

## ANALIZA MOŻLIWOŚCI OCENY ZUŻYCIA EKSPLOATACYJNEGO WYBRANYCH ELEMENTÓW DŹWIGU OSOBOWEGO NA PODSTAWIE PRZEBIEGU PRZYSPIESZEŃ KABINY

### Streszczenie

*W artykule zaprezentowano badania własne dotyczące możliwości oceny zużycia eksploatacyjnego wybranych elementów dźwigu osobowego na podstawie przebiegu przyspieszeń kabiny. W pierwszej kolejności opisany został układ jezdny dźwigu, jego budowa i główne rodzaje. Następnie jako obiekt badań wytypowany został dźwig osobowy z napędem elektrycznym, na którym wykonane zostały pomiary przyspieszeń w osiach X i Y urządzeniem pomiarowym umieszczonym w kabinie dźwigu. Wyniki pomiarów porównane zostały do wartości luzów występujących w układzie prowadzącym badanego dźwigu. Dodatkowo przedstawione zostały wady i zalety poszczególnych rozwiązań układów prowadzących jak również sposoby zapobiegania powstawaniu nadmiernego zużycia układu prowadzącego.*

### WSTĘP

Dźwigi osobowe należą do grupy urządzeń transportu pionowego znajdujących się najczęściej w budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej. Pomimo dużej różnorodności dostępnych urządzeń wszystkie można sklasyfikować według kilku kryteriów. Ze względu na rodzaj napędu rozróżniamy dźwigi z napędem:

- Elektrycznym (pracę wykonuje wciągarka),
- Hydraulicznym (pracę wykonuje pompa hydrauliczna i siłownik),
- Inne (śrubowe).

Niezależnie od zastosowanego rodzaju napędu wszystkie urządzenia dźwigowe aby ich tor jazdy był stabilny muszą posiadać prowadnicę po której porusza się układ prowadzący (tzw. prowadniki) zainstalowany do ramy w której osadzona jest kabina dźwigu. Od odpowiedniego zestawienia (lub stanu w okresie eksploatacji) tych elementów w dużej mierze zależy czy praca urządzenia i komfort podróżowania są odpowiednie. W początkowym okresie eksploatacji kiedy układ prowadzący jest nowy i odpowiednio wyregulowany (niezależnie od jego rodzaju) parametry decydujące o odczuciu komfortu są na wystarczająco wysokim poziomie, aby urządzenia mogły być uznane za komfortowe (według subiektywnych odczuć osób oceniających). Problem pojawia się podczas narastającego zużycia eksploatacyjnego. Brak sprecyzowanych zasad określających częstości wymiany poszczególnych elementów zużywających się podczas normalnej eksploatacji, jak również niewłaściwie przeprowadzane zabiegi konserwacyjne sprawiają, że odczucia komfortu mogą się szybko zmienić w czasie trudnym do ustalenia, zależnym m.in. od rzetelności przeprowadzanych zabiegów konserwacyjnych. Zużycie eksploatacyjne i spowodowane nim powiększanie się luzów pomiędzy prowadnikami a prowadnicami sprawia, że podczas jazdy oprócz przyspieszenia w osi

Z spowodowanego jazdą (ruszaniem i zatrzymywaniem) urządzenia, pojawiają się dodatkowe przyspieszenia w osiach X i Y spowodowane luzami w układzie prowadzącym. Przyspieszenia te niekorzystnie wpływają na komfort pasażerów powodując odczucia „drżenia kabiny”. Kontrola przyspieszeń w osiach X i Y jest w stanie dać rzetelną informację o wielkości luzów występujących w układzie prowadzącym co bezpośrednio przekłada się na stan układu

prowadzącego. Aby to jednak było możliwe niezbędne są badania pozwalające skorelować przyspieszenia rejestrowane w kabinie (bądź na kabinie) z wielkościami luzów występujących w prowadnikach.

W dostępnej literaturze można znaleźć liczne publikacje dotyczące tematyki dźwigów osobowych. W publikacjach [3-6], [9,10] autorzy poruszają tematy odpowiedniej izolacji akustycznej, elementów układu hamulcowego i bezpieczeństwa. W publikacji [13] autorzy poruszają temat oceny komfortu podróżowania na podstawie rejestrowanych parametrów wibroakustycznych. W publikacjach [7,8] przedstawione zostały metody pomiaru hałasu w kabinach dźwigów osobowych, jak również metody ograniczania hałasu emitowanego przez ściany kabiny. Istnieje niewystarczająca liczba publikacji z zakresu metod oceny stanu urządzeń dźwigowych na podstawie generowanych przez nie sygnałów.

