

WPŁYW ZMIENNEGO OBCIĄŻENIA NA PROCES HAMOWANIA CHWYTACZY PROGRESYWNYCH Z ZASTOSOWANIEM METODY SPADKU SWOBODNEGO

Streszczenie

W artykule zaprezentowano wyniki badań mającego na celu określenie oddziaływania zmiennego obciążenia na opóźnienie hamowania. Badania wykonano na chwytaczach progresywnych różnych producentów stosowanych w dźwigach ciernych. Badania przeprowadzono metodą spadku swobodnego. Prezentowane w niniejszym artykule zagadnienia dotyczyły nieustalonych stanów pracy chwytaczy.

WSTĘP

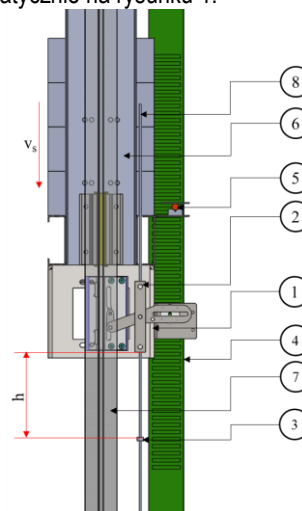
Dźwigi osobowe i towarowe należą do urządzeń powszechnie stosowanych do transportu pionowego zarówno w budynkach użyteczności publicznej, jak i w budynkach mieszkalnych. Stan literatury światowej dotyczący zagadnień układów hamulcowych stosowanych w dźwigach ciernych pozostawia niedosyt informacji. Natomiast stan literatury światowej dotyczący zagadnień związanych z funkcjonowaniem urządzeń dźwigowych skupia swoją uwagę na różnych aspektach pracy tych urządzeń. W publikacjach [1, 3] autorzy opisują zastosowanie metody elementów skończonych do oceny sztywności oraz wytrzymałości konstrukcji ram kabinowych w różnych typach dźwigów w tym chwytaczy. Zastosowanie metody MES w opisywanych zagadnieniach autorzy wykorzystali do optymalizacji konstrukcji ramy nośnej pod kątem zmniejszenia przekrojów belek konstrukcji ramy, zmniejszenia jej masy, wyznaczenia współczynników bezpieczeństwa oraz na podstawie otrzymanych wyników podjęli próbę wyznaczenia wrażliwych miejsc układu ramy dźwigu na wystąpienie uszkodzeń. W publikacji [4] autorzy wykorzystują metodę elementów skończonych do określenia wartości naprężeń oraz przemieszczeń układu hamulcowego stosowanego w dźwigu hydraulicznym. Autorzy porównują w swojej publikacji wyniki analizy numerycznej z wynikami eksperymentu. Otrzymane wyniki na drodze eksperymentu dały według autorów zbieżne wyniki z wynikami otrzymanymi na drodze symulacji. W opracowaniu [8] autorzy zajmują się zagadnieniami związanymi z zastosowaniem sieci neuronowych do analizy drgań pracy dźwigu na skutek zmiennej masy przewożonego ładunku. Zastosowane sieci neuronowe zostały wykorzystane przez autorów do oceny symptomów drgań w skutek czego można by stwierdzić uszkodzenie części dźwigu lub całego urządzenia. Autorzy w publikacji [7] zajmują się zagadnieniami wykorzystania metody redukcji do oceny dynamiki pracy dźwigu. W przedstawionych analizach zredukowano model kabiny dźwigu do płaskiego układu o jednym, pionowym stopniu swobody. Przedstawioną metodykę redukcji autorzy zastosowali do opisu określonego mechanizmu dźwigu towarowego opisując przedstawione zagadnienia w sposób matematyczny. Ponadto autorzy w pracy analizują jakie wyniki parametry pracy dźwigu mają wpływ na charakterystyki przyspieszeń układu dźwigu. Zagadnienia związane z dynamiką układu hamulcowego dźwigu, analizą stosowanych materiałów oraz chwytaczami poruszane są dopiero w pracach [2, 5, 6]. Autorzy w tych opracowaniach skupiają min. swoją uwagę na analizie układu hamulcowego, porównują budowę oraz działanie chwytaczy europejskich producentów do nowo opracowanego rozwiązania chwytaczy progresywnych typu CHP 2000, analizując poprawność zaprojekt-

