciernego są zależne od konfiguracji całego urządzenia.

Na rysunku 2 przedstawiony jest podział dźwigów ze względu na stosowane konfiguracje:

Obecnie w 45% montowanych urządzeń stanowią dźwigi o przełożeniu 1:1 z pojedynczym opasaniem. Urządzenia te są środkami transportu obsługującymi określone poziomy.

Dźwigi posiadają kabinę prowadzoną w prowadnicach, której ciężar wraz z udźwigiem jest równoważony przez masę równoważącą o masie stanowiącej od 40 – 60 % udźwigu i masy kabiny z ramą. Pozostała część nierównoważenia jest realizowana przez siły cierności pomiędzy kołem ciernym i linami nośnymi.

Dźwigi można podzielić na:

- a) elektryczne (o napędzie ciernym),
- b) hydrauliczne

sub-assemblies, which makes it possible to develop monitoring systems. [4].

The article presents an innovative manner of diagnosing rope groove wear process, which will be performed through recording the emitted sound when the rope leaves the groove, and then comparing it to the model band. Thanks to that, after installing in the lift control a special appliance allowing for a comparative diagnosis, there is a possibility of developing a whole system supervising the cooperating wheel and ropes [4].

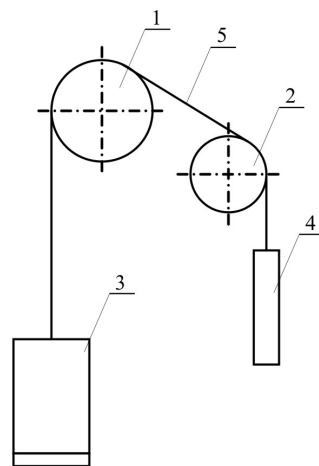
The friction drive of an electric is one of the two drives applied in these appliances. The movement of cab is transmitted through the carrying ropes that gird the friction wheel, which is situated on the reducer (fig. 1.). The diameters of the ropes and friction wheel depend on configuration of the whole appliance.

At present 45% of the assembled appliances are with purchase (leverage) 1:1 and single girding. They are means of transport for specific levels.

Elevators have cabs led in shears. The cab weight, together with lifting capacity are counterbalanced by the balancing bulk, whose weight constitutes 40 – 60 % of lifting capacity and mass of the cab with frame. The remaining part of non-balancing is accomplished by friction forces between the friction wheel and carrying ropes.

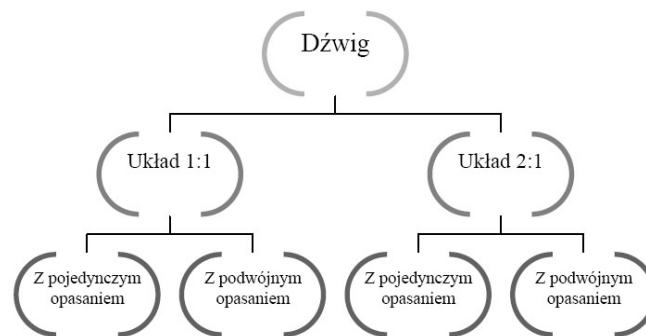
Elevators can be divided into:

- a) electric (with friction drives),
- b) hydraulic



Rys. 1. Model napędu ciernego dźwigu elektrycznego [2]: 1 – koło ciernie, 2 – koło zdawcze, 3 – kabina, 4 – przeciwwaga, 5 – liny nośne

Fig. 1. Model of friction elevator [2]: 1 – sheave, 2 – pulley, 3 – car, 4 – counterweight, 5 – ropes



Rys. 2. Podział dźwigów ze względu na stosowane konfiguracje (opracowanie autorskie)

Fig. 2. Partition of elevator for the sake on configurations (author elaborate)

Napędy dźwigów ciernych składają się z: silnika elektrycznego, przekładni ślimakowej oraz hamulca. Przeniesienie napędu realizowane jest za pomocą przekładni linowej. W czasie eksploatacji urządzenia następuje proces zużywania rowków linowych. Proces zużywania powoduje, że współpraca lin z kole może być nierównomierna oraz zakłócana przez zjawisko zakleszczenia liny w rowkach. Na proces zakleszczenia liny w rowkach linowych mają wpływ następujące czynniki:

- niejednorodność przekroju poprzecznego liny, wynikająca z długiego czasu eksploatacji,
- niejednorodność przekroju poprzecznego liny, wynikająca z większego zarysu rowka na kole zdawczym,
- naturalnego zużycia rowków linowych, co prowadzi do zmiany kształtu rowka.