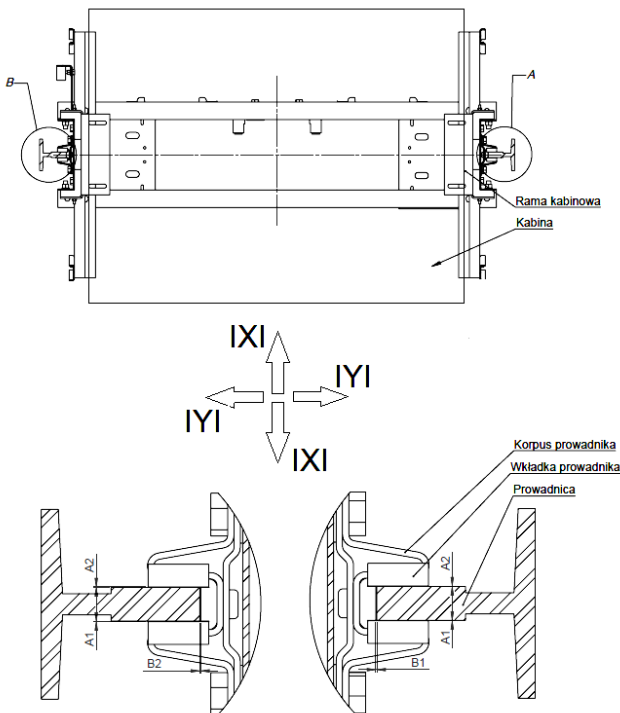
### 1. BUDOWA UKŁADU JEZDNEGO DŹWIGU OSOBOWEGO I PARAMETRY JEGO PRACY

W budowie każdego typowego układu jezdnego dźwigu osobowego niezależnie od rodzaju jego napędu można wyróżnić prowadnicę i układ jezdny w postaci prowadników, który się po nich porusza. Prowadnice najczęściej posiadają kształt teownika i w zależności od rodzaju mogą się nieznacznie różnić wymiarami geometrycznymi. Najważniejszą ich część stanowią powierzchnie współpracujące z prowadnikiem zwane branżowo „żądłem prowadnicy”. Od stanu powierzchni żądła, jak również idealnego wypionowania wszystkich prowadnic w szybie zależy w dużej mierze późniejszy komfort jazdy urządzenia dźwigowego. Równie ważny dla prawidłowej pracy jest stan i rodzaj układu jezdnego, który można podzielić na:

- układ jezdny z prowadnikami ślizgowymi, który dla prawidłowej pracy wymaga smarowania prowadnic realizowanego najczęściej poprzez umieszczenie na ramie kabinowej smarownic z olejem pokazanych na rysunku 3 i 4,
- układ jezdny z prowadnikami rolkowymi który nie wymaga smarowania, lecz jest wrażliwy na stan powierzchni żądła prowadnicy.

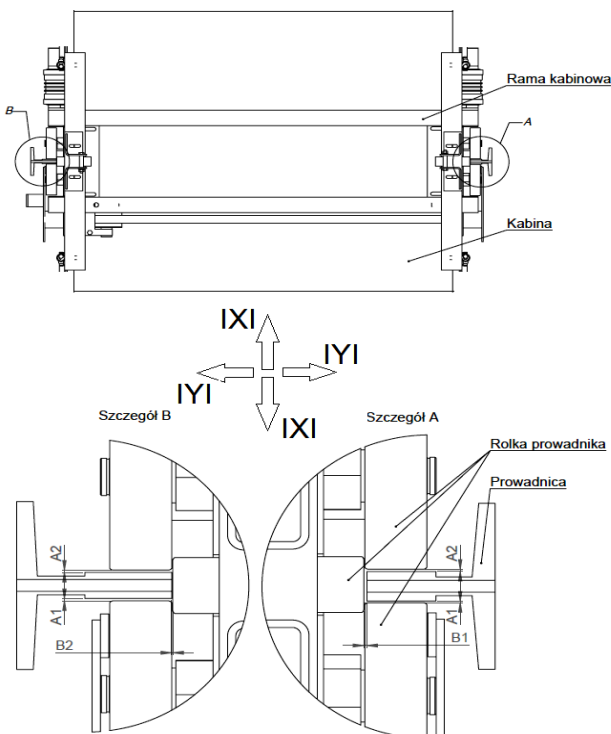
Na rysunku 1 został przedstawiony układ jezdny dźwigu osobowego z prowadnikami ślizgowymi. Występujące w nim luzy oznaczone na rysunku jako A1, A2 i B1, B2 wywołują podczas jazdy

występowanie niepożądanych przyspieszeń bocznych w kierunkach zaznaczonych na rysunku (A1, A2- kierunek IXI , B1,B2 – kierunek IYI).



