

Edward MICHLOWICZ
Janusz SZPYTKO
Jerzy CHODACKI

BADANIA DYNAMIKI WYBRANYCH URZĄDZEŃ TRANSPORTOWYCH W DYDAKTYCE

Streszczenie. W artykule przedstawiono zintegrowane podejście do badań urządzenia transportowego w fazach jego życia, w szczególności w procesie projektowania. Sformułowano zadania oraz przedstawiono wspierające je narzędzia. Dla wybranych urządzeń transportowych (suwnic, wciągarek i przenośników) opracowano algorytmy doboru i weryfikacji elementów struktury. Opracowane programy komputerowe do projektowania i badania dynamiki urządzeń i mechanizmów są szczególnie przydatne w dydaktyce.

THE SELECTED MATERIAL HANDLING DEVICES DYNAMIC INVESTIGATION FOR DIDACTIC NEEDS

Summary. The paper aim is an integrated approach (methods, tools) to the dynamics investigations of the material handling devices with special focus on the project device life phase.

1. WSTĘP

Nowe wymagania stawiane przez modernizowany przemysł wymuszają przedsięwzięcia w zakresie kształtowania jakości urządzeń transportowych i przejmowania przez nie dodatkowych funkcji wspierających proces technologiczny. Z kształtowaniem jakości urządzeń wiążą się zagadnienia badania ich dynamiki. W artykule uwagę skoncentrowano na suwnicach pomostowych, wciągarkach i przenośnikach.

W rezultacie analizy polskiego piśmiennictwa z ostatnich lat stwierdza się, że uwaga autorów badających dynamikę suwnic (oraz wciągarek) koncentruje się między innymi na badaniu charakterystyk częstotliwościowych układów mechanicznych o parametrach rozłożo-

nych w sposób ciągły [3], modelowaniu obciążeń urządzenia od bocznych sił poziomych [7,14], symulacji sterowania jazdy suwnicy z kompensacją ukosowania oraz centrowania mostu względem osi jezdni [10,11], badaniach programowanych układów sterowania [16] i symulacji ich zastosowania w mechanizmie jazdy suwnicy dla dokładności pozycjonowania ładunku oraz mostu na torze [8], symulacji regulacji mocy hydrostatycznego napędu mechanizmu podnoszenia [2], dynamicznej ocenie sztywności suwnic bramowych na ukosowanie [7]. Syntezę stanu wiedzy i techniki w zakresie badań dźwignic przedstawiono w pracy [15]. Problematyka przenośników cięgowych [6] i taśmowych [1] w aspekcie badań dynamicznych koncentruje się przede wszystkim na badaniach napędów i elementów nośnych (taśmy, cięgna) [5,12].

Dla potrzeb modelowania zjawisk dynamicznych w wybranych urządzeniach transportowych budowane są wielomasowe złożone modele urządzeń. W praktyce inżynierskiej i dydaktyce wielomasowe modele urządzenia są trudne do wykorzystania w badaniach ich dynamiki. Dlatego też wprowadza się odpowiednie współczynniki bezpieczeństwa, które uwzględniają stany nieustalone w ograniczonym zakresie. Modele urządzeń są budowane dla potrzeb poznania lub rozwiązania określonego problemu i są rozłączne w rozumieniu integracji etapów życia urządzenia.

W historii *życia* urządzenia technicznego wyróżnia się etapy:

1. wartościowanie, w którym następuje specyfikacja i identyfikacja potrzeb i oczekiwań klienta oraz możliwości ich zaspokojenia poprzez urządzenie,
2. projektowanie, w którym kształtowane są pożądane cechy urządzenia: przydatność, bezpieczeństwo, niezawodność, dokładność, efektywność,
3. wytwarzanie, w którym osiągnęte są wymagane cechy urządzenia,
4. eksploatacja obejmująca: użytkowanie i obsługiwanie oraz modernizację.