Zjawisko zakleszczenia liny w rowkach linowych jest zjawiskiem powszechnym i znanym. Jednakże z uwagi na względy ekonomiczne oraz trudności związane z warunkami otoczenia nie zostały podjęte próby stworzenia systemu monitorującego stan rzeczywisty pary ciernej koło – lina.

Dźwigi o napędzie ciernym są urządzeniami, które są konfigurowane w różny sposób w zależności od: udźwigu, prędkości, umieszczenia podzespołów w szybie oraz innych warunków. W związku z tym, w kołach ciernych są używane cztery typy rowków (rys. 3). Najbardziej podatne na nadmierne zużycie są rowki podcięte, z uwagi na specyficzny kształt. W montowanych dźwigach z napędem ciernym 75% stanowią konfiguracje, w których zastosowany jest rowek klinowy podcięty.

Geometrycznie rowek klinowy podcięty wyznaczają kąty: γ – jako kat rozwarcia ścian bocznych i β – kat środkowy. Zmiany geometryczne parametrów profilu rowka pociągają za sobą zmiany pozornego współczynnika tarcia f oraz zmianę maksymalnego nacisku p_{max} , który występuje na powierzchni zatknięcia liny z powierzchnią rowka [2].

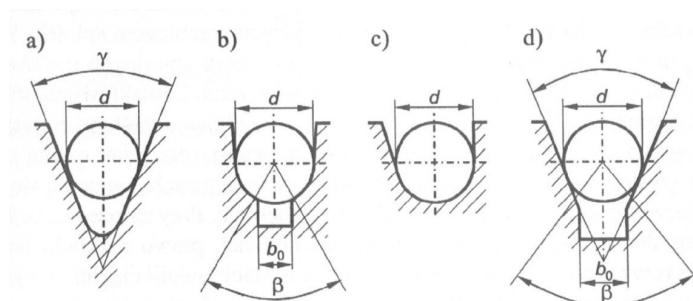
The drives of friction s consist of: an electric motor, a worm gear and a brake. Drive transmission is accomplished by means of a rope gear. During the appliance operation the process of rope groove wear is taking place. This process can make the cooperation between the ropes and friction wheel non-uniform (uneven) and it may be disturbed by the phenomenon of rope seizure in the grooves. The process of rope seizure in the rope grooves is influenced by the following factors:

- heterogeneity of the rope cross-section, resulting from long operation time,
- heterogeneity of the rope cross-section, resulting from larger groove profile on the delivery wheel,
- natural wear of rope grooves, leading to change of groove shape.

The phenomenon of rope seizure in rope grooves is common and well known. However, due to economic considerations and difficulties related to the surrounding conditions, no attempts have been made at creating a system that could monitor the actual condition of the friction pair: wheel-rope.

Friction driven s are machines configured in different ways, depending on: lifting capacity, velocity, placing sub-systems in the shaft, and other conditions. That is why four types of grooves are used in friction wheels (fig. 3.). Undercut grooves are most susceptible to excess wear, due to their specific shapes. In the assembled friction-driven s 75% are configurations, where cut key-slots are applied.

Geometrically, a cut key-slot is determined by the following angles: γ – as the included (groove) angle of the lateral walls and β – the central angle. The geometrical changes of groove profile parameters cause changes of the apparent friction factor f and the change of maximum pressure p_{max} , which occurs on the surface where the rope contacts the groove surface [2].



Rys. 3. Typy rowków linowych [2], [6]: 1 – klinowy, 2 – półokrągły podcięty, 3 – półokrągły, 4 – klinowy podcięty
 Fig. 3. Types of grooves [2], [6]: 1 – V-groove, 2 – U-groove undercut, 3 – U-groove, 4 – V-groove undercut

2. Metoda badań

Zbadano i porównano własności geometryczne oraz widma emitowanych dźwięków i wibracji powstałych na zbudowanym modelu dźwigu elektrycznego. Do badań wykorzystano koła wykonane z żeliwa szarego, na których został nacięty jeden rowek linowy o geometrii pozwalającej na współpracę z liną o średnicy 6 mm.

