

Jerzy TOMCZYK

AUTOMATYZACJA MASZYN TRANSPORTU BLISKIEGO

Streszczenie. W referacie przedstawiono problemy automatyzacji maszyn roboczych, pracujących jako środki transportu bliskiego. Pojawienie się nowych koncepcji oraz środków transportu dalekiego, takich jak szybki kontenerowiec oraz kombinowany transport lądowy przyspiesza rozwój automatyzacji maszyn transportu bliskiego. Określono zasadnicze zmiany w budowie układów napędowych oraz sterowania i monitorowania maszyn.

THE AUTOMATIZATION OF THE TRANSPORT MACHINES

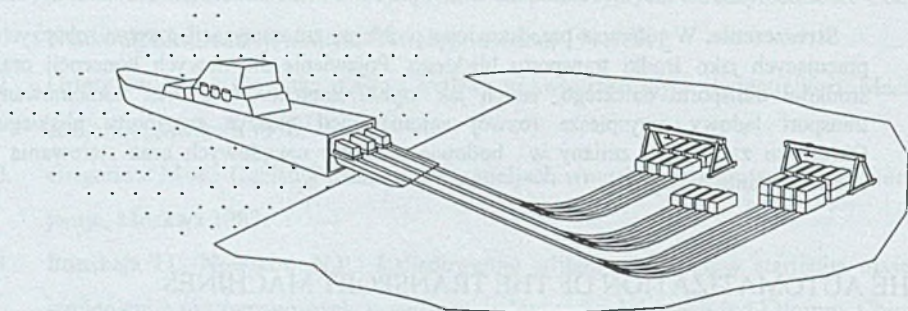
Summary. The problems of the automation of the materials handling machines have been presented in the paper. The new conceptions of the long - distance transport technology and facilities as a fast container ship and combine of the road - railway transport activate the development of the materials handling machine automation. The principal changes of the drives, control and monitoring systems of the handling machines have been determined in the paper.

1. WSTĘP

Maszyny transportu bliskiego z grupy dźwignic stanowią ogniwo w łańcuchu transportowym materiałów obejmujących połączenia sfer produkcji, magazynowania, konsumpcji, przetwórstwa oraz składowania i utylizacji odpadów. Głównymi elementami łańcucha transportowego są środki transportu dalekiego, takie jak samochody, koleje i statki. Maszyny dźwigowe, obsługujące załadunek i rozładunek środków transportu dalekiego, mają przystosowaną budowę i technologię wykonywanych czynności transportowych do budowy i technologii środków transportu dalekiego, a także do stopnia organizacji tego transportu. Obserwowane ostatnio tendencje zmian w technologii transportu dalekiego, a także w budowie środków tego transportu wskazują na konieczność automatyzacji maszyn obsługujących transport bliski.

2. ZMIANY W BUDOWIE ŚRODKÓW I TECHNOLOGII TRANSPORTU DALEKIEGO

Przykładem zmian, ukierunkowanych przede wszystkim na zdecydowany wzrost prędkości transportu dalekiego w transporcie morskim, może być opracowany w Stanach Zjednoczonych i opatentowany szybki statek do przewozu kontenerów. Statek taki oraz ogólna technologia jego załadunku przedstawiona jest schematycznie na rys. 1.



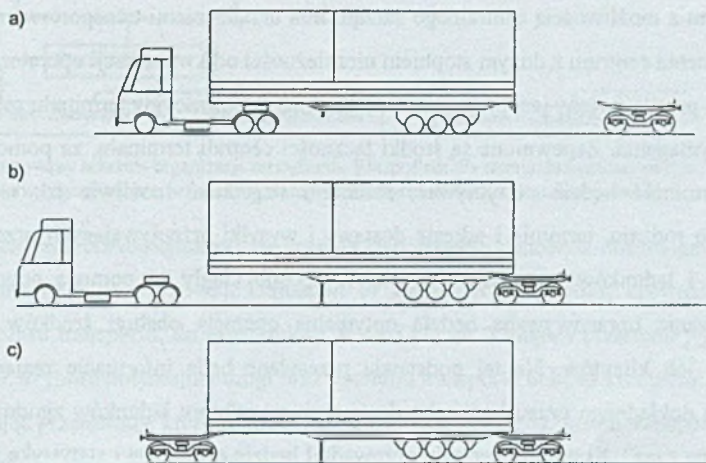
Rys. 1. Szybki statek kontenerowy i technologia jego załadunku
Fig. 1. Fast container ship and it's loading technology

