

STANOWISKO LABORATORYJNE DO BADANIA WPLYWU DRGAŃ OGÓLNYCH I MIEJSCOWYCH NA ORGANIZM CZŁOWIEKA

Anna ROMAŃSKA-ZAPAŁA

Katedra Elektrotechniki Teoretycznej, Laboratorium Systemów Zintegrowanych
Politechnika Krakowska, 31-155 Kraków, ul. Warszawska 24,
Tel.+48 12 628 25 74, email: aromans@usk.pk.edu.pl

Streszczenie

W artykule przedstawiono stanowisko laboratoryjne do badania wpływu drgań niskiej częstotliwości na organizm operatora maszyny roboczej. Opisano budowę stanowiska, jego parametry techniczne oraz możliwości zastosowania.

Stanowisko umożliwia niezależne wzbudzenie w warunkach laboratoryjnych drgań ogólnych i miejscowych w zakresie niskich częstotliwości oraz hałasu. Za pomocą specjalnie stworzonego *Testu* służącego do badania dokładności pracy oraz wykorzystując możliwości omawianego stanowiska możliwe jest badanie wpływu wibracji i hałasu na dokładność pracy badanej osoby.

Słowa kluczowe: drgania niskiej częstotliwości, wzbudnik elektrohydrauliczny, stanowisko laboratoryjne.

LABORATORY SETUP TO INVESTIGATE THE IMPACTS OF GENERAL AND LOCAL VIBRATIONS ON THE HUMAN BODY

Summary

The study outlines the design of a laboratory setup to investigate how low-frequency vibrations should affect the machine operators. The structure, technical parameters and potential applications of the setup are explored.

The setup enables the independent generation of low-frequency general and local vibrations in laboratory conditions. The special test developed to monitor the working precision supported by the laboratory facilities allow for investigating the impacts that vibrations might have on the operators' working precision.

Keywords: low-frequency vibrations, electrohydraulic shaker, laboratory setup.

1. WSTĘP

Dokonywane są liczne próby sformalizowania właściwości dynamicznych człowieka-operatora, występującego w charakterze członu układu regulacyjnego. Próby te, choć teoretycznie poprawne nie są w praktyce przydatne, gdyż nie uwzględniają wszystkich cech człowieka, mających wpływ na jakość regulacji w procesie pracy. Dlatego też najkorzystniejsza jest nie abstrakcyjna, lecz fizyczna metoda badań [1].

Podczas tworzeniu modeli fizycznych do badań eksperymentalnych powstaje pytanie - jaki przyjąć stopień analogii z modelem rzeczywistym. Wysoki stopień analogii ogranicza zakres zastosowań, niższy rozszerza go czyniąc badania bardziej opłacalne.

W niniejszym artykule przyjęto, iż modelem badań najbardziej odpowiednim dla obiektów typu maszyn roboczych jest badanie istniejącej pracy na nowym produkcie, gdzie w warunkach laboratoryjnych zasymulowane zostaną różne warunki wibroaktywności siedziska oraz pulpitu sterowniczego maszyny roboczej.

W artykule przedstawiono stanowisko laboratoryjne do badania dokładności pracy operatora maszyny roboczej. Opisano ogólną budowę, parametry techniczne oraz propozycje zastosowań.

Stanowisko umożliwia wzbudzenie w warunkach laboratoryjnych drgań ogólnych i miejscowych w zakresie niskich częstotliwości. Za pomocą przedstawionego w wcześniej *Testu* służącego do badania dokładności pracy oraz wykorzystując możliwości omawianego stanowiska możliwe jest badanie wpływu wibracji i hałasu na dokładność pracy badanej osoby.

Koncepcja budowy stanowiska jest rezultatem przyjętego założenia rozbudowy istniejącego, będącego na wyposażeniu Katedry Automatyzacji Procesów AGH, stanowiska do badania układów sterowania drganiami.

Na etapie prac projektowych postawiono takie wymagania, jak możliwość równoległego, niezależnego wzbudzania drgań harmonicznym pionowych w zakresie niskich częstotliwości fotela (1 - 20 Hz) oraz pulpitu sterowniczego (1 - 16 Hz). Dodatkowo

wymagana była stabilizacja amplitudy drgań przy zmianie częstotliwości zarówno w przypadku drgań fotela (niezależnie od wagi osoby badanej), jak i drgań pulpitu sterowniczego.

