ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1975

Seria: Mechanika z. 53 Nr kol. 439

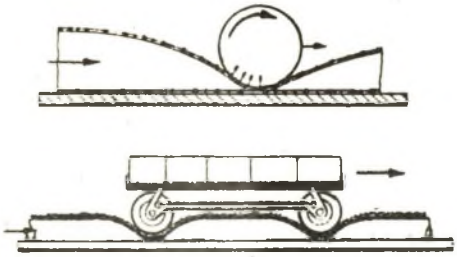
Wojciech Pillich
Instytut Podstaw Konstrukcji Maszyn

KONCEPCJA I MOŻLIWOŚCI TRANSPORTU PERYSTALTYCZNEGO

Streszczenie. W oparciu o zaproponowany w literaturze perystaltyczny sposób transportu wykonano stanowisko badawcze, na którym przeprowadzono badania oporów ruchu i siły napędowej transportowego urządzenia wózkowego w wersji normalnej i zmodyfikowanej, tzn. przy pełnym i częściowym przekazywaniu obciążenia na przewody elastyczne. Badania zrealizowano przy przewodach gumowych oraz z PCW. Dokonano porównania wyników badań dla obu wersji.

1. Zasada transportu perystaltycznego

W ostatnich latach został opracowany nowy sposób transportu zwany "perystaltycznym" [1]. Zgodnie z ideą tego transportu zespół ruchomy wspiera się na przewodzie lub przewodach elastycznych (rys. 1), całkowicie ściśniętych pod wpływem ciężaru własnego zespołu i ciężaru przemieszczanego ładunku. Do przewodu doprowadzany jest sprężony płyn, który powoduje "spychanie" zespołu ruchomego w kierunku mniejszego ciśnienia w przewodzie.

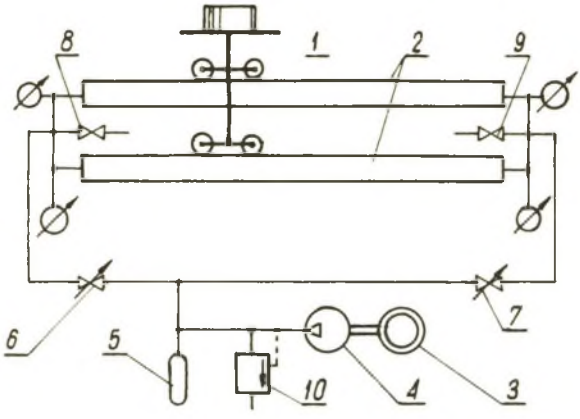


Rys. 1. Zasada napędu perystaltycznego [1]

Przewód może być goły, lub posiadać umieszczone na górnej powierzchni elementy ułatwiające przemieszczanie, dostosowane do postaci konstrukcyjnej zespołu ruchomego. Schematy możliwych rozwiązań konstrukcyjnych zawierają prace [1,2].

2. Stanowisko badawcze i zakres badań

Sprawdzenie możliwości transportu po przewodach elastycznych oraz określenie niektórych parametrów przenośników perystaltycznych zostało dokonane na stanowisku badawczym (rys. 2). Wózek czterokołowy 1 porusza się



Rys. 2. Schemat stanowiska badawczego:
1 - wózek, 2 - przewody elastyczne, 3 - silnik, 4 - sprężarka, 5 - zbiornik powietrza, 6, 7 - zawory regulacyjne, 8, 9 - zawory odcinające, 10 - zawór bezpieczeństwa

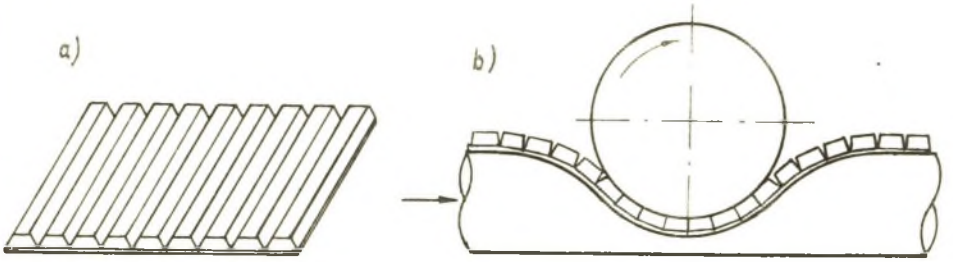
po przewodach elastycznych 2 zasilanych powietrzem ze sprężarki 4, napędzanej silnikiem elektrycznym 3 o mocy 0,6 kW. W układzie zasilającym znajduje się ponadto zbiornik powietrza 5, zawory odcinające od 6 do 9 zawór bezpieczeństwa 10 oraz manometry. Ruch wózka z lewej strony na prawą będzie możliwy po zamknięciu zaworów 7 i 8 oraz otwarcia zaworów 6 i 9. Otwarcie zaworu 9 powoduje połączenie prawych końców przewodów z atmosferą. Regulując przepływ powietrza zaworem 6 można zmieniać prędkość przejazdu wózka 1. Zmiana kierunku ruchu wózka nastąpi po zamknięciu zaworów 6 i 9 oraz otwarciu zaworów 8 i 7. Dla zachowania kierunku ruchu wózek wyposażono w rolki prowadzące.