Specjalnej konstrukcji kadłub oraz strumieniowy silnik wodny, napędzany turbiną gazową, umożliwia osiągnięcie prędkości maksymalnej 45 węzłów (ok. 80 km/h), przy czym przewidyuje się średnią prędkość transportową takich statków wynoszącą ok. 40 węzłów. Jest to prędkość dwukrotnie większa od występującej obecnie średniej prędkości kontenerowców. Oznacza to możliwość skrócenia czasu dostarczenia drogą wodną kontenerów z Ameryki do Europy do jednego tygodnia, gdy obecnie transport ten zajmuje od 14 - 35 dni. Tak znaczący wzrost prędkości transportu morskiego jest możliwy również ze względu na dużą stateczność statku nawet przy 5-metrowej fali oceanicznej. Zainstalowana moc napędu jest oczywiście znacznie większa. Napęd turbinami gazowymi silników strumieniowych pozwala jednak na uzyskanie wysokiej sprawności, małej masy napędu i znaczne ograniczenie emitowanych zanieczyszczeń w stosunku do tradycyjnych napędów silnikami wysokoprężnymi. Małe gabaryty umieszczonego pod pokładem transportowym napędu statku pozwalają na uzyskanie dużej przestrzeni ładunkowej oraz załadunek i rozładunek statku od rufy kontenerami wtaczanymi po szynach, co eliminuje transport pionowy przy bezpośrednim załadunku statku.

Uzyskana duża prędkość i skrócenie czasu transportu morskiego wymusza przyspieszenie czasu rozładunku i załadunku statku w porcie. Wymaga to odpowiedniej organizacji i

automatyzacji maszyn obsługujących terminal kontenerowy. Konieczne stanie się opracowanie nowej koncepcji systemu transportu poziomego w komunikacji statek - plac kontenerowy i opracowanie nowych konstrukcji maszyn i urządzeń realizujących ten transport oraz automatyzacja pracy maszyn przygotowujących kontenery do załadunku poziomego.

Tendencję wzrostu prędkości transportu dalekiego możemy zaobserwować także w transporcie lądowym. W tym przypadku zmiany idą w kierunku zastosowania transportu kombinowanego: drogowo-kolejowego przy jednoczesnym wzroście prędkości pociągów towarowych. Zmiany systemowe mają doprowadzić do transportu lądowego z zastosowaniem pociągu bimodalnego. Kolejne fazy formowania takiego pociągu przedstawione są na rys. 2abc.



Rys. 2. Formowanie pociągu bimodalnego
Fig.2. The combining of the bi - modal train

Wymagane są tu specjalnej konstrukcji naczepy samochodowe, łączone w pociąg bimodalny na specjalnych, dwuosiowych wózkach wagonowych. Pozwoli to na eliminację konieczności użycia maszyn transportu bliskiego na terminalach drogowo - kolejowych. W tym przypadku automatyzacja może dotyczyć maszyn i urządzeń transportu bliskiego rozładujących i załadunku w dostawcy i odbiorcy naczep.

3. PROGNOZOWANE ZMIANY TRANSPORTU BLISKIEGO MORSKICH TERMINALI KONTENEROWYCH

Wzrost prędkości statków kontenerowych stwarza konieczność skrócenia czasu załadunku i rozładunku kontenerów na statek na terminalu morskim. Wymaga to zmian w organizacji transportu bliskiego oraz automatyzacji i monitorowania maszyn i urządzeń przeładunkowych.

