ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1993

Seria: MECHANIKA z. 113 Nr kol. 1198

Władysław KALIŃSKI, Wojciech PILLICH

Katedra Mechaniki Robotów i Maszyn Roboczych Ciężkich
Politechnika Śląska

UKŁADY WIBROIZOLACJI MASZYN ROBOCZYCH CIĘŻKICH W ASPEKCIE MODELOWANIA

Streszczenie. W pracy przedstawione są pasywne układy wibroizolacji kabin suwnic pomostowych. Są to układy wibroizolacji z elementami sprężystymi i tłumiącymi, a także z wibroizolatorami kwazizerowej sztywności. Modelowanie tych układów związane jest z poszukiwaniem najskuteczniejszego sposobu wibroizolacji w celu polepszenia warunków pracy operatora.

VIBROISOLATION SYSTEMS OF THE HEAVY DUTY MACHINES IN ASPECT OF MODELLING

Summary. In the paper the passive vibroisolation systems of the cage driver's of bridge cranes has been presented. That are vibroisolation systems with elastic and damped elements, also vibroisolation systems with the quasizero stiffness vibroisolators. Modelling of vibroisolation systems is connected with searches of the effective manner of vibroisolation in order to improve the conditions operator's work.

ВИБРОЗАЩИТНЫЕ СИСТЕМЫ ГРУЗОПОДЬЁМНЫХ МАШИН В АСПЕКТЕ МОДЕЛИРОВАНИЯ

Резюме. В работе представлено пасивные системы виброзащиты мостовых пранов. Это есть системы вибразащиты с унругими и демифируьщими элементами а тоже с виброизоляторами с квазинулевой жесткостью. Моделирование таких систем есть связано с поисками более эффективного средства виброзащиты в цели улучшения условией работы оператора мостового прана.

1. RODZAJE WIBROIZOLACJI STOSOWANE W MASZYNACH ROBOCZYCH CIĘŻKICH

W maszynach roboczych ciężkich stosuje się wibroizolację częściową lub całkowitą polegającą na eliminacji ich drgań przez zastosowanie odpowiednich wibroizolatorów (eliminatorów) lub układów wibroizolacji. Rozróżnia się także wibroizolację aktywną i pasywną.

Przy wibroizolacji aktywnej układy wibroizolcji wymagają dołączenia źródła energii, co komplikuje ich konstrukcję i ogranicza zastosowania.

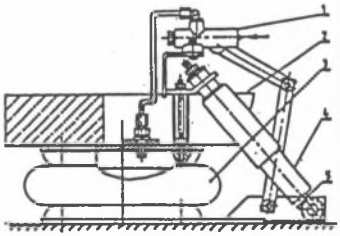
Wibroizolatory pasywne nie potrzebują zasilania energią i działają jednakowo skutecznie przez cały czas pracy dyssypując energię układu. Wibroizolacja pasywna może być czynna lub bierna. Czynna występuje, gdy od maszyny oddzielamy część maszyny będącą źródłem drgań, bierna, gdy oddzielamy wibroizolowany element lub zespół maszyny od drgającego otoczenia (fundamentu, korpusu, ustroju nośnego).

W maszynach roboczych ciężkich wibroizoluje się głównie kabiny lub siedziska operatora, rzadziej mechanizmy lub same maszyny, przy czym stosuje się głównie wibroizolację pasywną [3, 4]. Wibroizolację aktywną spotyka się w maszynach roboczych przemieszczających się po nierównym terenie (koparki, spycharki) i mających duże amplitudy przemieszczenia oraz przyspieszenia drgań przy nagłej zmienności warunków działania (kopaniu, zrywaniu). Dla takich maszyn zwykła wibroizolacja pasywna jest mało skuteczna.

2. UKŁADY WIBROIZOLACJI AKTYWNEJ

W niektórych maszynach roboczych ciężkich, a szczególnie w maszynach budowlanych i drogowych, jak spycharki, koparki na podwoziu gąsienicowym, zachodzi konieczność zastosowania wibroizolacji aktywnej [2,13].