Wyszczególnione etapy są najczęściej traktowane rozłącznie, a przepływ informacji jest utrudniony lub też nie ma zainteresowania personelu zaangażowanego w poszczególne etapy życia urządzenia do współdziałania. Spełnienie życzeń użytkownika w zakresie posiadania urządzenia technologicznego o cechach umożliwiających realizację określonego procesu technologicznego jest możliwe w rezultacie wspólnego wysiłku i współdziałania personelu zaangażowanego w poszczególne etapy jego życia (tabela 1).

Zintegrowany system badań eksploatacyjnych urządzenia przedstawiono w pracy [15]. System ten jest przydatny w badaniach urządzeń już eksploatowanych, a ponadto może być zastosowany na etapie wartościowania i projektowania dowolnego urządzenia oraz być przydatny na etapie jego wytwarzania. W artykule uwaga została skoncentrowana na etapie projektowania urządzenia.

Tabela 1
Podstawowe etapy życia urządzenia i realizowane cele

Fazy życia urządzenia	Cele
etap projektowanie	otrzymać produkt o wymaganym poziomie jakości
etap wytwarzanie	osiągnąć wymagany poziom jakości
etap eksploatacja	utrzymać wymagany poziom jakości

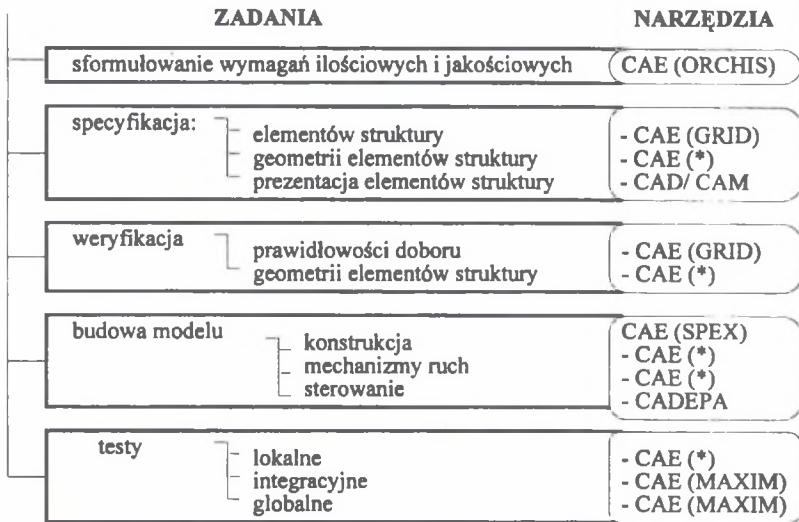
2. INTEGRACJA BADAŃ URZĄDZENIA

Na etapie projektowania wyróżnia się fazy: projektowania ogólnego i szczegółowego, kodowania oraz testów. Zagadnienie integracji etapu projektowania było przedmiotem pracy [15]. W rezultacie przedsięwzięć na etapie projektowania:

- formułuje się wytyczne do wytworzenia i eksploatacji urządzenia,
- weryfikuje się wymagania użytkownika z poziomem jakości urządzenia możliwym do osiągnięcia w wyniku doboru jego parametrów eksploatacyjnych i kompromisu pomiędzy istniejącymi możliwościami technicznymi i kosztami produkcji,
- formułuje się zasady sterowania parametrami eksploatacyjnymi urządzenia.

Na rysunku 1 przedstawiono etapy projektowania urządzenia, w których sformułowano zadania oraz przedstawiono narzędzia wspomagające. Narzędzia zaznaczone (*) zostały opracowane na potrzeby dydaktyczne (zajęć dla studentów na kierunku budowa i eksploatacja maszyn) dla wybranych urządzeń transportowych: suwnice, przenośniki, wciągarki [9,4].

Opracowane dla suwnic, przenośników i wciągarek dydaktyczne programy komputerowe (rysunek 2) umożliwiają specyfikację elementów struktury projektowanego urządzenia oraz ich weryfikację zgodnie z odpowiednim algorytmem obliczeń (np. dla przenośnika taśmowego będzie to program PRZETAS). Dla mechanizmów ruchu i konstrukcji wybranych urządzeń opracowano proste modele umożliwiające analizę zachowania się napędów w stanach nieustalonych (rozruch i hamowanie) oraz analizę zjawisk dynamicznych w mechanizmach jazdy i podnoszenia wciągarki przejezdnej (program DYNAMIKA) [4].

