



POLISH ACADEMY OF SCIENCES - MATERIALS SCIENCE COMMITTEE
SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY OF GLIWICE
INSTITUTE OF ENGINEERING MATERIALS AND BIOMATERIALS
ASSOCIATION OF ALUMNI OF SILESIA UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

Conference
Proceedings

11th INTERNATIONAL SCIENTIFIC CONFERENCE
ACHIEVEMENTS IN MECHANICAL & MATERIALS ENGINEERING

Analiza drgań modelu układu koparki podsiębiernej w programie GRAFSIM
na bazie metody odwzorowania macierzowego grafu hybrydowego
w schemat blokowy

G. Wszótek

Katedra Automatykacji Procesów Technologicznych i Zintegrowanych Systemów
Wytwarzania, Wydział Mechaniczny Technologiczny, Politechnika Śląska
ul. Konarskiego 18a, 44-100 Gliwice, Poland

W artykule przedstawiono analizę numeryczną drgań układu koparki podsiębiernej jednonaczyniowej, w trzech przyjętych położeniach, w postaci modelu o dyskretnym rozkładzie parametrów, poddanego działaniu kinematycznych i dynamicznych wzbudzeń w programie numerycznym GRAFSIM. Wygenerowano przebiegi czasowe i charakterystyki amplitudowo-częstotliwościowo-fazowe *a-c-f* badanego modelu. Przedstawione w artykule wyniki stanowią przykład obszernej analizy przyjętego modelu koparki przeprowadzonej w ramach grantu nr 8 T07C 00120.

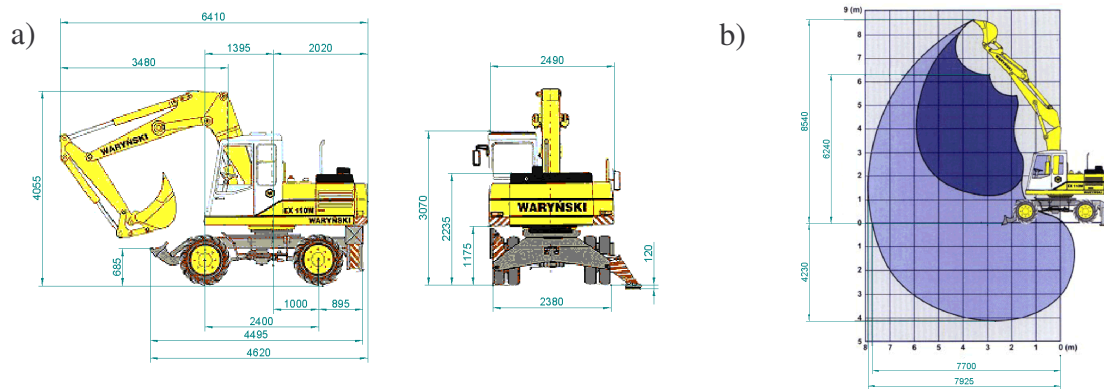
1. WPROWADZENIE

Program GRAFSIM został zaimplementowany w środowisku MATLAB-SIMULINK i realizuje opisany szczegółowo w pracach [1,2,3] algorytm transformacji macierzowego grafu hybrydowego [4] (mgh) układu mechanicznego w schemat blokowy, przy czym umożliwia badanie drgań złożonych układów mechanicznych ze sprzężeniami liniowymi poddanych działaniu kinematycznych i dynamicznych wzbudzeń. Przyjęty do analizy numerycznej model koparki podsiębiernej stanowi przykład technicznego zastosowania metody transformacji mgh w odpowiadający mu macierzowy schemat blokowy w opisanym programie.