owanej konstrukcji chwytacza z wykorzystaniem analizy numerycznej MES. W publikacji [9] autorzy poruszają zagadnienia związane z wpływem masy przewodów zasilających kabinę dźwigu oraz lin nośnych w dźwigach tzw. wysokich obsługujących wysokie budynki powyżej 40 pięter na jego pracę. W tego typu dźwigach, znaczna wysokość podnoszenia jest związana z tym, że konieczne jest zastosowanie pasa wyrównawczego, który kompensuje ciężar lin nośnych oraz przewodów zasilających co w rezultacie powoduje, że pozostałe podzespoły dźwigu nie są nadmiernie obciążone. Autorzy opisują w sposób modelowy zachowanie się pasa wyrównawczego oraz jaki jest jego wpływ na liniowy model pracy dźwigu. Badają również wpływ horyzontalnych przemieszczeń pasa wyrównawczego na częstotliwości drgań własnych układu.

Analizując stan literatury światowej można stwierdzić, że brak jest jasnych opracowań zawierających symulacyjne wyniki badań nad wpływem zmiennego obciążenia na proces hamowania chwytaczy progresywnych. W związku z tym, zasadne jest prowadzenie badań nad wpływem zmiennego obciążenia na proces hamowania chwytaczy progresywnych.

1. METODA BADAWCZA

Badania procesu hamowania wykonano na stanowisku przedstawionym schematycznie na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat stanowiska badawczego: 1 – korpus chwytacza, 2 – dźwignia wyzwalająca chwytacza, 3 – zacisk liny, 4 – listwa pomiarowa przemieszczenia, 5 – czujniki przemieszczenia oraz opóźnienia, 6 – rama nośna, 7 – prowadnica, 8 – linę ogranicznika prędkości

W trakcie badań symulowano spadek swobodny układu dźwigu ciernego na skutek zerwania cięgien nośnych. W ramie układu 6 montowane były kolejno korpusy 1 z chwytaczami typu: PR2000UD, ASG 100, KB160. W konstrukcji stanowiska badawczego, umieszczone zostały prowadnice 7, po których poruszała się rama obciążająca chwytacze. Do ramy z chwytaczami sprzężony był układ nadzorujący prędkość spadku swobodnego, którego zadaniem było zainicjowanie procesu hamowania po przekroczeniu prędkości nominalnej o 0,3 m/s. Pomiar parametrów hamowania był rejestrowany poprzez czujnik 5, który był sprzężony z komputerem klasy PC. Po rozpoczęciu spadku swobodnego, dźwignia chwytacza 2 uderzyła o zacisk liny 3 rozpoczynając w ten sposób proces hamowania. Wysokość spadku swobodnego na jaki należało unieść układ ramy został określony w oparciu o zależności empiryczne energii potencjalnej oraz kinetycznej, wyliczając wysokość spadku swobodnego, co przedstawiono zależnością (1).

Gdzie:

h – wysokość spadku swobodnego [m],

v_1 – prędkość wyzwania chwytaczy, do celów badawczych przyjęto 1,25 [m/s],

g – przyspieszenie ziemskie - 9,81 [m/s²],

$$h = \frac{v_1^2}{2 \cdot g} + 0,1 + 0,03 \quad (1)$$

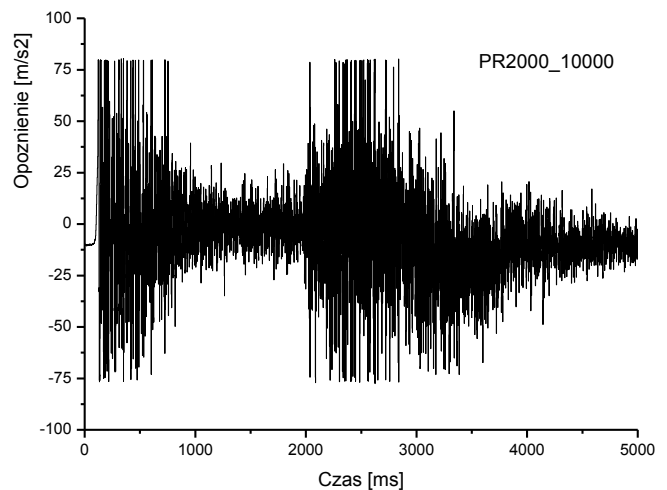
0,1 – współczynnik zwłoki zadziałania chwytaczy [-],

0,03 – współczynnik nadmiernych luzów w układzie hamowania [-].

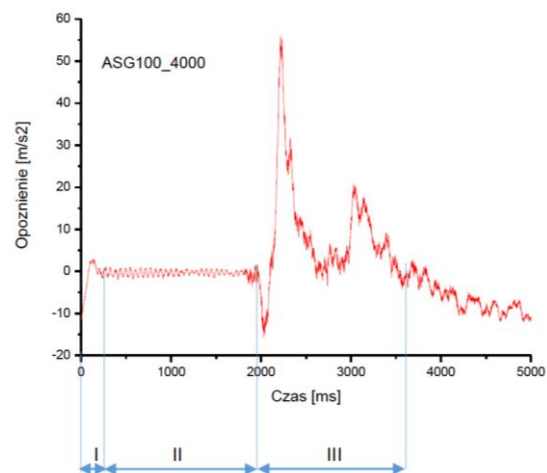
Do pomiarów przyspieszeń oraz drogi hamowania użyto aparatury pomiarowej, która rejestrowała cztery zmienne online. Wszystkie cztery tory pomiarowe były podłączone do kompaktowego czujnika FastTracer firmy SEQUOIA, który był sprzężony z komputerem klasy PC, na którym rejestrowano dane. Ponadto ocenie poddawano stan techniczny rolki po hamowaniu oraz stan uplastycznienia powierzchni prowadnicy, która została zdeformowana przez rolę w czasie hamowania. Na podstawie zależności (1) wyznaczono wartość drogi spadku swobodnego, której wartość ostatecznie wyznaczono na 250 mm.

2. WYNIKI BADAŃ

W celu odzwierciedlenia rzeczywistych warunków pracy dźwigu osobowego, wykonano stanowisko badawcze, na którym symulowano spadek swobodny poprzez odblokowanie zmiennej masy ramy obciążającej chwytacze. Na poniższych rysunkach zaprezentowano przebiegi opóźnienia hamowania ramy dźwigu z zamontowanymi w kolejno chwytaczami PR2000UD, ASG 100, KB160. W celu zasymulowania zmiennego obciążenia, ramę dźwigu obciążano masami w zakresie od 4000, 6000, 8000, 10000, 12000 N. Do analizy otrzymanych przebiegów opóźnienia hamowania użyto filtra Savitzky'ego – Golaya. Algorytm filtra Savitzky'ego – Golaya oparty jest na ruchomej aproksymacji wielomianami potęgowymi, który w przypadku prezentowanych przebiegów wynosił 2.

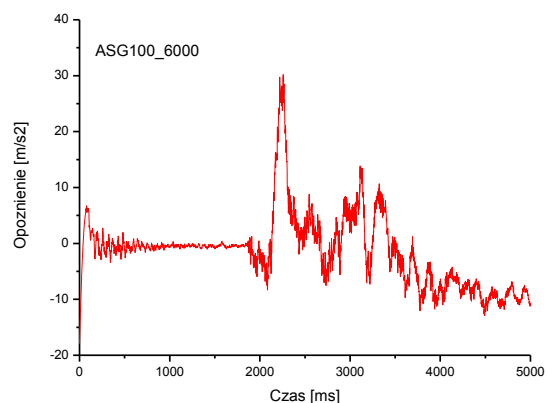


Rys. 2. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi PR2000 z obciążeniem 10000 N – przebieg pierwotny bez żadnej obróbki cyfrowej.