Do rejestracji danych posłużono się analizatorem dźwięku i drgań SVAN 912E, który był wyposażony w czterokanałową przystawkę SV08A z podłączonymi dwoma torami pomiaru drgań za pomocą czujników 3185 firmy DYTRAN oraz z dwoma torami do pomiaru natężenia dźwięku za pomocą mikrofonów SV02 z przedwzmacniaczami SV01A. Wyjścia analogowe przystawki SV08A podłączone były do czterokanałowego przetwornika analogowo – cyfrowego QuantaFire 610 (fot. 1, 2). Za pomocą analizatora były mierzone widma dźwięku i drgań, a za pomocą przetwornika analogowo – cyfrowego podłączonego do komputera rejestrowane były przebiegi czasowe zarówno dźwięku drgań [7].

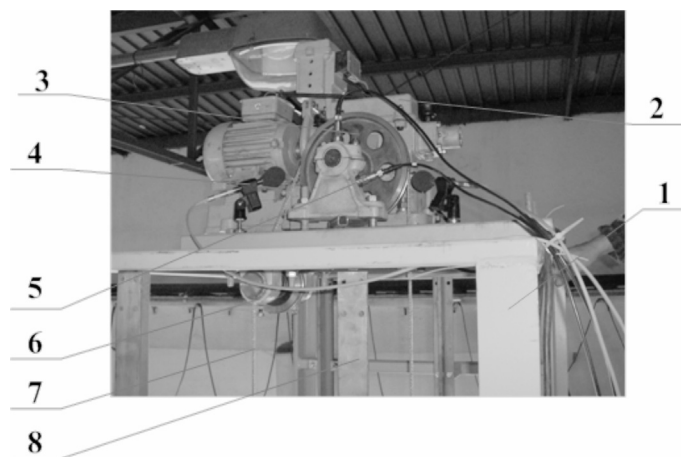
Pomiary miały na celu uchwycenie różnic w widmach dźwięku i drgań generowanych przez linę współpracującą z kołem ciernym. W tym celu wykonano 14 próbek kół ciernych, na których zostały nacięte rowki klinowe podcięte, z zasymulowanym różnym stopniem zużycia. W czasie pomiarów model windy wykonywał ruch góra – dół, w czasie którego następowała rejestracja danych.

2. Method of reserch

We examined and compared the geometrical properties and spectra of emitted sounds and vibrations that were created on the electric model we had built. For the research purposes we used wheels made of gray cast iron, on which one rope groove was cut, whose geometry allowed for cooperation with a rope of the diameter of 6 mm.

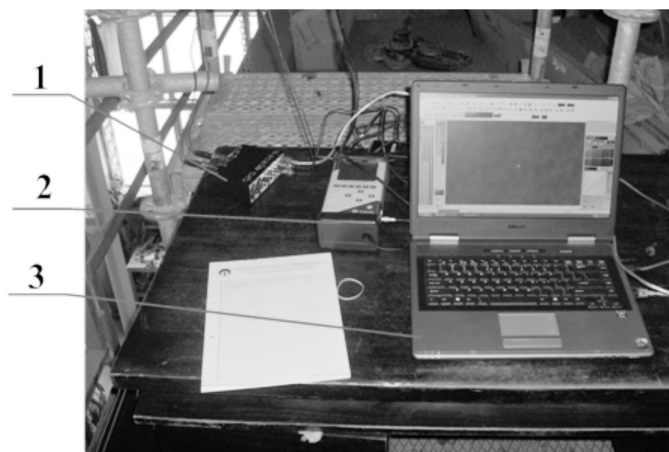
For data registration we used sound and vibration analyzer SVAN 912E, equipped with the four-channel attachment SV08A, connected with two slotted lines for vibration measurement by means of sensors 3185 manufactured by DYTRAN and two slotted lines for sound intensity measurement by means of SV02 microphones with SV01A preamplifiers. The analog outputs of SV08A attachment were connected to the four-channel analog-digital converter QuantaFire 610 (photo 1, 2). By means of an analyzer we measured the spectra of sound and vibrations, and by means of an analog-digital converter, connected to a computer, we simultaneously recorded the time courses of sound and vibrations [7].