Na stanowisku przeprowadzono badania możliwości transportu, oporów ruchu i siły napędowej przy stosowaniu różnych przewodów elastycznych, zmiennych obciążeń wózka i zmienianych postaciach konstrukcyjnych wózka. Ciężar wózka wynosił 7 kG, natomiast obciążenia dodatkowe zmieniano w zakresie od 5 do 60 kG, uzyskując łączne obciążenie od 12 do 67 kG. Średnica kół tocznych wynosiła 75 mm.

Opory ruchu mierzono obciążając wózek poziomą siłą pochodzącą od przewiniętego przez krążek cięgna, na końcu którego umieszczono talerzyk z odważnikami. Siłę napędową mierzono pośrednio poprzez tensometryczny pomiar odkształceń wspornikowo zginanej stałej belki, której koniec połączono z wózkiem za pomocą cięgna. Pomiary wykonywano więc dla wózka w stanie spoczynku. Odczytu odkształcenia belki oraz ciśnienia powietrza w przewodzie przed wózkiem dokonywano w momencie, gdy wystąpiły przedmuchy powietrza pod kołami wózka powodujące określony, niewielki wzrost ciśnienia w połączonej z atmosferą częścią przewodu za wózkiem.

Przedstawione badania prowadzono ze zbliżonymi rozmiarowo przewodami: gumowym o średnicy wewnętrznej 18 mm i grubości ścianki 1 mm oraz z PCW o średnicy 20 mm i grubości ścianki 1 mm.

Oprócz przewodów gołych, badaniom poddano także przewód gumowy i z PCW, do których przymocowano nakładki stanowiące bieżnię dla kół wózka.



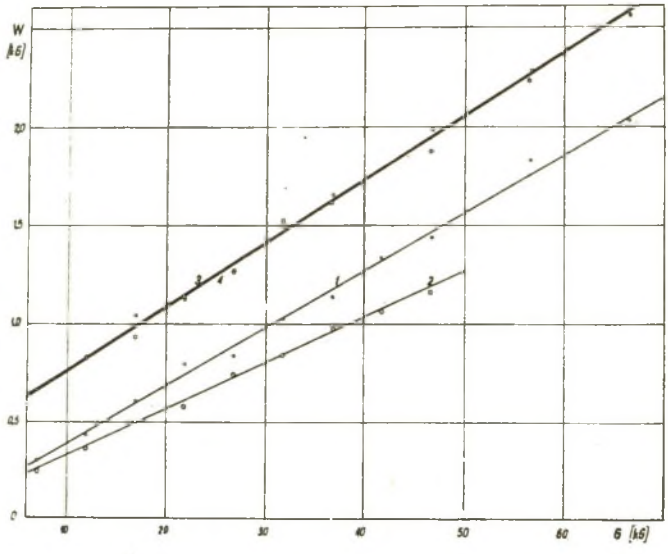
Rys. 3. Zastosowanie nakładki na przewód elastyczny:
a) nakładka, b) przewód z nakładką współpracujący z kołem

Nakładki połączono z przewodem nieprzesuwnie. Umożliwiały one jednak odkształcenie przewodu podczas przejazdu kół wózka. Na rysunku 3 przedstawiono taką nakładkę oraz odkształcony pod kołem przewód elastyczny. Nakładka składa się z elementów o przekroju trapezowym, wykonanych z twardego tworzywa, połączonych ze sobą taśmą. Całość umocowana została na górnej powierzchni położonego przewodu.