Badania wpływu drgań na organizm człowieka prowadzone są z udziałem ludzi. Zatem w fazie projektowej postawiono dodatkowo wymagania, aby stanowisko badawcze zapewniało bezpieczną obsługę wszystkich elementów wchodzących w jego skład.

2. KONCEPCJA BUDOWY STANOWISKA BADAWCZEGO

Uwzględniając powyższe założenia wykonano stanowisko laboratoryjne, którego ogólny widok przedstawiono na fotografii 1.

Drgania fotela realizowane są za pomocą wzbudnika elektrohydraulicznego, którego elementem wykonawczym jest siłownik hydrauliczny dwustronnego działania. Siłownik ten sterowany jest przy pomocy serwozaworu i zasilany z agregatu hydraulicznego o zmiennej wydajności, regulowanej za pomocą falownika. Do tłoczyska siłownika przymocowana jest belka (za pomocą specjalnej płyty), której drugi koniec przymocowano do ramy poprzez łożysko. Tym sposobem zadając ruch posuwisto-zwrotny jednego końca belki uzyskujemy ruch wokół łożyska znajdującego się na drugim jej końcu. Ruch ten jest ograniczony przez konstrukcję hydropulsatora. Na belce przymocowane jest siedzisko.

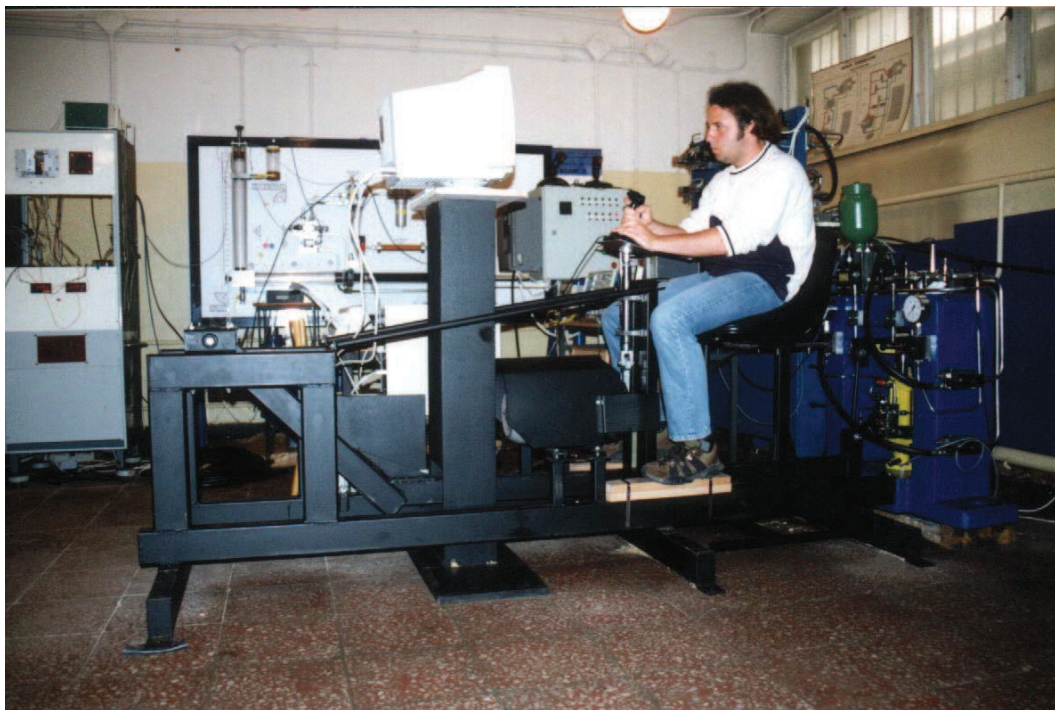
Drgania pulpitu sterowniczego umiejscowionego na ramie wzbudzone są natomiast za pomocą silnika asynchronicznego, poprzez popychacz, prowadnicę oraz płytę do której przytwierdzono joystick. Do regulacji prędkości obrotowej silnika zastosowano falownik.

Drgania fotela oraz pulpitu sterowniczego praktycznie nie są przenoszone na podłogę. Taki rezultat osiągnięto dzięki przewymiarowanej konstrukcji ramy.

W skład omawianego stanowiska wchodzi także źródło hałasu, za pomocą którego można symulować warunki akustyczne, występujące w kabinie maszyny roboczej. Podczas pracy spycharki gąsienicowej TD 40C zarejestrowano warunki akustyczne w kabinie operatora. Nagranie to można odtwarzać w laboratorium podczas przeprowadzania eksperymentów na prezentowanym stanowisku badawczym.