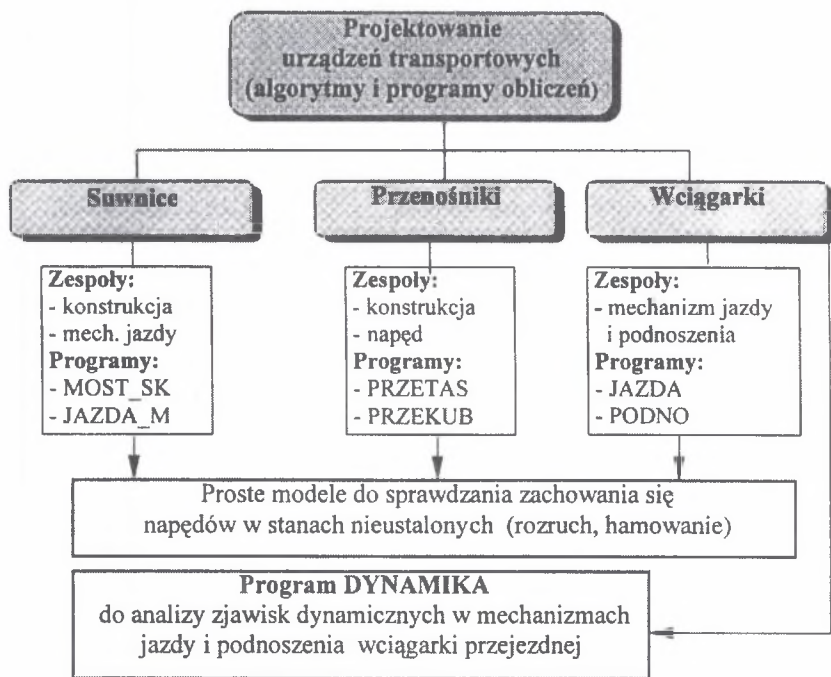


Rys. 1. Etap projektowania urządzenia: zadania i narzędzia wspomagające [15]