The measurements were aimed at grasping the differences in the spectra of sound and vibrations generated by the rope cooperating with the friction wheel. For this purpose we made 14 samples of friction wheels on which we undercut the cut key-slot with simulated various wear degree. During the measurements a lift model made up and down movement, during which the data were registered



Fot. 1. Widok stanowiska pomiarowego [3]: 1 – szyb, 2 – zespół napędowy, 3 – koło cierne, 4 – mikrofon kierunkowy typu SV02, 5 – czujnik drgań typu 3185, 6 – zawieszenie koła zdawczego, 7 – lina nośna, 8 – prowadnice

Fig. 1. View of measuring station [3]: 1 – shaft, 2 – gear, 3 – sheave, 4 – type SV02 microphone, 5 – type 3185 vibration sensor, 6 – suspension of pulley, 7 – rope, 8 – guide rails



Fot. 2. Widok stanowiska pomiarowego [3]: 1 – czterokanałowy przetwornik cyfrowo-analogowy QuantaFire 610, 2 – analizator dźwięku i drgań SVAN 912AE, 3 – komputer

Fig. 2. View of measuring station [3]: 1 – four - channel analog - digital converter of type QuantaFire 610, 2 – sound and vibration analyzer of type SVAN 912AE, 3 – computer

3. Otrzymane wyniki

W celu lepszej analizy otrzymanych wyników, dokonano zapisu danych w czasie poruszającej się kabiny, rozpoczynając od kierunku do góry, następnie w kierunku dół.

Na poniższych rysunkach przedstawione są wyniki pomiarów. Pomiarzy były przeprowadzone w warunkach ustalonych. Otrzymane wyniki zostały przetworzone do postaci cyfrowej i przedstawione na poszczególnych wykresach. Na rysunku 4 przedstawione są otrzymane charakterystyki dla poszczególnych kół. Na rys 4 i 5 przedstawione są charakterystyki dźwięku dla kół o numerach parzystych K2 - K10 w czasie ruchu do góry.

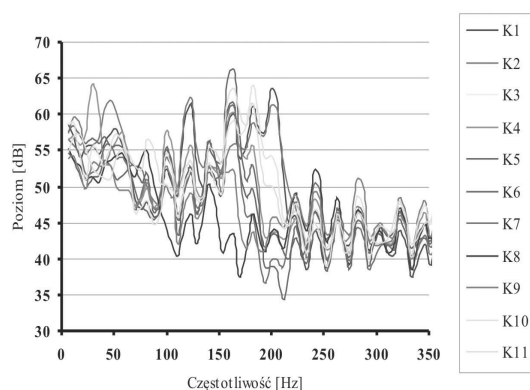
Na powyższych wykresach przedstawione są widma otrzymane na podstawie badań nad wpływem zagłębienia się liny w roku linowym w kole

3. Received results

For better analysis of the obtained results we recorded the data during cab movement starting from going up and then going down.

The figures below show measurement results. The measurements were performed in established conditions. The obtained results were processed to the digital form and presented on particular graphs. Figure 4 shows the obtained characteristics for particular wheels. In figures 4 and 5 we presented sound characteristics for subsequent even wheel pairs K2 – K10 during movement upwards.

The graphs above present the spectra obtained on the basis of studies on the effect of the rope sinking into the rope groove of a friction wheel. Due to the fact that the phenomenon of the rope sinking into the grooves occurs at random and unevenly, it was



Rys.4. Widma emitowanego dźwięku w czasie jazdy do góry [3]

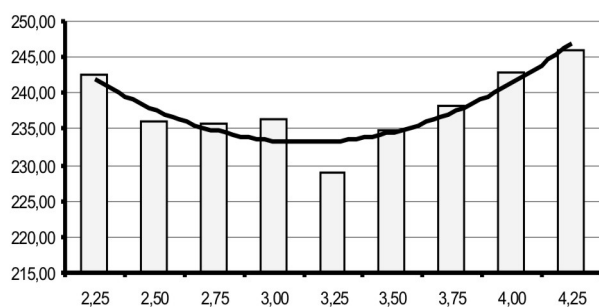
Fig. 4. The phantom of emitted sound in time of drive to top [3]



Rys.5. Widma emitowanego dźwięku w czasie jazdy do góry dla kół nr 2 i 9 [3]

Fig. 5. The phantom of emitted sound in time of drive to top for wheels of No. 2 and 9 [3]