2. MODEL

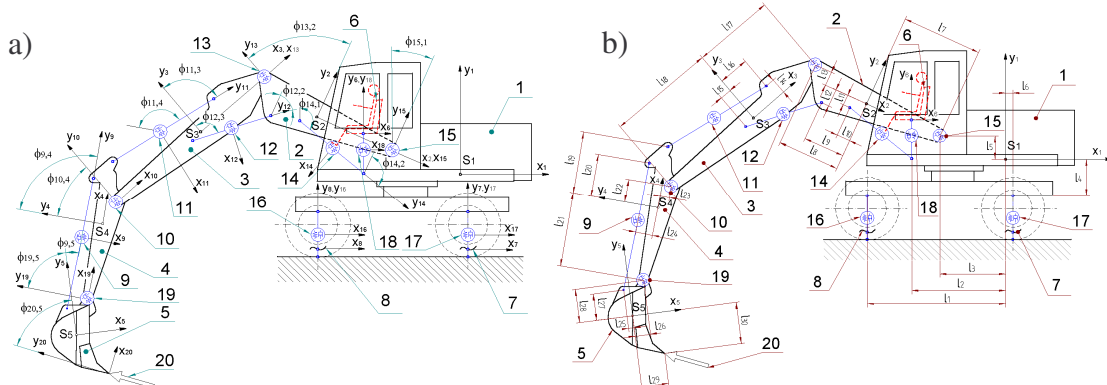
Do analizy przyjęto model układu jednonaczyniowej koparki podsiębiernej, produkowanej w zakładach „Waryński” w Warszawie, której podstawowe wymiary gabarytowe wraz z przestrzenią roboczą przedstawiono na rys. 1a i 1b.

W wyniku idealizacji obiektu przyjęto płaski model fenomenologiczny układu w formie zdyskretyzowanej (rys. 2a,b), wyróżniając elementy inercyjne w postaci nadwozia wraz z silnikiem koparki (1), wysięgnika (2), ramion (3, 4), łyżki (5) oraz siedziska operatora wraz z operatorem (6). Siłowniki hydrauliczne, wprawiające w ruch każdy z wymienionych elementów osprzętu koparki, rozpatruje się jako liniowe elementy sprężysto-tłumiące (EST) (9,11,12,14).



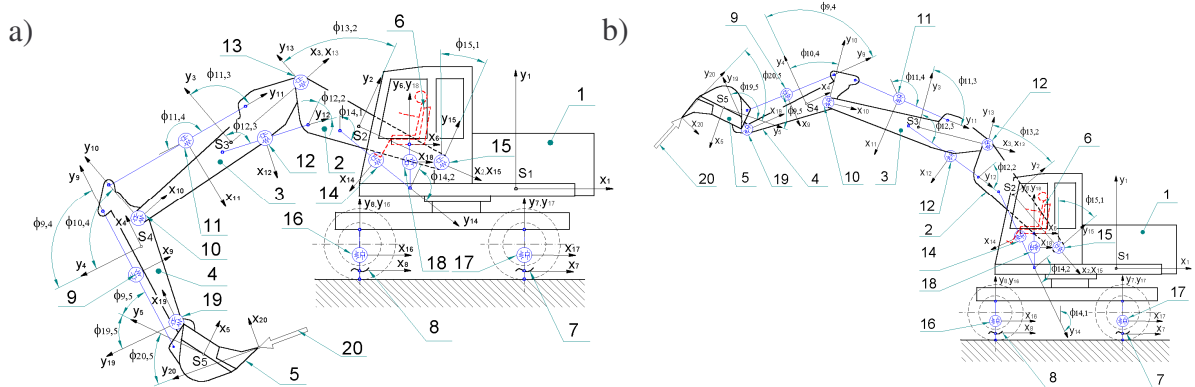
Rys. 1. Koparka podsiębierna jednonaczyniowa: a) z zaznaczonymi głównymi wymiarami gabarytowymi, b) z przestrzenią roboczą

Zdefiniowano lokalne układy współrzędnych (rys. 2a) elementów inercyjnych, sprężysto-tłumiących, wymuszeń kinematycznych i dynamicznych, określono współrzędne zaczepienia EST w lokalnych układach współrzędnych elementów inercyjnych (rys. 2b) oraz określono kąty pomiędzy odpowiednimi, lokalnymi układami współrzędnych elementów układu.