**Rys.1.** Układ jezdni dźwigu osobowego z prowadnikami ślizgowymi. [opracowanie własne]

W widocznym na rysunku 2 układzie jezdni z prowadnikami rolkowymi również mogą występować przyspieszenia boczne analogiczne jak w układzie z prowadnikami ślizgowymi. Nieznacznie różni się jedynie ich mechanizm powstawania.



**Rys.2.** Układ jezdni dźwigu osobowego z prowadnikami rolkowymi. [opracowanie własne]

Powiększanie się luzów w prowadnikach ślizgowych następuje na skutek wycierania się wkładki prowadnika (pokazanej na rysunku 1), które przebiega szybciej gdy smarowanie prowadnic jest niewystarczające lub układ mas w ramie kabinowej jest niesymetryczny. Luzy w prowadnikach rolkowych powstają zazwyczaj na skutek zużycia, lub deformowania osnowy rolki prowadnika, jak również mogą powstawać na skutek zużycia lub uszkodzenia łożysk prowadnika. Całkowitą wielkość luzu występującego w prowadniku można zapisać jako:

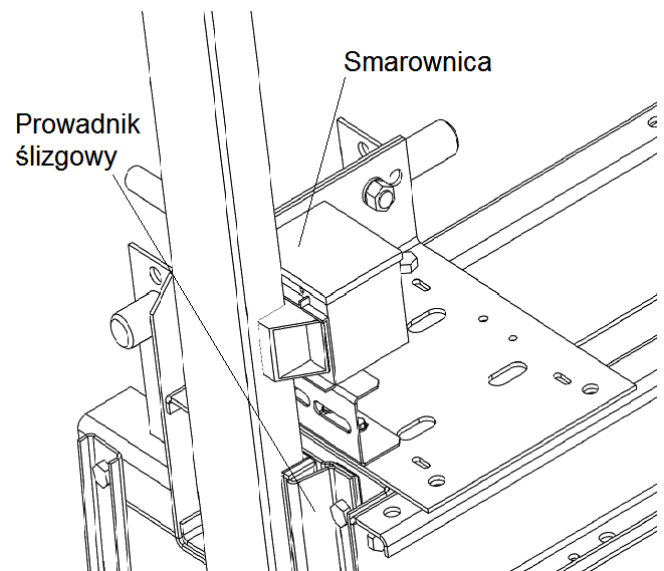
$$L(X) = A1+A2 [m] \quad (1)$$

$$L(Y) = B1+B2 [m] \quad (2)$$

Dodatkowo symptomami nieprawidłowej pracy prowadników rolkowych mogą być odgłosy odbierane przez pasażerów jako dudnienie lub stukanie.



**Rys.3.** Typowe smarownice olejowe prowadnic dźwigowych.



**Rys.4.** Typowy sposób montażu smarownicy prowadnic na górnej części ramy kabinowej.

## 2. METODYKA POMIARÓW, DOBÓR OPTIMALNEJ METODY POMIAROWEJ

Pomiary przyspieszeń kabiny dźwigu dokonane zostały w osiach X i Y z wykorzystaniem urządzenia MEREX AMX905 firmy AUTOMEX pokazanego na rysunku 4. Jest to mikroprocesorowe urządzenie służące do pomiaru przyspieszeń i kąta nachylenia elementów zawieszenia. Zakres pomiarowy akcelerometrów wynosi  $\pm 10 \text{ m/s}^2$ , a rozdzielczość pomiaru wynosi  $\pm 0,01 [\text{m/s}^2]$ .

Przedmiotowe urządzenie zaprogramowano do rejestrowania danych z częstotliwością 10[Hz] i możliwością zapisywania w wewnętrznej pamięci urządzenia.



Rys.4. Urządzenie do pomiaru przyspieszeń Merex AMX905 firmy Automex.

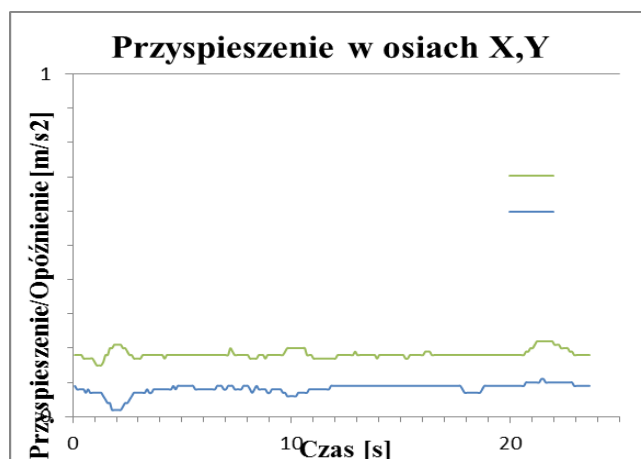
Jako obiekt badań wytypowany został dźwig osobowy którego parametry zestawione zostały w tabeli 1. Parametry obiektu badań odpowiadają większości typowych urządzeń montowanych w wysokich budynkach mieszkalnych i użyteczności publicznej.