Przykład aktywnego układu wibroizolacji siedziska 2 operatora

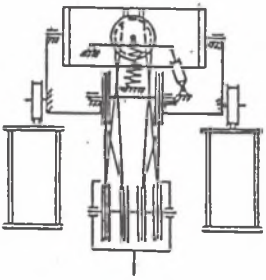


Rys.1. Aktywny układ wibroizolacji siedziska operatora [9]
Fig.1. Active vibroisolation system of operator's seat

przedstawiono na rysunku 1. Układ posiada gumową poduszkę pneumatyczną 3 oraz tłumik drgań 4, zamocowany przegubowo do ramy 5 maszyny. Poduszka zasilana jest ze sprężarki powietrza za pośrednictwem sterowanego rozdzielacza 1. Układ pneumatyczny sterowany jest przez elektroniczny układ kontrolno-pomiarowy wymuszeń drgań.

3. UKŁADY WIBROIZOLACJI PASYWNEJ

Na rysunku 2 pokazano schemat układu wibroizolacji zawiesia linowego [15]. Wskutek zwiększenia podatności podparcia krążka wyrównawczego mechanizmu podnoszenia zmniejszono wartości dynamicznych obciążeń w tym układzie oraz obniżono pionowe drgania mostu suwnicy. Należy zaznaczyć, że układ taki jest tylko wtedy skuteczny, gdy na haku zawieszony jest przewożony ładunek. Przy gwałtownym odczepieniu ładunku, co jest charakterystyczne np. dla suwnic z chwytakiem elektromagnetycznym, skuteczność działania układu wibroizolacji jest niewielka.

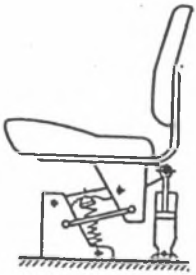


Rys.2. Układ wibroizolacji zawiesia linowego
Fig.2. Vibroisolation system of rope sling

Stosunkowo najmniej zabiegów technicznych i zmian konstrukcyjnych wymaga dostosowanie typowego siedziska operatora do zainstalowania w nim układu wibroizolacji. Dlatego do ochrony przeciwdrganiowej operatorów dźwignic i spycharek oraz koparek częściej stosowane są układy wibroizolacji siedziska operatora niż całej kabiny sterowniczej. W wielu przypadkach jest to uzasadnione. Tym niemniej, o ile jest to możliwe, lepiej jest zastosować układ wibroizolacji całej kabiny. Unika się wówczas osłabienia percepcji operatora i pogorszenia ergonomii pracy na skutek występowania ruchów względnych operatora i układu sterowniczego wraz z kabiną.

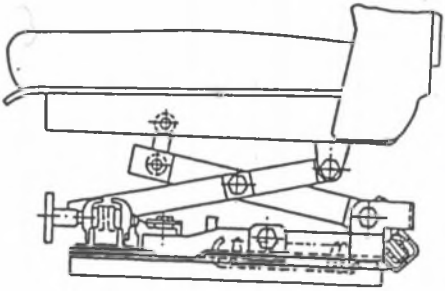
Na rysunkach 3 - 5 pokazano niektóre z częściej stosowanych układów wibroizolacji siedzisk operatorów. Cechą charakterystyczną tych i innych konstrukcji jest mechanizm nożycowy lub wahaczowy z zespołem elementów sprężystych, często także tłumiących. W wielu przypadkach, w celu dostosowania charakterystyki statycznej układu wibroizolacji do ciężaru operatora i jego indywidualnego "odczuwania" drgań lub zmieniających się warunków pracy, układ wibroizolacji ma możliwość regulowania charakterystyki statycznej.