ciernym. Z uwagi na to, że zjawisko zagłębiania się liny w rowkach występuje losowo oraz nierównomiernie, wynika z tego, że zasadne było podjęcie badań w tym kierunku. Powyższe wykresy pokazują różnice jakie występują w czasie ruchu do góry i ruchu w dół kabiny oraz różnice wynikające z zagłębienia się liny w rowku na różną głębokość. Na rysunku 4 przedstawione są widma zarejestrowane dla 11 kół, gdzie lina zagłębiała się co 0,25 mm w głąb rowka. Na rysunku 5 pokazane są dwa widma dla kół nr 2 oraz nr 9. Różnica w widmach pokazuje zakres, dla którego w dalszych badaniach można analizować wpływ zużycia wieńca koła oraz powiązanie otrzymanych widm z procesem zakleszczenia lin w rowkach. Na rysunku 5 przedstawiona jest linia trendu dla postępu zużywania się rowka w stosunku do odległości wektorów w przestrzeni euklidesowej. Na rysunku 7 przedstawiona jest krzywa zużycia obiektów technicznych (krzywa LORENTZA). Jeżeli założymy, że krzywą trendu przedstawioną na rysunku 6 „rozciągniemy” w czasie, wówczas otrzymamy zbliżoną krzywą do krzywej zużycia w II i III etapie eksploatacji obiektów technicznych. Punkt łagodnego przejścia krzywej trendu przy zagłębieniu liny na odległość między 3,5 a 3,75 mm, można traktować jako punkt załamania krzywej Lorentza między II, a III obszarem. Wówczas analizując zużycie rowków linowych powyżej 3,5 mm, otrzymujemy sygnał świadczący o zbliżającym się okresie regeneracji koła lub wymiany.

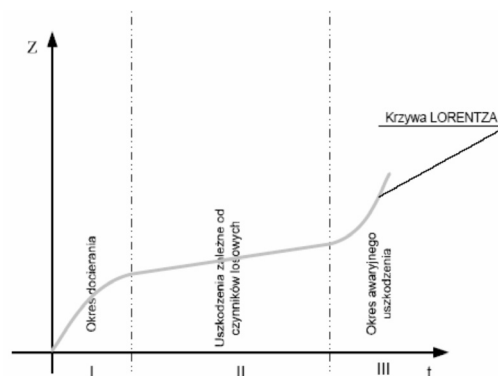


Rys. 6. Czujnik M1 rejestrujący w kierunku do góry [3]
Fig. 6. Sensor recording in direction to mountain M1 [3]

4. Podsumowanie

W opracowaniu przedstawiono metodę pomiaru stanu technicznego parę kinematyczną koło-lina z wykorzystaniem sygnału akustycznego. Zastosowanie opracowanej metody pozwoliło otrzymać wyniki, które posłużyły do wyznaczenia widm poszczególnych częstotliwości emitowanego dźwięku. Metody monitorowania stanu technicznego pary kinematycznej koło-lina nie były w Polsce dotychczas stosowane oraz wdrażane.

justifiable to undertake studies in this direction. The graphs above show the differences that occur during the cabs upward and downward movements, as well as the differences resulting from the fact that the rope sinks into the groove at different depths. Figure 4 shows the spectra recorded for 11 wheels where the rope sank into the groove every 0.25 mm. Figure 5 presents two spectra for wheels number 2 and number 9. The difference in the spectra shows the range for which, in our further studies, we could analyze the influence of wheel rim wear and the relationship of the obtained spectra to the process of rope jamming in the grooves. Figure 5 presents the trend line for the progress of groove wear in relation to the distance between vectors in Euclidean space. Figure 7 presents the technical objects wear curve (LORENTZ'S curve). If we assume that the trend curve, presented in figure 6 can be „stretched” in time, then we will obtain a curve that is similar to wear curves in stages II and III of technical object operation. The point where the trend curve smoothly passes at the distance between 3.5 and 3.75 mm, the rope being sunk, can be treated as the Lorentz's curve refraction point between areas II and III. Then, analyzing the rope groove wear above 3.5 mm, we receive a signal indicating the approaching wheel regeneration or replacement period.



Rys. 7. Krzywa zużycia obiektów technicznych [3]
Fig. 7. Curve of wearing of technical objects [3]

4. Receptitation

The paper presents a method of technical condition measurement through the wheel-rope kinematical pair, with the use of an acoustic signal. Application of the developed method made it possible to obtain results that later served for the determination of the spectra for particular frequencies of the emitted sound. The methods of monitoring the technical condition of the wheel-rope kinematical pair have not been hitherto applied and implemented in Poland.

Wyniki prac badawczych pozwolą na opracowanie metody monitorowania stanu technicznego pary kinematycznej koło-lina z wykorzystaniem sygnału akustycznego. Do badań wykorzystano model windy, który był wykonany odpowiednio w skalach zapewniających odwzorowanie dźwigu osobowego o udźwigu 450 kg. Badania przeprowadzono na 11 próbkach w postaci kół ciernych z naciętymi rowkami o różnym stopniu zużycia. Podczas prób badawczych otrzymano wyniki, które wstępnie potwierdziły tezy pracy.