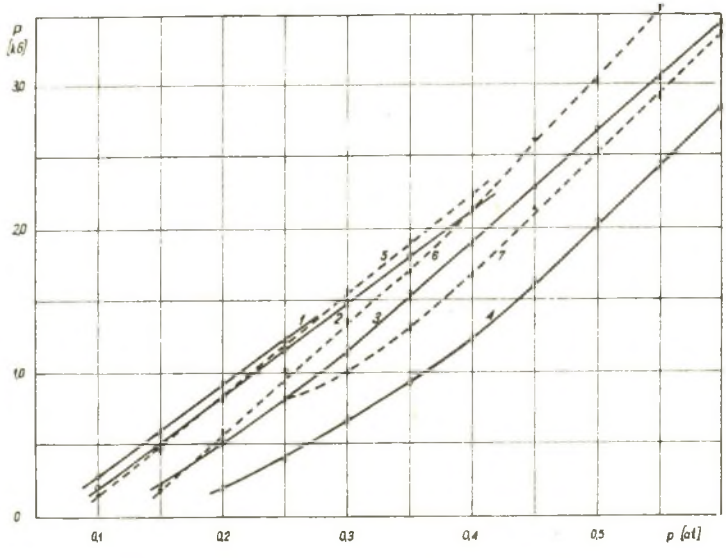
3. Parametry urządzeń transportowych z napędem perystaltycznym

a) Koncepcja dotychczasowa

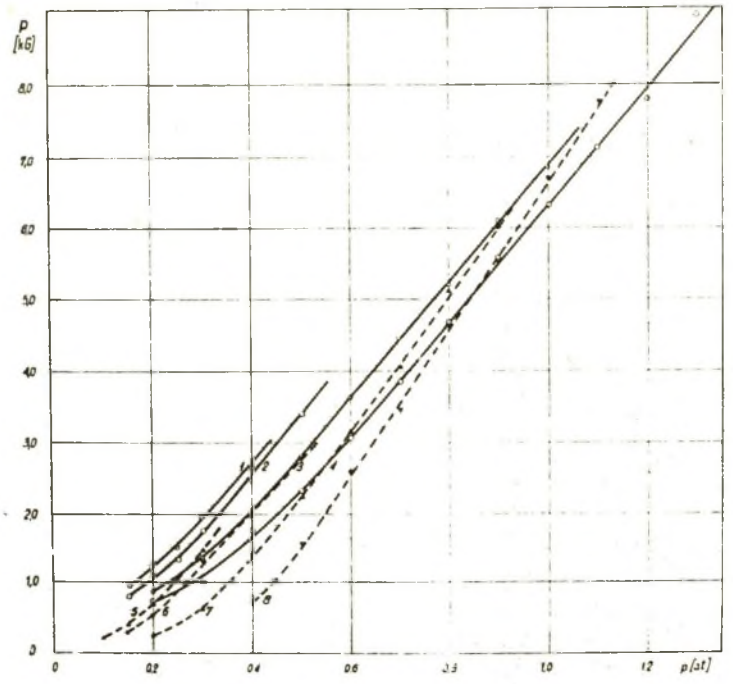
Badania na stanowisku badawczym zgodnie z dotychczasową koncepcją transportu [1] polegającą na przekazywaniu pełnego obciążenia na przewody elastyczne przeprowadzono w dwóch etapach. Badania wstępne w pełni potwierdziły możliwość transportu według nowego sposobu. Wykazano jednak konieczność spełnienia wymagań dotyczących ciężaru wózka oraz najmniejszego i największego ciśnienia w przewodach elastycznych. Nie stwierdzono wpływu średnic kół tocznych w zakresie od 40 mm do 160 mm na działanie przenośnika. W drugim etapie dokonano ścisłych badań, których celem było określenie oporów ruchu oraz siły napędzającej wózek. Wyniki badań przedstawiono na rysunkach 4, 5 i 6. W wyniku zastosowania nakładek na przewodach gumowych stwierdzono zmniejszenie oporów ruchu o 15 do 20% oraz brak wpływu nakładek na opory ruchu po przewodach z PCW. Opory ruchu po gumie są o 20 do 50% mniejsze (zależnie od ciśnienia w przewodzie) niż po PCW. Siły napędowe dla gołych przewodów z PCW są większe niż dla gumowych. Wpływ nakładki na przewodzie gumowym na siłę napędową uwidacznia się dopiero przy dużych obciążeniach, powodując jej zwiększenie od 20% do 100%. W przewodach PCW nakładka zmniejsza siłę napędową o 20% do 50% (z wyjątkiem dużych obciążeń).