Spośród konstrukcyjnych rozwiązań układów wibroizolacji kabin operatorów dźwignic można wyróżnić dwie grupy wibroizolatorów pasywnych. Do pierwszej zalicza się proste rozwiązania, w których kabina montowana jest do ramy



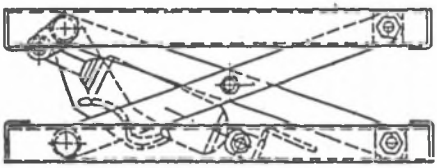
Rys. 3. Hydrauliczny tłumik drgań siedziska operatora

Fig. 3. Hydraulic vibration damper of operator's seat



Rys. 4. Tłumik drgań siedziska operatora ciężkiego pojazdu; patent RFN Nr 2802-749

Fig. 4. Vibration damper of operator's seat of crawler



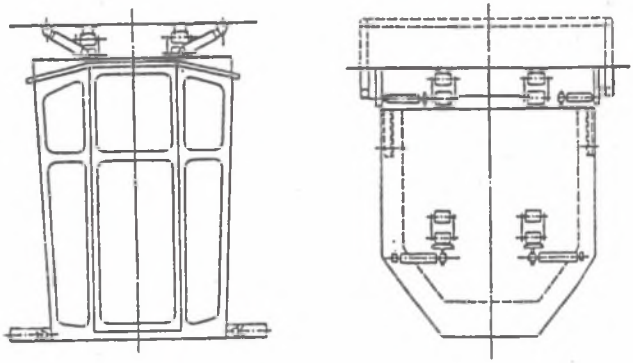
Rys. 5. Układ zawieszenia siedziska samochodu z regulacją obciążenia; patent RFN Nr 2915-259

Fig. 5. Suspension system of operator seat of car with adjustment of load

maszyny poprzez gumowe wibroizolatory o różnych charakterystykach wraz z dodatkowo zainstalowanymi tłumikami. Takie rozwiązania stosowane są głównie w maszynach budowlanych i drogowych. Do drugiej grupy zalicza się układy wibroizolacji, często o regulowanych charakterystykach. Są one wyposażane w wiskotyczne tłumiki drgań i w zderzaki.

Na rysunkach 6, 7 i 9 pokazano wybrane układy wibroizolacji, które zastosowano praktycznie. Dotyczą one grupy wibroizolacji pasywnej biernej.

Wśród konstrukcji układów wibroizolacji grupy drugiej należy wyodrębnić układy wibroizolacji, w których zastosowano układy wibroizolacji kwazizerowej sztywności, zwane też wibroizolatorami o "stałej" sile oddziaływania.



Rys.6. Układ amortyzacji wykonany z elementów sprężystych i amortyzatorów gazowych [7]

Fig.6. Vibroisolation system made of springs and pneumatic springs [7]

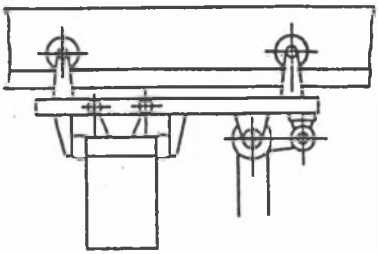
Ich stosowanie jest szczególnie korzystne w przypadku niskoczęstotliwościowego wymuszania drgań, z powodu możliwości uzyskania dowolnie małej sztywności w roboczej części charakterystyki.

Na rysunkach 8 i 10 pokazano układy wibroizolacji kwazizerowej sztywności [15,18]. Układ pokazany na rys.10, opracowany przez autorów artykułu, ma tę własność, że działa na kierunku pionowym i dowolnie wybranym kierunku poziomym [19].

"Stałą" siłę oddziaływania w wibroizolatorach kwazizerowej sztywności można zrealizować w różny sposób. Na rys.11 przedstawiono schematy układów realizujących charakterystyki "stałej" siły oddziaływania.