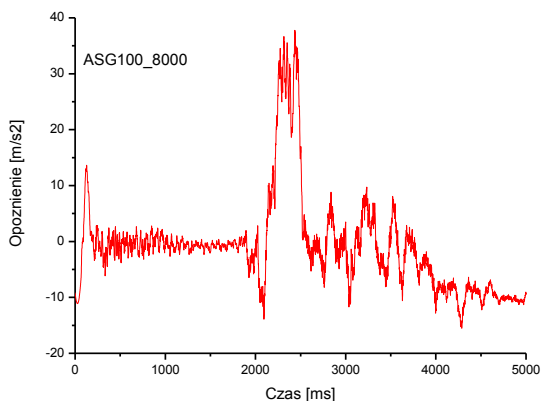


Rys. 3. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi ASG 100 z obciążeniem 4000 N – podział na etapy pracy układu po zastosowaniu filtra Savitzky'ego – Golaya.

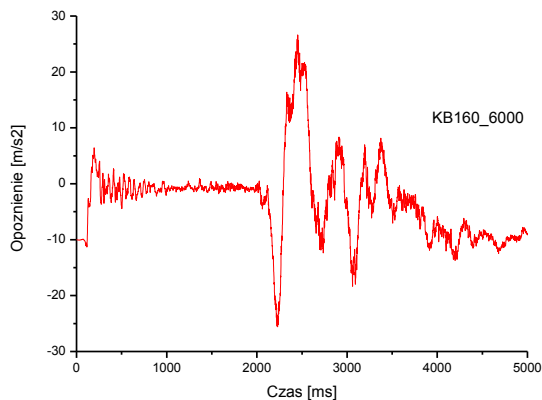
Proces hamowania dźwigu ciernego wyposażonego w chwytacze poślizgowe charakteryzuje się trzema etapami: I – etap rozpoczęcia spadku swobodnego, II – proces spadku oraz III – proces wytrącania energii spadającej masy. Obciążenie chwytaczy zmiennymi masami powinno skutkować teoretycznie różnymi przebiegami opóźnienia.



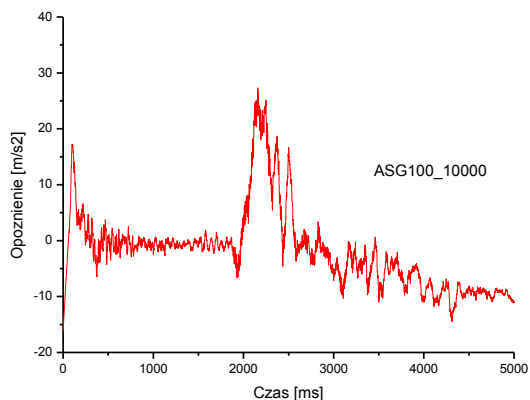
Rys. 4. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi ASG 100 z obciążeniem 6000 N



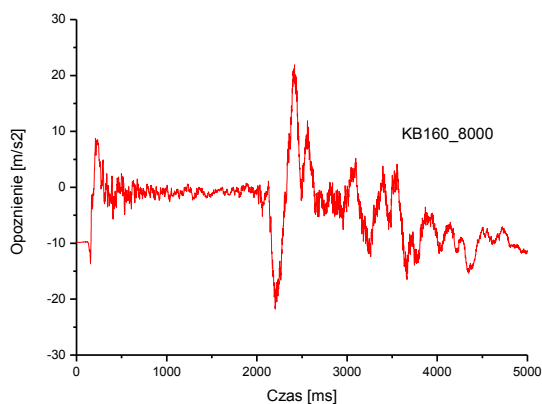
Rys. 5. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi ASG 100 z obciążeniem 8000 N



