

Seria: MECHAŃNIKA z. 113

Nr kol. 1198

Wiesław GRZESIKIEWICZ, Wojciech JEDLIŃSKI

Instytut Maszyn Roboczych Ciężkich
Politechnika Warszawska

MODELOWANIE PRACY HYDRAULICZNEGO ŻURAWIA SAMOCHODOWEGO

Streszczenie. W pracy przeprowadzono wszechstronną analizę dynamiki (ruchu podstawowego i drgań) żurawia z uwzględnieniem przepływów w mechaniczno-hydraulicznym układzie napędowym. Wyprowadzone równania ruchu obejmują całość zjawisk mechanicznych podczas pracy mechanizmu podnoszenia przy możliwie wszechstronnym ujęciu rzeczywistych warunków występujących w czasie eksploatacji. Równania te pozwalają na przeprowadzenie eksperymentów cyfrowych (symulacja cyfrowa) umożliwiających przebadanie przebiegów pracy żurawia.

MODELING OF OPERATION A MOBILE HYDRAULIC CRANE

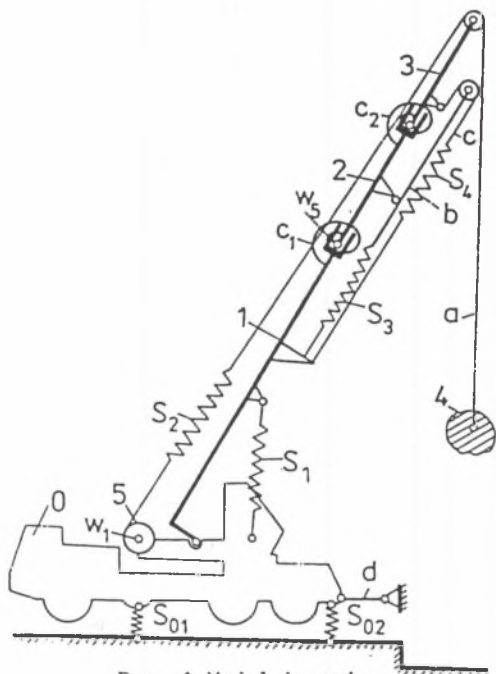
Summary. In the paper a thorough dynamical analysis (of the basic motion and vibrations) of a crane, taking into account the phenomena of flow in the mechanical-hydraulic driving system, has been carried out. The derived equations of motion cover the entire range of mechanical phenomena during operation of the hoisting mechanism, with the possibly complete consideration of the real conditions taking place during routine work. These equations make it possible to execute the numerical simulations which allow to test the work cycles of the crane.

МОДЕЛИРОВАНИЕ РАБОТЫ ТЕЛЕСКОПИЧЕСКОГО КРАНА

Резюме. В работе проводится полный анализ динамики (основного движения и колебаний) крана с учетом расходов в механическо гидравлической приводной системе. Полученные уравнения движения описывают все механические явления, совершающиеся во время работы механизма подъема с возможно широким учетом действительных условий работы крана. Эти уравнения дают возможность проведения численных экспериментов (численного моделирования), обеспечивающих возможность исследования работы крана.

1. MODEL ŻURAWIA

Model żurawia sformułowano w postaci układu mechaniczno-hydraulicznego, który szczegółowo opisano w pracy [1]. Układ mechaniczny służy do analizy ruchów mechanicznej części żurawia. Jest to układ płaski składający się z



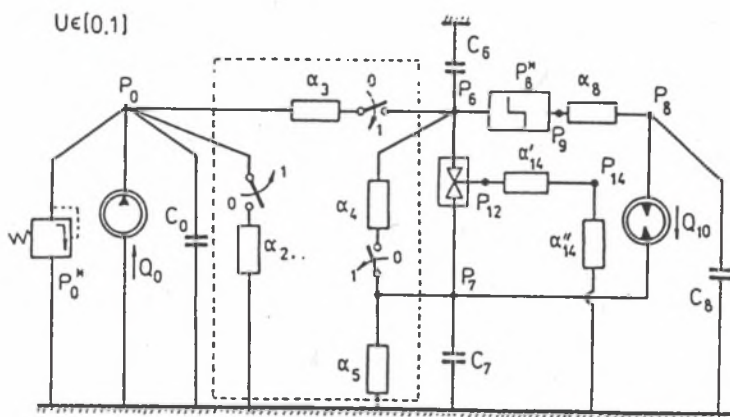
Rys. 1. Model żurawia
Fig. 1. Crane model

brył sztywnych, więzi sprężystych oraz więzów. Bryły sztywne odwzorowują inercyjne właściwości elementów żurawia, tzn. podwozia, podnoszonego ciężaru, bębna wciągarki oraz wysięgnika żurawia. Więzy sprężyste służą do odwzorowania odkształcalności elementów żurawia, a w szczególności: podpór, olinowania wysięgnika i siłowników hydraulicznych. Schematyczny rysunek układu mechanicznego przyjętego jako model żurawia pokazano na rys. 1. Do opisu ruchów ciał układu mechanicznego wybrano $N=15$ współrzędnych uogólnionych, które są określone przemieszczeniami ciał ciał odmierzonymi od położenia, w którym żuraw jest nieobciążony.