Fig. 1. Project phase of a device: aims and supported tools

3. PROGRAM DYNAMIKA

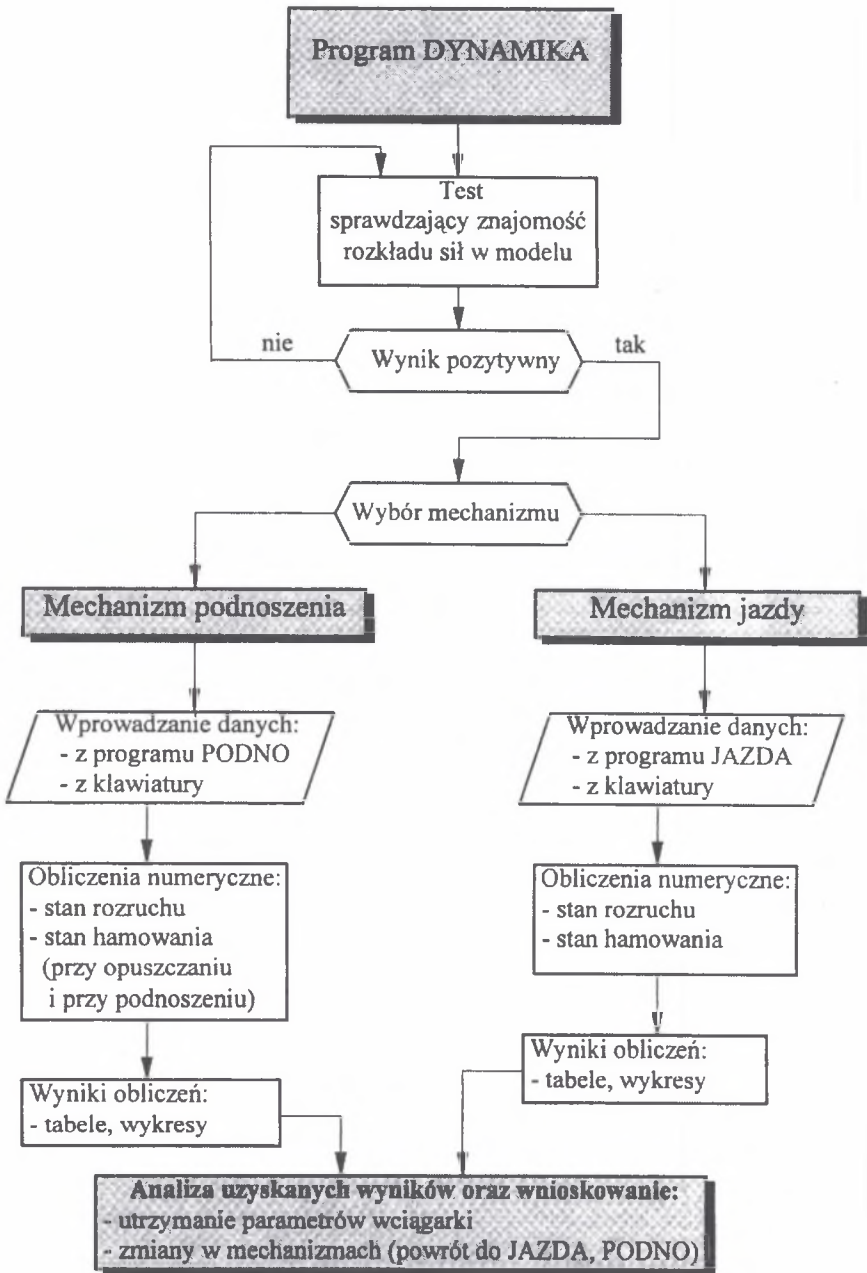
Podstawowym zadaniem programu DYNAMIKA jest badanie i analiza zjawisk dynamicznych mechanizmów podnoszenia i jazdy wciągarki. Schemat algorytmu obliczeń programu DYNAMIKA przedstawiono na rysunku 3. Obliczenia poprzedza test ze znajomości rozkładu sił (momentów) w zastosowanym modelu matematycznym. Warunkiem przejścia do dalszych obliczeń jest pozytywne odwzorowanie obciążeń badanego mechanizmu.



Rys.2. Schemat blokowy do projektowania i badania dynamiki urządzeń

Fig.2. Block scheme of project phase activities and dynamic investigation of the device

Danymi wejściowymi do badań są wyniki obliczeń projektowych mechanizmów wciągarki. Wyniki te mogą być uzyskane poprzez obliczanie „odręczne” lub z wykorzystaniem gotowych programów komputerowych JAZDA i PODNO. W pierwszej fazie obliczeń wyznaczane są wartości parametrów równań ruchu, uwzględniające rodzaj ruchu (rozruch, hamowanie) oraz dodatkowo kierunek ruchu (podnoszenie, opuszczanie), a także wartości początkowe dla każdej fazy ruchu. W obliczeniach uwzględniana jest ponadto struktura napędu (np. liczba stopni przełożenia reduktora, liczba gałęzi linowych). W zależności od zastosowanego sposobu obliczeń, uzyskane wyniki projektowania mogą być wprowadzane do programu z klawiatury (obliczenia „odręczne”) lub przesyłane automatycznie (obliczanie komputerowe - wyniki zapisane w pliku). Kartę potrzebnych do obliczeń danych wejściowych przedstawiono na rysunku 4.