Rys. 4. Zależność oporu ruchu W od sumarycznego obciążenia wózkiem G:
1 - przewód gumowy goły, 2 - przewód gumowy z nakładką, 3 - przewód z PCW goły, 4 - przewód z PCW z nakładką

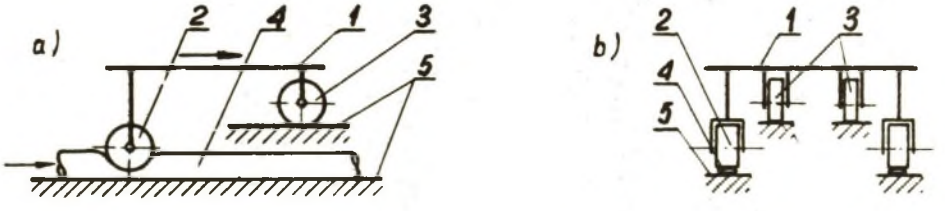


Rys. 5. Zależność siły napędowej P od ciśnienia p w przewodach gumowych oraz obciążenia wózkiem G dla:
przewodu gołego (linia ciągła) 1 - G = 12 kG, 2 - G = 17 kG, 3-G = 27 kG 4 - G = 47 kG i przewodu z nakładką (linia przerywana) 5 - G = 17 kG 6 - G = 27 kG, 7 - G = 47 kG

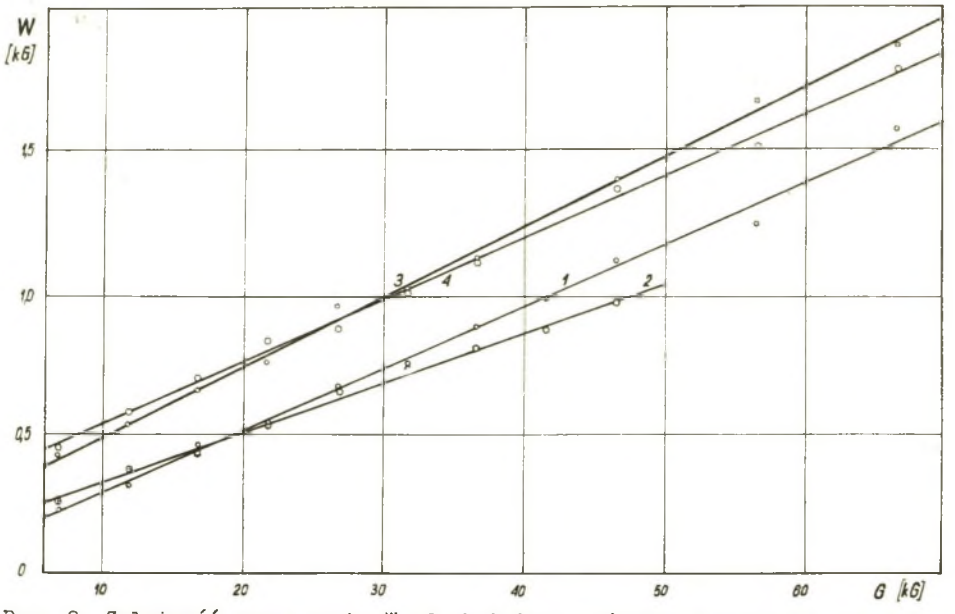


Rys. 6. Zależność siły napędowej P od ciśnienia p w przewodach PCW gołych oraz obciążenia wózkiem G dla:

przewodu gumowego (linia ciągła) 1 - G = 22 kG, 2 - G = 27 kG, 3 - G = 47 kG, 4 - G = 67 kG i przewodu z nakładką (linia przerywana) 5-G = 17 kG 6 - G = 27 kG, 7 - G = 47 kG, 8 - G = 67 kG

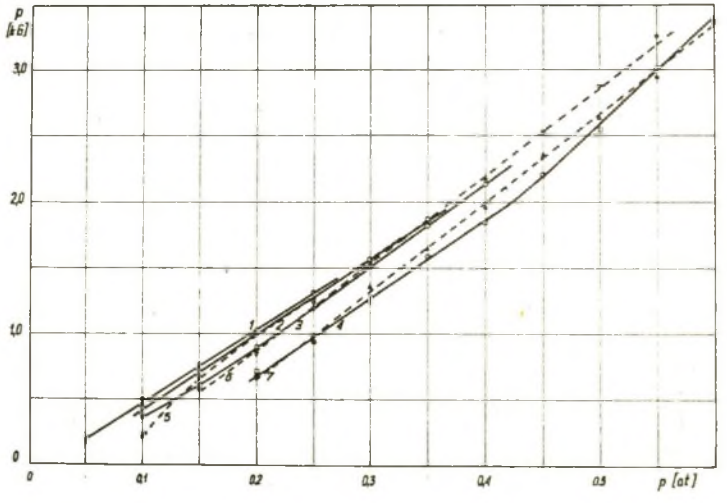


Rys. 7. Zasada podparcia zespołu ruchomego (wózka) w zmodyfikowanej wersji napędu perystaltycznego