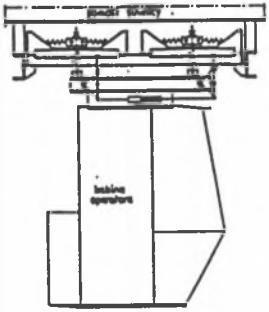
4. UWAGI KOŃCOWE

Niedostateczna skuteczność pasywnych układów wibroizolacji, trudności w uzyskaniu teoretycznych efektów wibroizolacji w układach WKS skłaniają do poszukiwań w dziedzinie układów aktywnych. Z tego zakresu są prace [6,13,14,17]. Praca [12] wykazała jednak, że nie istnieje różnica w efekcie wibroizolacji układu aktywnego i pasywnego, pod warunkiem, że układ pasywny posiada optymalne sztywność i tłumienie. W sytuacji gdy koszt układu aktywnego jest znacznie wyższy od układu pasywnego, odpowiedzialnym postępowaniem jest dalsza optymalizacja układów pasywnych. Obiecujące mogą być układy pośrednie, nie wymagające ciągłego zasilania energią, lecz takie,



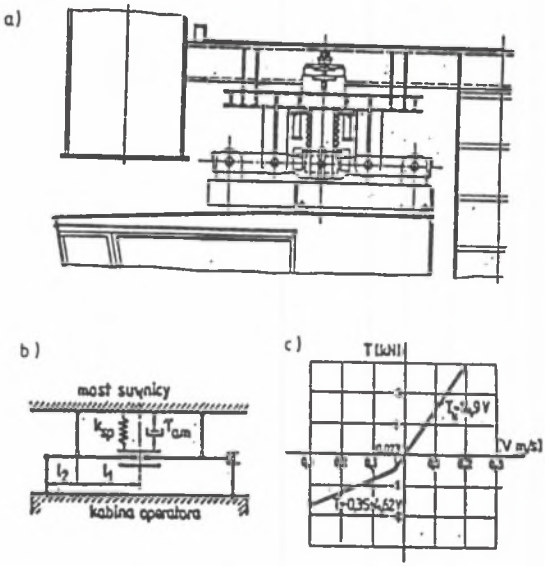
Rys.7. Układ wibroizolacji kabiny suwnicy bramowej [7]

Fig.7. Vibroisolation system of driver's cage of gantry crane



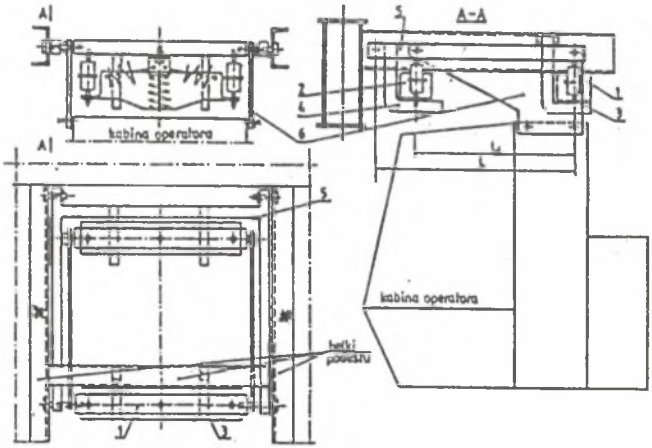
Rys.8. Schemat wibroizolacji kabiny z układem dźwigni prostowodowych [18]

Fig.8. Scheme of driver's cage vibroisolator with straight-line mechanism

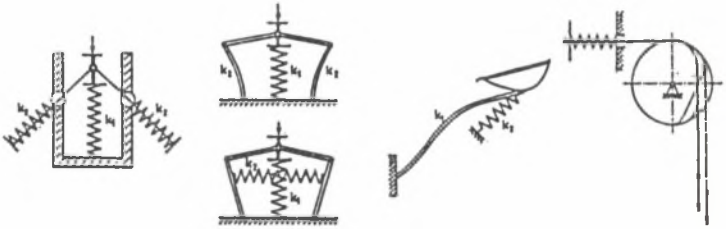


Rys.9. Schemat układu wibroizolacji kabiny wg DETRANSu [9]: a) schemat, b) model, c) charakterystyka siły w tłumiku