Dodatkowo stanowisko zostało wyposażone w zestaw komputerowy. Monitor umieszczono na wprost fotela na półce o regulowanej wysokości. Uczestnik eksperymentu, posługując się joystickiem, może wykonywać *Test* służący do oceny dokładności pracy. Osoba prowadząca badania ma natomiast możliwość zapisywania oraz szybkiej wstępnej obróbki uzyskiwanych wyników.

W przypadku fotela układ sterująco-pomiarowy zrealizowano wykorzystując generator, który generuje sygnał o żądanych parametrach (częstotliwość, amplituda oraz kształt). Celem stabilizacji punktu pracy wzbudnika zrealizowano



Fot. 1. Ogólny widok stanowiska badawczego

układ sterowania ze sprzężeniem zwrotnym. Zastosowano regulator typu P. Wzmocniony sygnał uchybu jest podawany na wzmacniacz mocy, sterujący pracą serwozaworu.

Pomiar amplitud przemieszczeń drgań wzbudzanych na fotelu dokonywano przy pomocy indukcyjnego czujnika przemieszczenia. W ten sposób wartość mierzoną porównywano z wartością zadaną.

W przypadku pulpitu sterowniczego czujnik mający śledzić przemieszczenie płyty umocowanej na ramie. Do regulacji prędkości obrotowej silnika zastosowano falownik. Układ, w skład którego wchodzi falownik, silnik asynchroniczny, tarcza mimośrodowa oraz popychacz, pełni funkcję wzбудnika elektromechanicznego.

Wynik pomiaru rzeczywistego przemieszczenia fotela oraz pulpitu widoczny był na ekranie oscyloskopu.

3. PARAMETRY EKSPLOATACYJNE STANOWISKA BADAWCZEGO

Omawiane stanowisko badawcze umożliwia realizowanie różnego typu kombinacji między parametrami drgań fotela oraz pulpitu sterowniczego. Możliwa jest zmiana rodzaju zadawanego sygnału (sinusoidalny, prostokątny, piła), częstotliwości drgań, amplitudy przemieszczeń drgań, miejsca oddziaływania drgań. Ponadto można badać u osób uczestniczących w doświadczeniach wpływ łącznego działania wibracji i hałasu na ich dokładność pracy.

3.1. Drgania fotela i pulpitu sterowniczego

Stanowisko laboratoryjne pozwala wymuszać niezależnie na fotelu i pulpicie sterowniczym drgania harmoniczne pionowe o określonych amplitudach przemieszczeń oraz częstotliwościach w zakresie:

częstotliwości:

- dla fotela $f_f = 1 - 3$ Hz oraz $f_f = 4 - 20$ Hz;
- dla pulpitu sterowniczego $f_p = 0,5 - 16$ Hz, amplitudy przemieszczeń:
- dla fotela $A_f = 2 - 25$ mm,
- dla pulpitu sterowniczego $A_p = 1 - 15$ mm,

Dla częstotliwości drgań fotela $f_f = 3,5$ Hz oraz częstotliwości drgań pulpitu $f_p = 18$ Hz występuje rezonans stanowiska. Wraz z wzrostem f_f maleje amplituda przemieszczeń siedziska, co spowodowane jest właściwościami dynamicznymi wzбудnika elektrohydraulicznego.

3.2. Hałas

Wykonano pomiar hałasu w pomieszczeniu laboratoryjnym w dwóch przypadkach:

- przy wyłączonym źródle hałasu,
- przy włączonym źródle hałasu.

W obu przypadkach wyniki pomiarów hałasu nie przekroczyły dopuszczalnych wartości określone przez polskie normy [5, 7].

3.3. Własności ergonomiczne stanowiska badawczego

Sformułowano wymagania ergonomiczne dotyczące budowy oraz sposobu działania stanowiska badawczego, których spełnienie ma na celu zapewnienie bezpieczeństwa oraz wygody pracy.