Rys. 2. Zdyskretyzowany model fenomenologiczny koparki podsiębiernej poddany działaniu wzburzeń kinematycznych i dynamicznych z zaznaczonymi: a) kątami, b) odległościami punktów koincydencji EST i środków mas elementów inercyjnych

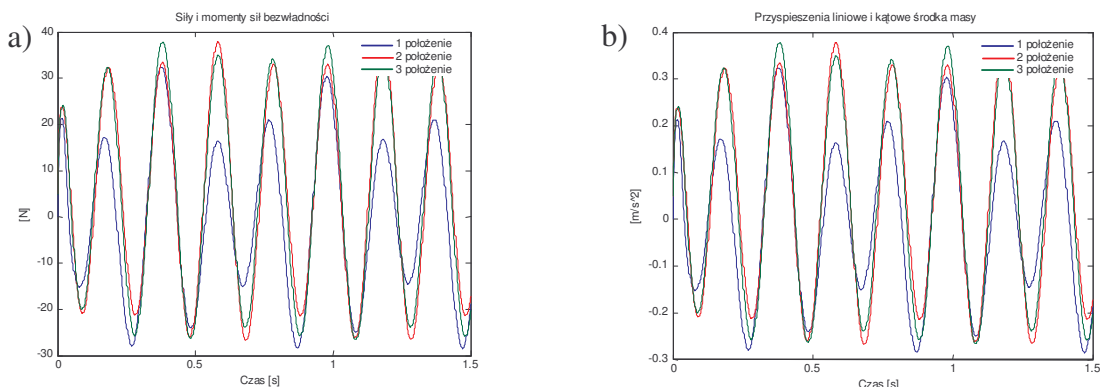
W przegubach koparki występują więzy, które w przyjętym modelu koparki zostały zamodelowane EST (10,13,15,19), charakteryzującymi się sztywnością i tłumieniem liniowym i skrętnym. Zawieszenie i opony koparki zamodelowano EST (16,17), które reprezentują ich sztywność i tłumienie. W modelu koparki uwzględniono także wzburzenia kinematyczne (7,8), pochodzące od drgań podłoża, na którym koparka jest umieszczona, a będące wynikiem pracy innych urządzeń znajdujących się w jej pobliżu, oraz wzburzenie dynamiczne (20), wynikające ze zmiany sił skrawania gruntu. W celu zredukowania zagrożenia wibracyjnego występującego w koparce podczas jej pracy, wprowadzono pasywny układ wibroizolacji do siedziska operatora. Do analizy numerycznej przyjęto dodatkowo dwa położenia osprzętu koparki (rys. 3a i 3b).



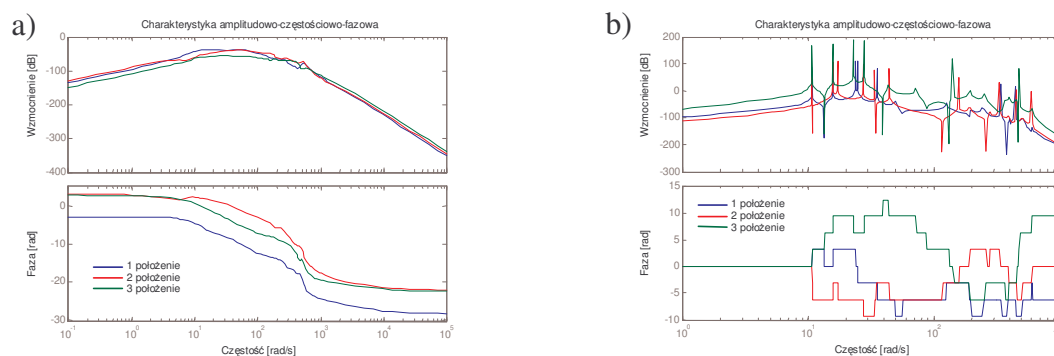
Rys. 3. Zdyskretyzowany model fenomenologiczny koparki podsiębiernej w położeniu osprzętu koparki: a) drugim, b) trzecim