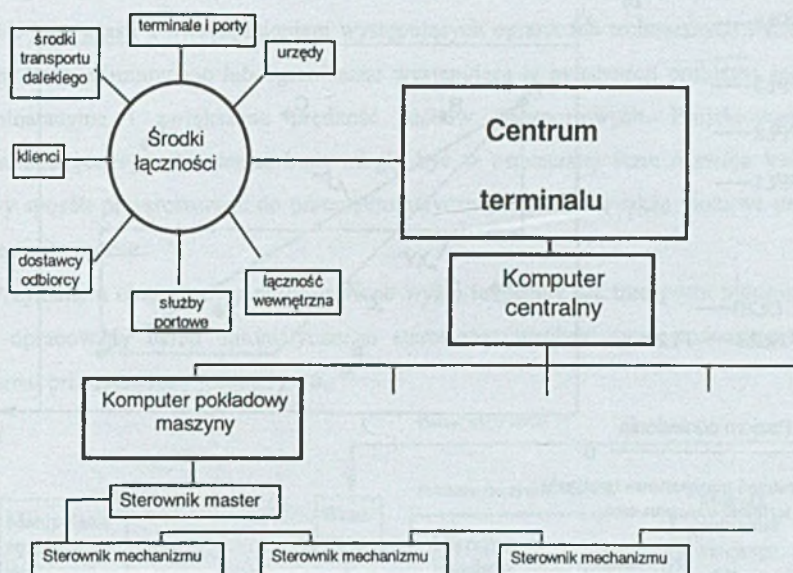
3.1. Organizacja portowego terminalu kontenerowego

Terminal portowy, obsługujący statki nowej generacji musi posiadać optymalną organizację transportu z możliwością centralnego zarządzania urządzeniami transportowymi wykonującymi polecenia centrum z dużym stopniem niezależności od kwalifikacji operatorów.

Na rys. 3 przedstawiony jest prognozowany schemat organizacyjny terminalu spełniającego stawiane wymagania. Zapewnione są środki łączności centrali terminalu, za pomocą których centrum terminalu będzie otrzymywać, zbierać i uzgadniać możliwie jak najwcześniej informacje o rodzaju, terminie i adresie dostawy i wysyłki przepływających przez terminal kontenerów i ładunków znormalizowanych. W sposób ciągły za pomocą odpowiedniego oprogramowania opracowywana będzie optymalna operacja obsługi środków transportu dalekiego i ich klientów. Na tej podstawie przesyłane będą informacje mające na celu uzgodnienie dokładnego czasu i sposobu dostarczenia i odbioru ładunków zgodnie z zasadą „dokładnie na czas”. Komputer centralny prowadzi będzie ewidencję i statystykę przepływających ładunków i opracowywał zadania rozładunku lub załadunku środków transportu dalekiego dla maszyn obsługujących terminal. W odpowiednim czasie informacje te będą przesyłane do komputerów pokładowych maszyn i urządzeń terminalu dla realizacji ich zadań. Komputer pokładowy danej maszyny będzie zarządzał pracą poszczególnych mechanizmów przesyłając odpowiednie rozkazy do ich sterowników.

Cała przestrzeń transportowa terminalu będzie zorganizowana w sposób przedstawiony na rys.4.

W płaszczyźnie pionowej przestrzeń będzie podzielona numerycznie na odpowiednie poziomy przemieszczeń ładunków w ich ruchach poziomych (PPŁi – rys. 4a). Określone zostaną także poziomy dostawiania (DŁ) i pobierania (PŁ) ładunku oraz automatycznego lub ręcznego jego rozłączania (RŁ).