Komfort pracy w dużym stopniu zależy od prawidłowej pozycji ciała, przyjmowanej przez uczestnika podczas pomiarów. Pozycja ta musi spełniać następujące wymagania:

- kręgosłup powinien być wyprostowany, a w tym celu jego część lędźwiowa powinna przylegać do oparcia fotela,
- kąt w stawie kolanowym oraz łokciowym powinien mieścić się w granicach 90° ,
- nogi nie mogą zwisać uciskając naczynia krwionośne,
- łokieć pracującej ręki należy usytuować poniżej linii serca,
- krawędzie obrazu śledzonego, widocznego na monitorze komputerowym powinny się znaleźć w obszarze widzenia dokładnego.

Bezpieczeństwo eksploatacji stanowiska oraz wygodę pracy zapewniono poprzez:

- bezwzględne stosowanie się do wymogu nakazującego obecność dwóch osób prowadzących badania,
- odpowiednią wytrzymałość mechaniczną oraz stateczność konstrukcji,
- umożliwienie łatwego dostępu do poszczególnych elementów stanowiska,
- zastosowanie osłon chroniących przed ruchomymi elementami stanowiska oraz poprzez odpowiednie zabezpieczenie przewodów elektrycznych,
- oddziaływaniu na osobę badaną bodźców których parametry nie przekraczają wartości dopuszczalnych, określonych przez polskie normy [5, 7];
- właściwą organizację przestrzeni stanowiska pracy zgodnie z zaleceniami polskiej normy [3], umożliwiając regulację wysokości siedziska, odległości fotela od pulpitu sterowniczego, wysokości podłoża, na którym spoczywają stopy, wysokości ustawienia oraz kąta nachylenia monitora komputerowego.

Możliwość regulacji wysokości fotela oraz jego odległości od pulpitu sterowniczego pozwala badać osoby, których cecha antropometryczna, czyli wysokość ciała obejmuje 90 % populacji [3].

3.4. Dodatkowe wyposażenie stanowiska

Stanowisko wyposażono w sprzęt służący do pomiaru u badanych osób wybranych parametrów fizjologicznych, takich jak ciśnienie skurczowe i rozkurczowe, tętno oraz temperatura ciała.

Dodatkowo w laboratorium za pomocą stacji meteo można całodobowo monitorować zmiany warunków mikroklimatycznych.

4. PODSUMOWANIE

Przedstawione stanowisko laboratoryjne wraz z *Testem* służącym do oceny dokładności pracy zostało wykorzystane w cyklu badań eksperymentalnych z udziałem ludzi. Dla 30 osobowej grupy mężczyzn w wieku od 21 do 30 lat przebadano wpływ na dokładność pracy zarówno wibracji niskoczęstotliwościowych, jak i łącznie wibracji niskoczęstotliwościowych z hałasem. Uzyskane wyniki zawarto w opracowaniu [6].

Omawiane stanowisko badawcze może z powodzeniem być wykorzystywane m.in. podczas testowania prototypowych układów wibroizolacji siedzisk [4] oraz układów sterujących w maszynach roboczych.

LITERATURA

- [1] Słowikowski J.: *Optymalizacja ergonomiczna parametrów ręcznej dźwigni sterowniczej*. Z. 144, IWP, Warszawa 1993.
- [2] Wykowska M.: *Ergonomia*. Wyd. AGH, Kraków, 1994.
- [3] PN-N-08010: *Ergonomiczne zasady projektowania systemów pracy*. 1981
- [4] Romańska A.: *Aspekty ergonomiczne wibroizolacji siedzisk w maszynach roboczych*. XXVII Krajowa Konferencja Ergonomiczna, str. 133-139, Karpacz Górny, 5-8.10.1999.
- [5] Engel Z. *Ochrona środowiska przed drganiami i hałasem*, Wyd. Naukowe PWN, Warszawa 1993.
- [6] Romańska A.: *Wpływ zagrożeń wibroakustycznych na dokładność pracy operatora maszyny roboczej*. Praca doktorska, AGH, Kraków, 2001.
- [7] Koradecka D. [red.] *Bezpieczeństwo pracy i ergonomia*. Tom 1 i 2, CIOP, Warszawa, 1997.

Dr inż. **Anna ROMAŃSKA-ZAPAŁA** ur. 19.06.1971 w Sofii. W 1995r. ukończyła AGH, WEAiE, specjalność Automatyka i Robotyka. Od 2001r. adiunkt Politechniki Krakowskiej WIEiK, gdzie opiekuje się Laboratorium Zintegrowanych Systemów Sterowania. Od 2001r. uczestniczy w pracach interdyscyplinarnego zespołu badawczego działającego na AGH badającego wpływ wibracji niskiej częstotliwości na organizm ludzki.