Tab.1. Parametry techniczne obiektu badań

	Wartość
Rok instalacji	2009
Udźwig Q [kg]	450
Prędkość V[m/s]	1,6
Wysokość podnoszenia H[mm]	21000
Ilość przystanków N	7
Głębokość kabiny A[mm]	1150
Szerokość kabiny B[mm]	930
Typ wciągarki	jednobiegowa, regulowa z enkoderem
Umieszczenie maszynowni	górna
Rodzaj prowadników	rolkowe
Budowa ścian kabiny	panelowa ze stali nierdzewnej

### 3. WYNIKI POMIARÓW

Pomimo iż urządzenie pomiarowe zastosowane do badań umożliwiło pomiar przyspieszeń w trzech osiach, analizowane były jedynie pomiary w osi X i Y. Pomiary w osi Z nie wnoszą żadnych informacji o stanie układu jezdnych dźwigu (tj. o powstałych luzach w prowadnikach). Można z nich określić jedynie przyspieszenie dźwigu podczas jazdy do góry lub w dół i przyspieszenia powstałe od pracujących elementów zawieszenia (dodatkowe przyspieszenia w kierunku osi Z pochodzące np. od poruszającej się masy wewnątrz kabiny (np. przemieszczanie pasażerów)) co nie jest tematem opracowania. Ważniejsze są wielkości przyspieszeń w osiach X i Y ponieważ są to przyspieszenia niepożądane i zmiana ich wielkości świadczy o zużywaniu się układu prowadników dźwigu. Na rysunku 5 przedstawiono zestawienie przyspieszeń bocznych w kierunkach X, Y zarejestrowane podczas przejazdu na badanym urządzeniu.



Rys.5. Zestawienie przyspieszeń w osiach X,Y dla badanych dźwigów. [opracowanie własne]

Przyspieszenia kabiny w kierunkach osi X i Y są spowodowane przez nierówności występujące na prowadnicach dźwigu (m.in. na ich łączeniach), lub mogą pochodzić od odkształconego materiału rolek prowadników na skutek długotrwałego wywierania nacisku spowodowanego przestojem urządzenia. Do przyspieszeń kabiny w osiach X i Y przyczyniają się również luzy będące wynikiem zużycia eksploatacyjnego rolek widoczne na rysunku 1 i 2. Analizując przyspieszenia w osiach X i Y można w łatwy sposób z dużą dokładnością określić całkowity luz występujący na prowadniku. Wykorzystując zależność:

$$S = V_p \times t \times \frac{a \times t^2}{2} \quad [m] \quad (3)$$

gdzie:

- S – przebyta droga w mierzonej osi (luz prowadnika)[mm],
- $V_p$  – prędkość początkowa (równa „0”)[m/s],
- t – czas (od początku do zaniku przyspieszenia)[s],
- a – przyspieszenie zmierzone akcelerometrem [m/s<sup>2</sup>].

$$S = L1 + L2 \quad [m] \quad (4)$$

$$S = L(X)(Y) \quad [m] \quad (5)$$

Analizując poszczególne wycinki wykresu można zauważyć, że przyspieszenia w badanych osiach są wynikiem luzu, który odwracając sytuację pozwala przemieszczać się prowadnicy od jednego ograniczenia do drugiego tj. pomiędzy powierzchniami prowadnika które są styeczne do prowadnicy, a omawiany luz jest drogą którą przebywa ta prowadnica. Wykorzystując powyższe stwierdzenie można obliczyć ze wzoru [3] luz prowadnika który jest z dużym prawdopodobieństwem zbieżny z luzem rzeczywistym. W tabeli 3 zestawione zostały wielkości luzów układu prowadzącego obliczone na podstawie pomiarów przyspieszeń kabiny z wielkościami zmierzonymi szczelinierzem.