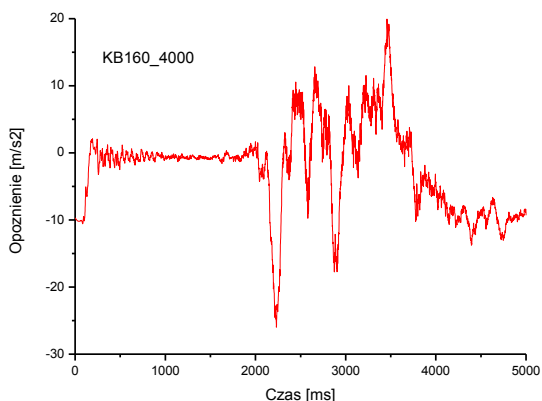
Rys. 8. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi KB 160 z obciążeniem 6000 N



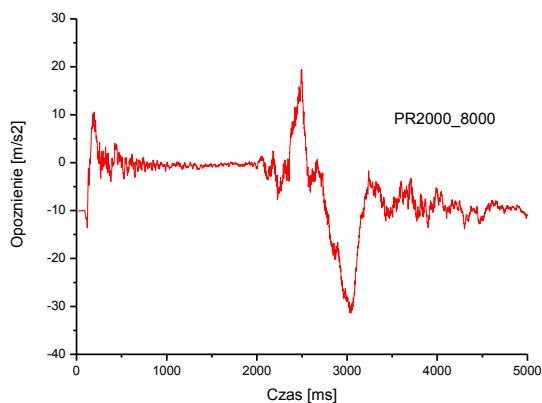
Rys. 6. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi ASG 100 z obciążeniem 10000 N



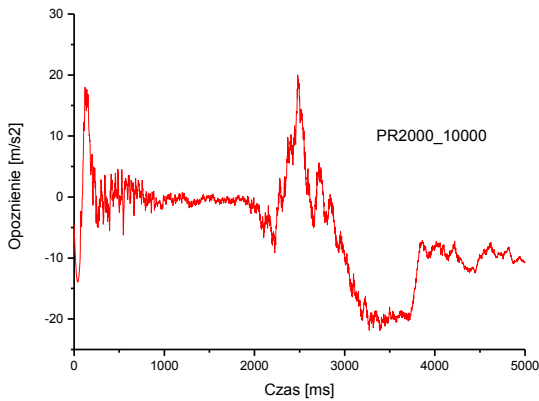
Rys. 9. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi KB 160 z obciążeniem 8000 N



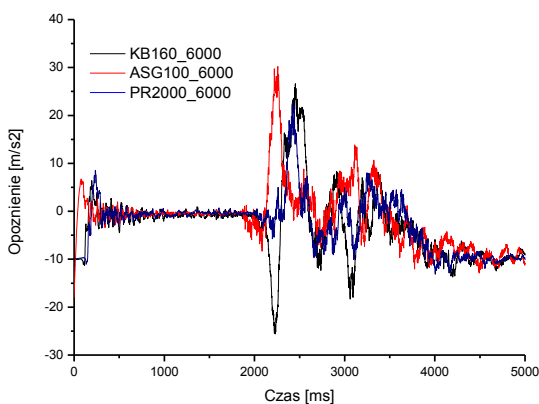
Rys. 7. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi KB 160 z obciążeniem 4000 N



Rys. 10. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi PR2000 z obciążeniem 8000 N



Rys. 11. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi PR2000 z obciążeniem 10000 N



Rys. 12. Wartości opóźnienia hamowania badanego układu z chwytaczami poślizgowymi KB160, ASG 100 oraz PR2000 z obciążeniem 6000 N

PODSUMOWANIE

Na podstawie przeprowadzonych badań oraz analiz otrzymanych przebiegów opóźnienia sformułowano następujące wnioski końcowe:

1. Badania przeprowadzono metodą spadku swobodnego wywołanego poprzez odblokowanie zmiennej masy obciążającej chwytacze.
2. Wszystkie próby spadku swobodnego przebiegły w przewidywalny sposób, powodując całkowite zatrzymanie badanego układu. Podczas badań nie stwierdzono niekorzystnego zjawiska poślizgu chwytacza podczas hamowania, co prezentują powyższe wykresy.
3. Stwierdzono, że wzrost obciążenia chwytacza znacznie wpływa na wartość opóźnienia badanego układu.
4. We wszystkich prezentowanych przebiegach w początkowej fazie spadku swobodnego, obserwowano nagły wzrost przyspieszenia badanego układu. Wartość początkowego skoku przyspieszenia była zależna od masy obciążającej badany układ.
5. W drugiej fazie badań we wszystkich obserwowanych przypadkach występowała faza niezakłóconego spadku swobodnego.
6. Różne wartości opóźnienia hamowania obserwowane w trzeciej fazie badań, przedstawione na rysunkach od 4 do

11 były wynikiem nie tylko zmiennego obciążenia, ale również kinematyki poszczególnych typów badanych chwytaczy.

7. Na rysunku 12 zaprezentowano przebiegi dla trzech typów chwytaczy z tym samym obciążeniem. Zauważalne różnice w wartości opóźnienia wynikają w tym przypadku z kinematyki działania poszczególnych typów chwytaczy.
8. W dalszych badaniach należy zwrócić szczególną uwagę na wpływ zanieczyszczeń występujących na prowadnicach dźwigu na wartość opóźnienia podczas hamowania.
9. Z uwagi na brak publikacji dotyczących poruszanych zagadnień w opracowaniu zarówno w czasopiśmie krajowym jak i o zasięgu międzynarodowym zasadne jest kontynuowanie badań nad poruszaną tematyką.

BIBLIOGRAFIA

1. Feng L., Bao Y., Zhou X., Wang Y. *High Speed Elevator Car Frame's Finite Elements Analysis*. Advanced Materials Research 2012, vol. 510
2. Filas J., Mudro M. (2012). *The dynamic equation of motion of driving mechanism of a freight elevator*. Procedia Engineering 2012, vol. 48
3. Jong de J. Understanding the natural behavior of elevator safety gears and their triggering. The International Congress on Vertical transportation technologies Istanbul 2004
4. Kayaoglu E., Salman O., Candas A. *Study on Stress and Deformation of an Elevator Safety Gear Brake Block Using Experimental and FEA Methods*. Advanced Materials Research 2011, vol. 308
5. Lonkvic P, Różyło P, Dębski H. *Numerical and experimental analysis of the progressive gear body with the use of finite element method*. Maintenance and Reliability 2015, vol. 17
6. Lonkvic P. *Influence of friction drive lift gears construction on the length of braking distance*. Chinese Journal of Mechanical Engineering 2015, vol 28
7. Onur Y. A., Imrak C. E. *Reliability analysis of elevator car frame using analytical and finite element methods*. Building Services Engineering Research & Technology 2012, vol 33
8. Taplak H., Erkaya S., Yildirim S., Uzmay I. *The Use of Neural Network Predictors for Analyzing the Elevator Vibrations*. Mechanical Engineering 2012, vol. 39
9. Zhu W. D., Ren H. *A linear model of stationary elevator traveling and compensation cables*. Journal of Sound and Vibration 2012, vol. 332

THE IMPACT OF VARIABLE LOADING ON THE PROGRESSIVE GEARS BRAKING PROCESS WITH THE USE OF A FREE FALL METHOD

Abstract

The article presents tests results aiming at determining the influence of the variable loading on the delay of braking. The tests were conducted on the pro-

gressive gears produced by different manufacturers and used in the friction lifts. The tests were performed with the use of a free fall method. The aspects presented in this article refer to non-specified conditions of the gears operation.

Autor:

dr inż. **Paweł Lonkwić** – Lubelska Wytwórnia Dźwigów Osobowych LIFT SERVICE S.A.

dr inż. **Szymon Molski** - Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie, Wydział Inżynierii Mechanicznej i Robotyki, Katedra Transportu Linowego