Fig.9. Scheme of vibroisolation system of driver's cage [9]: a) scheme, b) model, c) force characteristic of damper



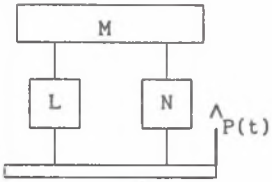
Rys. 10. Układ wibroizolacji kabiny suwnicy [19, 20]
Fig. 10. Vibroisolation system of driver's cage of bridge crane [19, 20]



Rys. 11. Układy realizujące "stałą" siłę oddziaływania [1,5,11]
Fig. 11. Systems performing permanent force in work scope

do których energia byłaby dostarczana okresowo, np. w celu uzupełnienia jej ubytków lub przed zmianą warunków użytkowania.

Z grupy układów pasywnych perspektywy rozwoju mają układy WKS. Do sformuowania problemu można wykorzystać model na rysunku 12. Oznaczenie L dotyczy układu liniowego, oznaczenie N układu nieliniowego. Łączne działanie obu układów powinno utworzyć układ stałosiłowy wibrolzolacji masy M.



Rys. 12. Model układu WKS
Fig. 12. Model of quasizero stiffness vibroisolator system

LITERATURA

[1] Alabuzew P.M., Gritczyn A.A., Kimi L.I. i in.: Wibrozaszczytnyje sistemy s kwazinulewoj zestkostju. Maszynostrojenie, Leningrad 1986.

[2] Ballo I., Szüttor N.: Active Systems in the Vibration Control of Driver Seats of Earth-Moving Machines. ISTVS Third European Conference, Warsaw 1986.

[3] Cempel C.: Synteza układów wibroizolacji z kompensacją. Rozprawy Inżynierskie, nr 4, 1973.

[4] Cempel C., Nowicki R.: Eliminatory drgań w ustrojach stalowych suwnic. Przegląd Mechaniczny, nr 3, 1976, s. 82-86.

[5] Chironis N. P.: Mechanisms, Linkages and Mechanical Controls. Mc Graw-Hill. London, 1965.

[6] Engel Z., Kowal J.: Zadania systemów adaptacyjnych w aktywnych układach wibroizolacji siedzisk operatorów. VI Sympozjum "Wpływ wibracji na otoczenie". Referaty. Kraków-Janowice, wrzesień 1992. Wyd. Pol. Krak., Kraków 1992, s. 33-40.

[7] Fiedorow A.L.: Sniżenie wibracji raboczego miesta operatora kranow mostowogo tipa. Podjemno-transportnoje oborudowanie (CNIIITEITjazmasz), 1981, nr 33.

[8] Gallos M.: Wytłumianie drgań suwnicowych kabin sterowniczych W: Biuletyn Techniczny OBRiDUT DETRANS, nr 1-3, Bytom, s. 137-153.

[9] Krejčir O.: Pneumatica vibroizolace. Doktorska disertačni prace. Vysoka Škola Strojeni a Textilni v Liberci. Liberec 1986.

[10] Kučera V., Novotny K.: Rohrleitungsaufhängungen in WärmeKraftwerken. Škoda Revue, Nr 4, 1989, s. 40-46.

[11] Książek M.: Porównanie efektywności optymalnego pasywnego i aktywnego układu wibroizolacji, przy stacjonarnych wymuszeniach przypadkowych. VI Sympozjum "Wpływ wibracji na otoczenie". Referaty. Kraków-Janowice, wrzesień 1992. Wyd. Pol. Krak., Kraków 1992, s. 83-90.