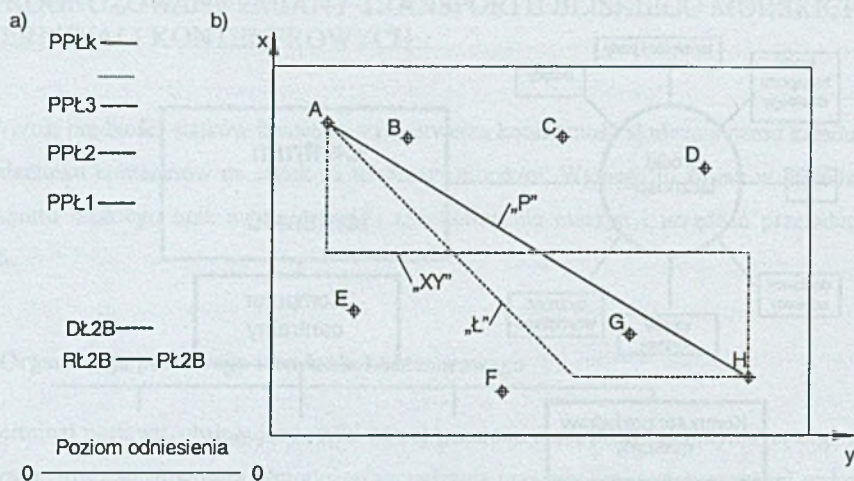
Rys. 3. Prognozowany schemat organizacji zarządzania transportem dla terminalu kontenerowego
 Fig. 3. Prognostic organisation schema of the transport management for the container terminal

W płaszczyźnie poziomej określone zostaną współrzędne stanowisk dostawiania i pobierania ładunków (A,B,... - rys. 4b). Umożliwi to automatycznie wybór, optymalnej według kryterium czasu transportu, drogi ładunku („P”, „XY”, „L”) między punktami jego poboru i dostawiania. Wyboru optymalnej drogi oraz poziomu transportu dokona komputer pokładowy, uwzględniając przeszkody, które znalazły się na odpowiednich poziomach transportu.

Odpowiednia dla wybranego poziomu mapa transportu realizowanego za pomocą suwnicy kontenerowej z zaznaczoną wybraną drogą oraz aktualną pozycją ładunku widoczna będzie dla operatora na monitorze komputera pokładowego, jak przedstawiono to na rys. 5

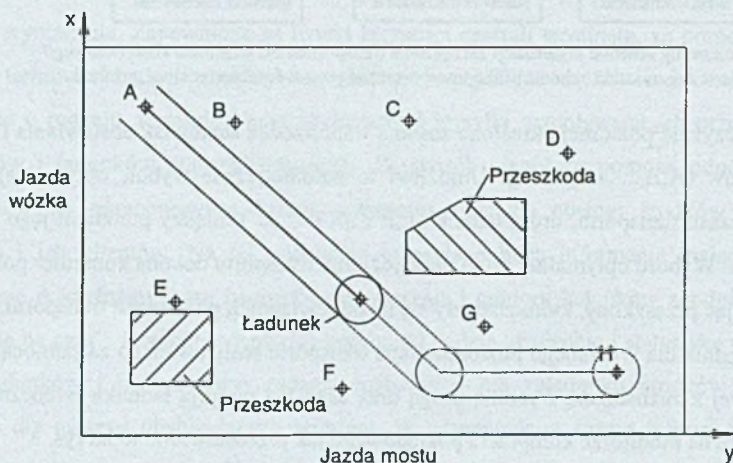
Daje to również operatorowi pogląd na możliwości transportu ładunku na określonym poziomie przemieszczenia w przypadku przejścia na sterowanie ręczne, ponieważ w trakcie podnoszenia zmieniają się mapy uwidaczniające istniejące przeszkody dla ładunku o określonych wymiarach.

Przedstawiona prognoza organizacji transportu bliskiego na kontenerowym terminalu morskim oznacza konieczność automatycznego pozycjonowania ładunków. Wymaga to odpowiedniej budowy układów napędowego i sterowania maszyną z zastosowaniem płynnego sterowania prędkością ruchów roboczych.



Rys. 4. Przestrzeń transportowa terminalu

Fig. 4. The terminal transport area



Rys. 5. Mapa pola transportu poziomego ładunku

Fig. 5. The map of the horizontal load transport

3.2. Automatyzacja pracy maszyn transportu bliskiego

Przystosowane do nowych wymagań maszyny transportu bliskiego będą pracowały w początkowych fazach rozwoju automatyzacji w systemach półautomatycznych z nadzorem operatora, którego praca będzie wspomagana przez mikroprocesory pokładowe.

czasu transportu pionowego uzyskano dzięki zastosowaniu quasi-regulatora stałej mocy, który na podstawie pomiaru masy ładunku dokonywanego w początkowej fazie podnoszenia dostosowuje prędkość podnoszenia zasadniczego ładunku, tak aby moc zainstalowana w mechanizmie była w pełni wykorzystana.