Rys.3. Algorytm programu DYNAMIKA

Fig.3. Programme DYNAMIKA type algorithm

DANE DO OBLICZEN			
Mechanizm podnoszenia			
Wielkości zadane:			
Masa podnoszona	$mQ=...$	Wysokość podnoszenia	$H=...$
Prędkość podnosz.	$v_{pod}=...$	Luzy w linie	$\delta=...$
Wielkości dobrane i obliczone:			
Zblocze - masa	$mQ0=...$	Przekładnia	1-st. $i1=...$
Lina - średnica	$dl=...$	przełożenie	2-st. $i2=...$
- przekrój	$f=...$		3-st. $i3=...$
Wielokrążek-przeł.	$i_w=...$		sprawność jed.st. $etaz=...$
spraw.	$etaw=...$		spr.ham.jed.st. $etazh=...$
spraw.ham.	$etawh=...$		mom.bezwł.1-koła
Bęben-średnica	$Db=...$		2-koła $iz2=...$
mom.bezwładn.	$Ib=...$		3-koła $iz3=...$
sprawność	$etab=...$		4-koła $iz4=...$
spraw.ham.	$etabh=...$		5-koła $iz5=...$
Silnik - moc	$P=...$		6-koła $iz6=...$
obroty	$ns=...$		Hamulec-mom.hamow. $Mh=...$
mom.bezwł.w.	$Is=...$		Sprzęgło hamulcow. $Ish=...$
Sprzęgło przybęb.	$Isb=...$		
Mechanizm jazdy			
Wielkości zadane:			
Masa podnoszona	$mQ=...$	Wysokość podnoszenia	$H=...$
Prędkość jazdy	$v_{jaz}=...$	Luz zred.na wał	$\delta=...$
Wielkości dobrane i obliczone:			
Zblocze - masa	$mQ0=...$	Przekładnia	
Masa wózka	$mw=...$	przełożenie	$i=...$
Opory jazdy	$W=...$	sprawność	$eta=...$
Koła jezdne-średn.	$Dk=...$	spraw.ham.	$etah=...$
-masa	$mk=...$	Wał pędniany	
Silnik - moc	$P=...$	średnica	$dw=...$
- obroty	$ns=...$	długość	$Lw=...$
- mom.bezwład.	$Is=...$	Sprzęgło sil.mom.bez.	$Isp=...$
Hamulec-mom.ham.	$Mh=...$	wolnob.mom.bez.	$Isp1=...$
-mom.bezwł.	$Ih=...$	wolnob.mom.bez.	$Isp2=...$

Rys.4. Karta danych wejściowych programu DYNAMIKA
Fig.4. Input data card of the DYNAMIKA type programme

W kolejnych krokach algorytmu obliczeniowego wyznaczane są wartości współrzędnych mas, ich prędkości oraz wartości siły (momentu) w więzi dla poszczególnych faz ruchu. Przejście do następnej fazy zaznaczane jest w programie odpowiednim komunikatem. Uzyskane wyniki obliczeń są tablicowane i wyświetlane dla pierwszych 200 kroków (krok obliczeń ustalany jest w obliczeniach wstępnych z częstotliwości drgań własnych układu). Następnie sporządzane są wykresy przebiegu ruchu i zmian siły (momentu) przenoszonej przez więź. Ponadto na osiach wykresów zaznaczane są wartości ekstremalnych obciążeń (minimum, maksimum) więzi w badanym stanie nieustalonym. Wykresy mogą być zapisane

jako plik w formacie PCX. Zaproponowany program integruje proces projektowania mechanizmów wciągarki i badania zachowania się zaprojektowanej wciągarki w stanach nieustalonych.

4. WNIOSKI

W artykule przedstawiono zintegrowane podejście do analizy urządzenia transportowego w fazach jego życia, w szczególności w procesie projektowania. Sformułowano zadania w fazie projektowania oraz przedstawiono wspierające je narzędzia. Dla suwnic, wciągarek i przenośników opracowano algorytmy doboru i weryfikacji elementów struktury oraz proste modele umożliwiające badanie dynamiki zaprojektowanych urządzeń i mechanizmów.

Stwierdzono, że proste modele są przydatne w procesie dydaktycznym w zakresie komputerowo wspomaganego projektowania urządzeń transportowych oraz ich weryfikacji w następstwie badań przeprowadzonych w możliwych stanach nieustalonych. Bardziej rozbudowane wielomasowe modele z pewnością przyczyniają się do dokładniejszego opisu zjawisk dynamicznych. Jednakże w dydaktyce przy projektowaniu urządzeń utrudniają analizę i wnioskowanie.