Wybrane współrzędne nie są niezależne, a związki między nimi wynikają z warunków powiązań ciał. Model hydraulicznego układu napędowego wciągarki przyjęto w postaci obwodu hydraulicznego, który może przybierać trzy konfiguracje, z których jedną pokazano na rys.2. Postać konfiguracji, która zależy od pozycji rozdzielacza, określa stan pracy żurawia: podnoszenie, hamowanie, opuszczanie.

Do opisu rozkładu ciśnień w obwodzie hydraulicznym wybrano ciśnienia w czterech węzłach obwodu, w którym uwzględniono elementy odwzorowujące podstawowe właściwości ciśniniowo-przepływowe hydraulicznego układu napędowego.

Równania dla ciśnień węzłowych obwodu sformułowano na podstawie pierwszego prawa Kirchhofa, według którego suma natężeń przepływów przez węzeł jest równa zeru.



Rys. 2. Obwód hydrauliczny
Fig. 2. Hydraulic circuit

2. SYMULACJA PRACY ŻURAWIA

Opis matematyczny układu mechaniczno-hydraulicznego przedstawiono w następującej postaci

$$\ddot{X} = A(X, \dot{X}, p); \quad (1)$$

$$p = W(X, \dot{X}, U), \quad U \in [-1, 0, +1]$$

Pierwsze równanie opisuje ruch układu mechanicznego, a drugie ciśnienia w obwodzie hydraulicznym. Szczegółowy opis tych równań przedstawiono w pracy [1]. Aby w pełni opisać przebieg zjawisk w układzie mechaniczno-hydraulicznym, należy wymienione wyżej równania uzupełnić opisem funkcji sterowania konfiguracjami obwodu hydraulicznego, tzn. $U: [0, T] \rightarrow [-1, 0, +1]$.

Równania opisujące ruch układu mechaniczno-hydraulicznego stanowiły podstawę do opracowania programu obliczeń dla komputera typu IBM-PC/AT. Program ten służy do przybliżonego wyznaczania rozwiązania, które przedstawia przebiegi funkcji opisujących przemieszczenia elementów żurawia oraz ciśnienia w układzie hydraulicznym. Przebieg funkcji sterowania obwodu hydraulicznego jest ustalany w trakcie wykonywania symulacji na podstawie założonego programu pracy żurawia; to znaczy, że na podstawie wyświetlonych na monitorze komputera wyników obliczeń informujących o stanie żurawia (wysokość podnoszenia i wychylenia ładunku, naciski na podpory, siła w

linie) ustalana jest odpowiednia pozycja rozdzielacza czyli stan pracy żurawia. W celu weryfikacji modelu wykonano badanie eksperymentalne pracy żurawia. W czasie tych badań rejestrowano przebiegi wybranych wielkości charakteryzujących stan żurawia. Uzyskane doświadczalnie przebiegi porównano z wynikami obliczeń, a wynikające stąd wnioski wykorzystano do modyfikacji modelu żurawia. Wyniki obliczeń wykorzystano również do animacji żurawia podczas podnoszenia. Wykonano przykładową symulację pracy żurawia typu HYDROS-T-253. Symulowano pracę żurawia w następujących warunkach: długość wysięgnika 24 m, pochylenie wysięgnika 70° , masa podnoszonego ładunku 6000 kg. Program pracy żurawia przyjęto następujący: ładunek jest podnoszony na wysokość 1.5 m, po czym następuje włączenie hamulca ciernego trwające 3 sekundy, następnie ładunek jest opuszczany do wysokości 0.5 m, gdzie znowu następuje zatrzymanie, w końcu ładunek jest opuszczany, a symulacja kończy się gdy lina jest nie napięta. W pracy [1] zamieszczono wykresy ilustrujące przebiegi dwunastu wielkości charakteryzujących stan żurawia podczas pracy. Uzyskane wyniki symulacji komputerowej są w zadowalającym stopniu zbliżone do rezultatów otrzymanych w czasie badań eksperymentalnych.

LITERATURA

- [1] W. Grzesikiewicz, W. Jedliński :Dynamika elementów wykonawczych niektórych maszyn roboczych z uwzględnieniem sterowania na przykładzie żurawia teleskopowego.Pracę wykonano w ramach CPBP 02.05. Warszawa 1986-1990.

Recenzent: Dr hab. Jan Kaźmierczak

Wpłynęło do Redakcji dnia 05.10.1992

Abstract

Dynamics of mechanical-hydraulic system which motion is being considered, is presented in the report. The system represents a model of a telescopic crane and is used for simulation of up and down lifting processes. Dynamic processes of both hydraulic driving system of a hoisting drum and mechanical system of the crane are considered using this model. Some relus for modelling both the hydraulic and mechanical system are presented in the report. A two dimensional system consisting of rigid bodies as well as elastic dumping constraints was assumed as a model of the mechanical system

of the crane. The model enables the crane motion during up and down lifting to be considered. The model of hydraulic system of the crane is represented by a hydraulic circuit. The circuit is used for analysis of hydraulic pressure in selected points of the system. The mathematical description of dynamical processes of the mechanical-hydraulic system was made by means of motion equations of the mechanical system and hydraulic pressure equations for the hydraulic circuit. They were used as a basis for a computer program for IBM-PC/At compatibles. Some mechanical simulations of crane operation for various operating conditions were carried out using this program.