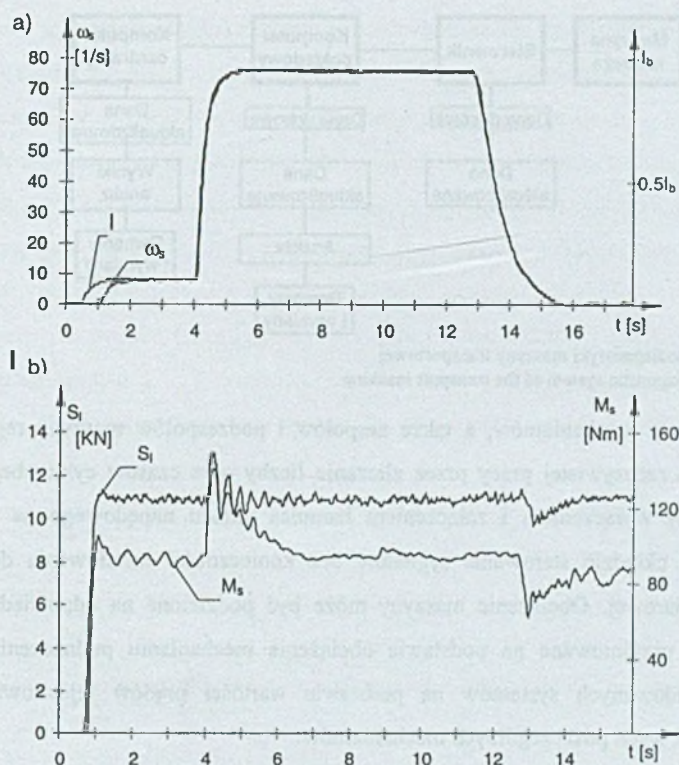
Pozycjonowanie ładunku i zawiesia z wymaganą dokładnością uzyskano dzięki zastosowanej regulacji przemieszczenia, przy czym strefa regulacji przemieszczenia położona jest w pobliżu poziomów dostawiania ładunku. Regulacja przemieszczenia wywiera również duży wpływ na zmniejszenie obciążeń dynamicznych przy hamowaniu układu.

Ograniczenie obciążeń dynamicznych przy rozruchu uzyskano przez zastosowanie kasowania luzów kinematycznych więzi i małych prędkości podnoszenia w początkowej fazie ruchu, w której dokonuje się także pomiaru masy ładunku.

Opracowany układ automatycznego sterowania mechanizmem podnoszenia pozwala także na rozwiązanie problemów autodiagnostyki pracy mechanizmu.

Efekty automatyzacji mechanizmu widoczne są doskonale na uzyskanych eksperymentalnie przebiegach przedstawionych na rys. 7, uzyskanych przy podnoszeniu ładunku z podłoża do zadanego położenia.

Na rys. 7a można zaobserwować rozruch mechanizmu do małej prędkości podnoszenia (proporcjonalnej do mierzonej prędkości kątowej silnika ω_s), wzrost prędkości po dokonaniu pomiaru masy ładunku z łagodnym przejściem do jej maksymalnej, wynikającej z zasady stałej mocy wartości, a następnie zmniejszanie prędkości z łagodnym dojazdem do zadanego położenia w strefie regulacji przemieszczenia ładunku. Zamieszczone na rys. 7b przebiegi czasowe momentu na wale silnika M_s oraz siły w linach S_1 świadczą o znacznym, w stosunku do klasycznych układów napędowych, zmniejszeniu współczynników dynamicznych. Przeciążenia momentu nie przekraczają 30%, a przeciążenia siły w linach 10% wartości obciążeń statycznych tych elementów.