3. WYNIKI ANALIZY NUMERYCZNEJ

Amplituda wprowadzonych wymuszeń kinematycznych w postaci funkcji sinusoidalnych wynosi $2 \cdot 10^{-3}$ [m], częstotliwość 5 [Hz], przy zerowym kącie przesunięcia fazowego dla wymuszenia (7) oraz 90^0 dla wymuszenia (8). Wzbudzenie dynamiczne, wprowadzone do programu, stanowiące w analizowanym przypadku sterowanie programowe (wzbudnik drgań), zostało zaprogramowane jako funkcja harmoniczna o amplitudzie 700 [N], częstotliwości 3.3 [Hz] i zerowym kącie przesunięcia fazowego. Po wprowadzeniu struktury geometrycznej i fizycznej modelu układu koparki przeprowadzono jego analizę a uzyskane wyniki dla 3 położenia osprzętu koparki przedstawiono na wspólnych wykresach. Na rys. 4 zilustrowano przebieg zmian siły bezwładności oraz przyspieszenia liniowego operatora wraz z siedziskiem, jako odpowiedzi na zadane wymuszenia. Natomiast na rys. 5 zamieszczono decybelową charakterystykę *a-c-f* (w układzie tłumionym i nietłumionym) wyrażającą względną siłę bezwładności operatora wraz z siedziskiem w funkcji wymuszenia dynamicznego działającego na łyżkę omawianego modelu układu koparki w kierunku osi x.



Rys. 4. Przebieg zmian: a) siły bezwładności, b) przyspieszenia liniowego operatora wraz z siedziskiem w czasie, jako odpowiedź na zadane wymuszenia kinematyczne i dynamiczne w trzech położeniach roboczych osprzętu koparki



Rys. 5. Decybelowe charakterystyki amplitudowo-częstościowe i fazowe wyrażające względną siłę bezwładności operatora wraz z siedziskiem w funkcji wymuszenia dynamicznego działającego na łyżkę koparki: a) układ z tłumieniem, b) bez tłumienia

4. PODSUMOWANIE

W pracy [1] przeprowadzono obszerną analizę układu koparki i wyznaczono zbiór charakterystyk dynamicznych przyjętego modelu układu, w postaci funkcji modułów zespolonej charakterystyki *a-c-f*, decybelową funkcję modułu charakterystyk *a-c-f*, funkcje kąta przesunięcia fazowego zespolonej charakterystyki *a-c-f* oraz rzeczywiste charakterystyki *a-c-f* w dziedzinie częstości i częstotliwości. Dodatkowo wyznaczono przebiegi czasowe omawianego układu w funkcji przyjętych wymuszeń kinematycznych i dynamicznych. Z uwagi na to, że przedstawione w artykule przebiegi czasowe i charakterystyki *a-c-f* miały za zadanie przede wszystkim zilustrować możliwości programu GRAFSIM w badaniu drgań złożonych układów mechanicznych, przy wykorzystaniu wprowadzonej w pracy [1] metody transformacji mgh w schemat blokowy, do obliczeń przyjęto dane fizyczne analizowanego modelu koparki, w szczególności sztywności i tłumienia elementów sprężysto-tłumiących, w sposób szacunkowy, bez przeprowadzania kosztownego procesu identyfikacji tych parametrów.

LITERATURA

1. G. Wszółek: Grafy hybrydowe i schematy blokowe w analizie układów mechanicznych ze sterowaniem. Praca doktorska, Politechnika Śląska, Gliwice 2002.
2. J. Świder, G. Wszółek: Transformacja grafu hybrydowego w strukturę schematu blokowego jako metoda numerycznej analizy drgań sprzężonych układów mechanicznych. VI Międzynarodowa Konferencja Naukowa COMPUTER AIDED ENGINEERING, Polanica Zdrój 2002, s. 545-551.
3. J. Świder, G. Wszółek: Transformation of Matrix Hybrid Graphs into Block Diagrams as a Method of Analysing of Vibrating Mechanical Systems. IX International Scientific and Engineering Conference – Machine-Building and Technosphere on the Border of the XXI Century, International Proceedings, Donetsk 2002, s. 275-279.