[12] Lückel L. Castiglioni G., Jäker K.-P., Rutz R.: Design of an Active Car Suspension System, Combined with an Active Vibration Absorber. VI Sympozjum "Wpływ wibracji na otoczenie". Referaty. Kraków-Janowice, wrzesień 1992. Wyd. Pol. Krak., Kraków 1992, s. 99-106.

[13] Michałowski S.: Badania drgań wybranych maszyn roboczych ciężkich celem zmniejszenia zagrożenia wibracyjnego. W: Prace Naukowe CPBP 02.05, Materiały II Konferencji CPBP 02.05, Rozwój podstaw budowy, eksploatacji i badań maszyn roboczych ciężkich - w tym budowla-nych, cz. II, Warszawa 1988. s. 285- 292.

[14] Michałowski S.: Elektrohydrauliczne układy wykonawcze aktywnej wibroizolacji. VI Sympozjum "Wpływ wibracji na otoczenie". Referaty. Kraków-Janowice, wrzesień 1992. Wyd. Pol. Krak., Kraków 1992, s.121-126.

[15] Opracowanie układów wibroizolacji kabin operatorów maszyn roboczych ciężkich. Etap I. Aut.: Wojnarowski J. i in., Praca naukowo-badawcza NB-377/RMT-4/86. 1986. 57 s. maszynopis, IMiPKM, Politechnika Śląska, Gliwice.

[16] Opracowanie układów wibroizolacji kabin operatorów maszyn roboczych ciężkich. Etap III. Aut.: Wojnarowski J. i in., Praca naukowo-badawcza NB-312/RMT-4/87. 1988. 295 s. maszynopis, IMiPKM, Pol. Śl., Gliwice.

[17] Osiecki J., Stępiński B.: Wibroizolacja pojazdu za pomocą aktywnego układu hydraulicznego szeregowo włączonego w zawieszenie. VI Sympozjum "Wpływ wibracji na otoczenie". Referaty. Kraków-Janowice, wrzesień 1992. Wyd. Pol. Krak., Kraków 1992, s.133-137.

[18] Patent nr 138689. Urządzenie do amortyzacji drgań zwłaszcza suwnicy. Urząd Patentowy PRL. Warszawa 1986.

[19] Wojnarowski J., Kaliński W., Nowak A., Pillich W.: Układ wibroizolacji kabin sterowniczych. Patent P-277946. Urząd Patentowy PRL, Warszawa 1992.

[20] Wojnarowski J., Ćwik R., Kaliński W., Nowak A., Pillich W.: Opracowanie układów wibroizolacji kabin operatorów maszyn roboczych ciężkich. Prace Naukowe Centralnego Programu Badań Podstawowych 02.05. Wyd. Pol. Warsz., Warszawa 1990.

Recenzent: Doc. dr hab. Stanisław Suwaj

Wpłynęło do Redakcji dnia 23.11.1992

Abstract

The excessive vibrations of the bridge cranes driver's cage cause worsening of operator's labor and of work conditions quality. For vibroisolation of driver's cage, the elastic and damped elements, Fig.2, also special vibroisolation systems have been applied. The vibroisolation systems with quasizero stiffness vibroisolators, are shown in Fig.8 and Fig.10. Quasizero stiffness vibroisolator has the permanent force in work scope of characteristics, Fig.5. Presented in Fig.8 vibroisolation system isolates vibrations in vertical direction and vibroisolation system in Fig.10 isolates in horizontal direction as well.

In Fig.11 some quasizero stiffness vibroisolators are presented. In designer's practice it is important to minimize the hysteresis of statical and dynamical characteristics. It is possible in that way to reduce the number of joints and also to reduce the load and friction in joints of vibroisolator's system.

Temat, który jest kontynuacją zadań realizowanych w ramach CPBP 02.05, opracowano w ramach grantu PB-581/3/91 pt: "Projektowanie układów wibroizolacji maszyn roboczych ciężkich przy obciążeniu impulsowym".