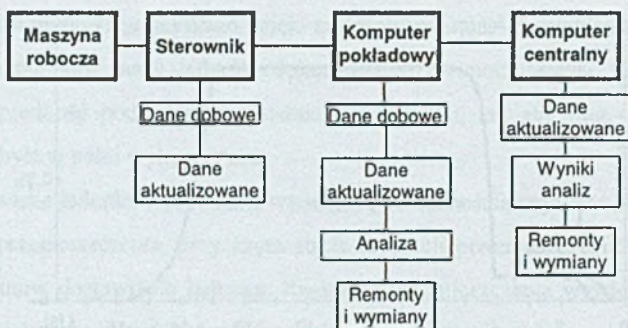


Rys. 7. Badania eksperymentalne mechanizmu podnoszenia
 Fig. 7. The experimental tests of the hoisting winch

3.3. Monitorowanie pracy maszyn i urządzeń terminalu

Wprowadzenie automatycznego sterowania pracą maszyn transportowych umożliwi nie tylko prowadzenie statystyki dokonywanych przeładunków, ale również wprowadzenie autodiagnostyki ich pracy. Pozwoli to na racjonalne określanie terminów przeglądów i remontów w oparciu o zbierane dane statystyczne.

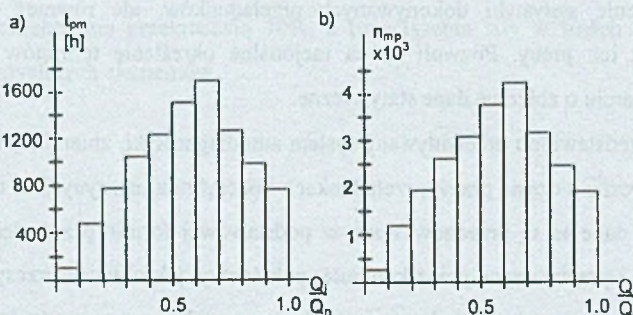
Na rys. 8 przedstawiono przewidywany system autodiagnostyki, zbierający i przechowujący dane statystyczne o czasie pracy, przeładunkach i obciążeniu maszyny. Dla odpowiedniego zabezpieczenia dane te są przechowywane w podstawowej formie przez sterownik układu oraz przesyłane i przetwarzane przez komputer pokładowy, jak również przesyłane w formie przetworzonej do komputera centralnego, zarządzającego całym procesem transportowym.



Rys. 8. System autodiagnostyki maszyny transportowej
Fig. 8. The auto-diagnostic system of the transport machine

Dla każdego z mechanizmów, a także zespołów i podzespołów maszyny rejestrowany może być czas rzeczywistej pracy przez zliczanie liczby oraz czasów cykli obejmujących okres pomiędzy wyłączeniem i załączeniem hamulca układu napędowego na podstawie istniejących w układzie sterowania sygnałów bez konieczności instalowania dodatkowej aparatury pomiarowej. Obciążenie maszyny może być podzielone na odpowiednią liczbę przedziałów i przyjmowane na podstawie obciążenia mechanizmu podnoszenia lub dla bardziej rozbudowanych systemów na podstawie wartości prądów rejestrowanych dla silników napędowych poszczególnych mechanizmów.

Na rys. 9 przedstawiono przykładowe diagramy czasów pracy t_{pm} w cyklach oraz liczby cykli n_{mp} , zliczane w skojarzeniu z przedziałami obciążenia Q mechanizmu podnoszenia. W rezultacie obliczeń można dla danego okresu czasu oraz w trybie aktualizowanym otrzymać informacje o rzeczywistym czasie pracy zespołu i podzespołu oraz o liczbie cykli pracy w danym przedziale obciążenia.



Rys. 9. Diagramy pracy mechanizmu podnoszenia. a) czas pracy, b) liczba cykli
Fig. 9. The hoisting mechanism work diagram. a) the time of work, b) number of cycles

Autodiagnostyka daje możliwość porównania aktualnego stanu pracy maszyny i jej mechanizmów ze stanem normatywnym przewidywanym przy projektowaniu. Możliwe staje się określenie terminów przeglądów i remontów kapitalnych lub wymiany podzespołów dla założonej dla maszyny grupy natężenia pracy, wynikającej w przypadku mechanizmów z zakładanej klasy jego wykorzystania oraz klasy obciążenia. Możliwe staje się również uzyskanie dodatkowych informacji, takich jak średnie obciążenie cyklu pracy mechanizmu i maszyny.