LITERATURA

1. Antoniak J.: Obliczenia przenośników taśmowych. Politechnika Śląska, Skrypty Uczelniane, nr 1683, Gliwice 1992.
2. Bednarski S., Cink J., Tomczyk J.: Regulacja mocy w mechanizmie podnoszenia dźwigni. *Maszyny Dźwigowo - Transportowe*, 4, 1996, s.46-54.
3. Buchacz A., Pasek M.: Hipergrafy macierzowe w modelowaniu układów mechanicznych o parametrach rozłożonych w sposób ciągły. *Materiały IX Konferencji nt.: „Problemy rozwoju maszyn roboczych”*, i VIII Konferencji Naukowej nt.: „Problemy w konstrukcji i eksploatacji maszyn hutniczych i ceramicznych”, Zakopane 1996, z. II, s.13-20.
4. Chodacki J., Michłowicz E., Stupnicki S.: Komputerowo wspomaganie projektowanie wciągarki suwnicy. Skrypt AGH, Kraków 1998 (w druku).

5. Gallina R.: Decreasing tensions in a belt conveyor by using multiple-pulley drives. The International Journal of Storing, Handling and Transporting Bulk, v.II, no 4, Nov.91. p.829 - 837.
6. Goździecki M.: Przenośniki cięgnowe do transportu pionowego materiałów sypkich. PWN, Warszawa 1990.
7. Grabowski E., Stefanuk W.: Metoda dynamiczna oceny sztywności na zukosowanie suwnic bramowych. Dozór Techniczny, 4, 1994, s. 78-79.
8. Grudziecki J., Kosucki A., Malenta P., Uciński J.: Analiza parametryczna modelu mechanizmu jazdy suwnicy sterowanej programowo. Materiały X Konferencji Naukowej nt.: „Problemy rozwoju maszyn roboczych”, Zakopane 1997, z. 2, s.403-412.
9. Michłowicz E.: Programy komputerowe do projektowania urządzeń transportowych. Opracowanie wewnętrzne AGH, Kraków 1997.
10. Nowak A.: Badanie dynamiki jazdy suwnicy pomostowej przy uwzględnieniu zjawiska odbicia. Maszyny Dźwigowo - Transportowe, t. 2, 1996, s.5-14.
11. Nowak A., Wojnarowski J.: Mechatroniczny model ruchu sterowanego suwnicy pomostowej. X Konferencja Naukowa „Problemy rozwoju maszyn roboczych, Zakopane styczeń 1997, Z 1, s.193-200.
12. Spaans C.: The calculation of the main resistance of belt conveyors. The International Journal of Storing, handling and Transporting Bulk, v.II, no 4, Nov.1991, p. 809 - 826.
13. Szpytko J., Morel G., Lhoste P., Mayer F.: Integracja faz życia urządzenia. Mat. XI Międzynarodowego Sympozjum nt.: Zastosowanie teorii systemów, Zakopane 1995.
14. Szpytko J.: Modelling and simulation methods of large-size rails' material handling systems. Modelling, Identification & Control, IASTED ACTA PRESS no 196. M.H.Hamza ed., Zurich 1992, p.201-202.
15. Szpytko J.: Zintegrowany system nadzorowania wybranych parametrów eksploatacyjnych wielkogabarytowych szynowych urządzeń transportowych na przykładzie zautomatyzowanej suwnicy pomostowej. Uczelniane Wydawnictwa Naukowo-Dydaktyczne AGH, seria Rozprawy i Monografie, nr 46, Wyd. AGH, Kraków 1996, ISSN 0867-6631.
16. Uciński J., Grudziecki J., Malenta P.: Badania stanowiskowe programowego układu sterowania. Dozór Techniczny, t.2, 1996, s.25-27.

Abstract

The paper aim is an integrated approach to the dynamics investigations of the material handling devices with special focus on the project device life phase. For the selected transport devices (e.g. cranes, conveyers) usefully methodology, tools and algorithms supported activities under project phase have been presented. Authors also are proposing software tools supported project activities and dynamic investigation of devices and their mechanisms for engineering education needs.