5. 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:

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

Do aspektów eksploatacyjnych zaliczają się:

- o możliwość diagnozowania stanu technicznego urządzenia w czasie rzeczywistym,
- o 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 cierniej dźwigu, co pozwoli na zapobieganie powstawania uszkodzeń układu oraz w przypadku wystąpienia sygnałów świadczących o występowaniu zjawiska zakleszczania liny w rowku, możliwość wcześniejszej regeneracji koła oraz sprawdzenie stanu technicznego ciągów nośnych. Do analizy danych w czasie rzeczywistym, może posłużyć z dużym powodzeniem sieć samoorganizująca Kohonena, która została opracowana przez Kohonena w latach 1979 – 82 [1]. Jest to sieć typu WTA, z uczniem bez nauczyciela. Odwzorowanie N - wymiarowych danych wejściowych sieci na M - wymiarowy wektor wyjściowy odbywa się, przy niejawnie zadanych próbkach uczących. Sieć uczy się ciągle odwzorowania wejścia – wyjścia poprzez zastosowanie odpowiednio dobranych próbek wejściowych [5].

The results of research works will make it possible to develop a method of monitoring the technical condition of wheel-rope kinematical pair with the use of an acoustic signal. For our studies we used a lift model, which had been made respectively in the scales securing the representation of a passenger lift with hoisting capacity of 450 kg. The studies were performed on 11 samples in the form of friction wheels with cut grooves of various wear degrees. During the research assays we obtained results that initially confirmed the arguments of this paper.

5. Conclusions

The systems that supervise the technical condition of appliances are more and more common phenomena in the domains of production and management.

The monitoring systems have some economic and operational aspects. The economic aspects can include:

- o increase of reliability, safety and readiness of the lifting appliance,
- o decrease of maintenance costs for the whole transport system,
- o improvement of logistic systems related to securing replaceable sub-assemblies in minimum quantities,
- o reducing failures, shutdowns and losses caused by the above factors.

The operational aspects include:

- o possibility of diagnosing the appliance's technical condition in the actual time
- o earlier establishment of the defect occurrence,
- o possibility of establishing limiting values in which an appliance can work without failure,
- o preventing the effects of damages.

The obtained results will make it possible to develop a method of monitoring the technical condition of the lift friction pair. This will allow for system damage prevention and, when the signals indicating the phenomenon of rope seizure in the groove occur, there will be a possibility of earlier wheel regeneration and checking the technical condition of carrying strings. Data analysis in the actual time can be quite successfully performed by Kohonen self-organizing network, developed by Kohonen in the years 1979 – 82 [1]. It is a WTA –type network, with student without teacher. The representation of N – dimensional network input data on the M - dimensional output vector takes place at secretly asked teaching samples. The network learns continuous input-output representation through the application of appropriately matched input samples [6].

6. Literatura

- [1] Kohonen T.: *Self-organization and Associative Memory*, Wyd. Springer Verlag, Berlin 1988.
- [2] Kwaśniewski J.: *Dźwigi osobowe i towarowe*, Wyd. UWND, Kraków 2004.
- [3] Lonkwić P.: *Identyfikacja procesu zużycia pary kinematycznej koło – lina z wykorzystaniem sygnału akustycznego* – autoreferat, Politechnika Lubelska, Lublin 2005.
- [4] Lonkwić P.: *Wpływ procesu zużycia pary kinematycznej koło – lina na zjawisko zakleszczania liny nośnej dźwigu elektrycznego*, Eksploatacja i Niezawodność, Lublin 2005.
- [4] Osiński S.: *Sieci neuronowe*, Wyd. OWPW, Warszawa 1994.
- [6] Polska Norma PN EN 81.1:2002: Przepisy bezpieczeństwa dotyczące konstrukcji i instalowania dźwigów osobowych i towarowych oraz dźwigów towarowych małych.
- [7] www.svantec.com.pl

Artykuł został napisany 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

Mgr inż. Paweł LONKWIC

Politechnika Lubelska
Wydział Mechaniczny
Katedra Podstaw Inżynierii Produkcji
e-mail: plonkwic@poczta.onet.pl

Dr hab. inż. Jerzy LIPSKI, prof. PL

Politechnika Lubelska
Wydział Zarządzania
Katedra Organizacji Przedsiębiorstw
e-mail: j.lipski@pollub.pl