4. PODSUMOWANIE

Nowe rozwiązania środków transportu morskiego oraz technologie transportu lądowego ukierunkowane są przede wszystkim na wzrost prędkości i skrócenie czasu transportu. Wymusi to konieczność zwiększenia prędkości ruchów roboczych mechanizmów maszyn transportu bliskiego oraz zmian w technologii tego transportu. Cele te można osiągnąć wprowadzając nowe układy napędowe z płynnym sterowaniem prędkością ruchów roboczych, co umożliwi automatyzację maszyn i zmiany technologii przenoszenia ładunków. Sterowanie automatyczne lub półautomatyczne pozwoli na rozwiązanie podstawowych problemów maszyn transportowych, takich jak ograniczenie obciążeń dynamicznych przy rozruchu i hamowaniu, pozycjonowanie ładunku z wymaganą dokładnością, zmniejszenie czasu transportu. Możliwe staje się także monitorowanie i autodiagnostyka pracy maszyn pozwalająca na statystykę przenoszonych ładunków oraz racjonalne planowanie przeglądów, remontów i wymiany podzespołów.

Literatura

1. Bednarski S, Cink J.: Regulacja mocy w mechanizmie podnoszenia dźwignicy. Konferencja Naukowo-Techniczna Napędy Maszyn Transportowych. Ustroń Śląski, wrzesień 1996.
2. Bednarski S, Malenta P.: Model i badania symulacyjne oraz eksperymentalne wciągarki bębnowej z napędem falownikowym. III Konferencja Okrętownictwo i Oceanografia. Międzyzdroje 1997.
3. Chrzanowski P.: Gromadzenie danych z badań diagnostycznych maszyn, na przykładzie narzędzia opracowanego z użyciem MS ACCESS. VIII Konferencja „Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych”, Zakopane 1995.

4. Cink J., Tomczyk J.: Rozwiązanie podstawowych problemów transportu wiotko podwieszonych ładunków suwnicami sterowanymi numerycznie. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria: TRANSPORT z. 33, 1998.
5. Giles D. L.: Statki przyszłości. Świat Nauki, Nr 12, 1996.
6. Metelski J.: Po szynach po drogach. Wiedza i Życie, Nr 11, 1997.
7. Oziemski S.: Prognoza rozwoju systemu budowy maszyn roboczych. Problemy Maszyn Roboczych Nr 1/1993 - KBM-PAN.
8. Tomczyk Jerzy: Problemy automatyzacji krajowych maszyn roboczych. Problemy Maszyn Roboczych, Komitet Budowy Maszyn PAN, z.4, vol. 4. Warszawa 1994.
9. Tomczyk Jerzy: System zbierania danych statystycznych pracy i obciążeń dźwigni w procesie eksploatacji. X Konferencja „Problemy Rozwoju Maszyn Roboczych”, Zakopane 1997.
10. Tomczyk J i inni.: Badania dynamiki maszyn dźwigowo-transportowych sterowanych za pomocą mikroprocesorów. Praca badawcza KBN nr 7 T07C 028 09, Łódź-Bytom 1998.
11. Tomczyk J.: Tendencje rozwojowe w budowie dźwignic i maszyn transportowych. Problemy Maszyn Roboczych. Kolegium Twórczości Technicznej Akademii Inżynierskiej w Polsce. s.23-40. Warszawa 1998.
12. Tomczyk J., Cink J.: The Optimisation of the Flexibly Suspended Loads Transport by Microprocessor Controlled Overhead Cranes. Computer Aided Optimum Design of Structures VI. WITpress, Southampton, Boston, p.43-54, 1999.
13. Wojnarowski J., Gierlotka K.: O ewolucji sterowania w systemach maszyn roboczych. Problemy Maszyn Roboczych, Z. 10, Vol. 10, Warszawa 1997.