Tab.2. Zestawienie luzów obliczonych z rzeczywistymi zmierzonymi szczelinierzem

Wielkość mierzona	Luzy obliczone [mm]	Luzy zmierzone [mm]
L(X)	0,45	0,5
L(Y)	0,90	1

**PODSUMOWANIE**

Na podstawie przeprowadzonych badań doświadczalnych można stwierdzić że:

- przyspieszenia w osi innej niż oś poruszania się kabiny dźwigu napędzanego poprzez układ napędowy są formą dyssypacji energii zwiększającą energochłonność całego urządzenia i zmniejszającą komfort podróżowania,
- luzy występujące w układzie jezdnym dźwigu przyczyniają się do powstawania przyspieszeń bocznych odbieranych przez człowieka jako drżenie kabiny które narasta wraz ze stopniem zużycia prowadników,
- rejestrowanie przyspieszeń bocznych występujących na kabinie dźwigu może dać informację o powiększaniu lub wielkości luzów występujących pomiędzy prowadnicą a prowadnikiem, co można odnieść odpowiednio do stopnia zużycia układu jezdny dźwigu.

**BIBLIOGRAFIA**

1. Bruel&Kjaer: *Pomiary dźwięków*. Bruel&Kjaer 2850 Naerum Denmark 1988.
2. Cempel Cz.: *Wibroakustyka stosowana*, Warszawa, PWN 1989.
3. Gardynski, L., Lonkwić, P.: *Testing polymer rollers memory in the context of passenger lift car comfort*. JOURNAL OF VIBROENGINEERING, Volume: 16, Issue: 1, 2014, p. 225-230.
4. Lonkwić P., Szydło K. *Selected Parameters of the Work of Speed Limiter Line Straining System in a Frictional Lift*. Advances in Science and Technology, Volume: 8, Issue: 21, 2014, p. 73-77
5. Lonkwić P., Szydło K., Longwić R., Lotko W. *Certyfikacja hamulców opartych na pakietach sprężyn talerzowych stosowanych w urządzeniach dźwigowych*. Logistyka – nauka, Logistyka 3/2014. ,s.3818-3824.
6. Lonkwić P., Szydło K., Longwić R., Lotko W. *Metodyka badań nośności chwytaczy progresywnych*. Logistyka – nauka, Logistyka 3/2014, s.3825-3830.
7. Longwić R., Maciąg P., Szydło K., *Metodyka pomiaru emisji hałasu w kabinach dźwigów osobowych*, Logistyka 6/2014
8. Lonkwić P., Szydło K., Longwić R., Maciąg P., *Metoda ograniczania emisji hałasu emitowanego z wyrobów cienkościennych*, Logistyka 6/2014
9. Lonkwić P. *“Influence of friction drive lift gears construction on the length of braking distance”*, Chinese Journal of Mechanical Engineering 2015, DOI: 0.3901/CJME.2015.0108.009, vol. 2 (2015) vol. 28, pages 363 – 368, IF: 0,454
10. Lonkwić P., Różyło P., Dębski H. *“Analysis of the loading impact on the stresses value of the progressive gear body with the use of finite-element method”*, MAINTENANCE AND RELIABILITY, vol. 17 (4) , 542-548, 2015, IF: 0,983
11. Sound Intensity - Brüel&Kjaer Revision September 1993.
12. Shin, B., Yoon, S., Lee, H., Koo, YS., Jeong, Y., Kang, I.: *Mechanical Properties and Molecular Structure of Rubber Materials with Different Hardnesses for Vibration Isolation of Elevator Cabins*. Korean Journal of Metals and Materials, Volume: 51 , Issue: 10, 2013, p. 713-718.
13. Szydło K., Longwić R., Lonkwić P., Maciąg P. *Koncepcja systemu do oceny komfortu użytkownika dźwigu osobowego.*, Logistyka – nauka, Logistyka 3/2015

**ANALYSIS OF THE POSSIBILITY OF ASSESSING THE WEAR AND TEAR OF SELECTED ELEMENTS OF A PASSENGER LIFT BASED ON ACCELERATION COURSE OF CABIN**

**Abstract**

*The article presents own research on the possibility of assessing the wear and tear of selected elements of a passenger lift based on acceleration course of the cabin. First it described chassis crane, its structure and main types. Then, as an object of research was selected may lift with electric drive on which the measurements were made accelerations in X, Y, Z measuring device located in the cab crane. The measurement results are compared to the backlash occurring in a guide elevator test. In addition, we present the pros and cons of each solution leading systems as well as methods for preventing the formation of excessive elevators guide.*

Autorzy:

mgr inż. **Kamil Szydło**: Politechnika Lubelska, Katedra Pojazdów Samochodowych, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, mail: kamil-szydlo@wp.pl

dr hab. Inż. **Rafał Longwić** prof. PL – Politechnika Lubelska, Katedra Pojazdów Samochodowych, ul. Nadbystrzycka 36, 20-618 Lublin, mail: r.longwic@pollub