Rys. 8. Zależność oporu ruchu W od obciążenia wózkiem G w wersji zmodyfikowanej:

1 - przewód gumowy goły, 2 - przewód gumowy z nakładką, 3 - przewód z PCW goły, 4 - przewód z PCW z nakładką



Rys. 9. Zależność siły napędowej P do ciśnienia p w przewodach gumowych oraz obciążenia wózkiem G w wersji zmodyfikowanej dla:

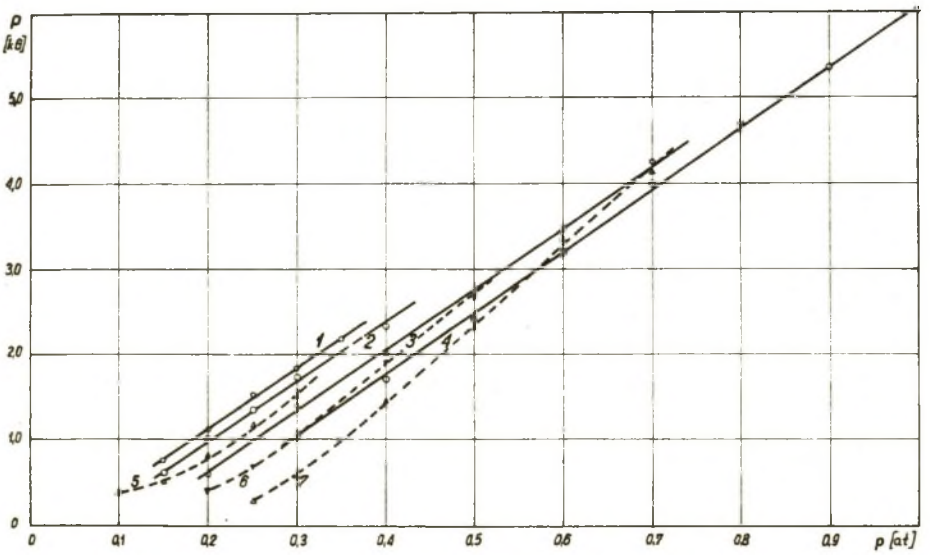
przewodu gołego (linia ciągła) 1 - G = 12 kG, 2 - G = 17 kG, 3 - G = 27kG 4 - G = 47 kG i przewodu z nakładką (linia przerywana) 5 - G = 27 kG, 6 - G = 47 kG, 7 - G = 67 kG

b)Koncepcja zmodyfikowana

Na podstawie analizy wyników badań ujawniono możliwość udoskonalenia przedstawionej metody transportu.

W większości przypadków nie jest celowe przekazywanie na przewody elastyczne pełnego obciążenia od wózka wraz z ładunkiem. Powoduje to bowiem występowanie znacznych oporów ruchu, przy napędzie wózka praktycznie przez pierwszy z jego elementów współpracujących z przewodem, licząc od strony zasilania. Przykładowo przy wózku, skutki podwyższonego ciśnienia między kołami, ze względu na przeciwne działanie na oba koła równoważą się.

Modyfikacja dotychczasowego sposobu transportu perystaltycznego polega więc na przekazaniu na przewody elastyczne tylko części obciążenia od ciężaru wózka i ładunku, potrzebnej do ściśnięcia przewodu. W urządzeniu wózkowym będzie to możliwe przez zapewnienie współpracy z każdym elastycznym przewodem jednego koła, natomiast ustawienie kół pozostałych, nie współpracujących z oddzielnym przewodem, na twardym podłożu. Sposób ten przedstawiono schematycznie na rysunku 7. Wyniki badań urządzenia w wersji zmodyfikowanej przedstawiają rysunki 8, 9 i 10. W tej wersji nakładki nie mają istotnego wpływu na opory ruchu. Zależą one od rodzaju tworzywa przewodu i w przypadku gumy są o 20 ÷ 40% mniejsze niż dla PCW. Siła napędowa praktycznie nie zależy od stosowania nakładki oraz rodzaju tworzywa przewodu.



Rys. 10. Zależność siły napędowej P od ciśnienia p w przewodach z PCW oraz obciążenia wózkiem G w wersji zmodyfikowanej dla:
przewodu gołego (linia ciągła) 1 - G = 22 kG, 2 - G = 27 kG, 3 - G = 47kG 4 - G = 67 kG i przewodu z nakładką (linia przerywana) 5 - G = 27 kG, 6 - G = 47 kG, 7 - G = 67 kG

Porównując obydwie koncepcje napędu stwierdzono, że opory ruchu w wersji zmodyfikowanej zmniejszają się o 25 do 30% dla przewodów z PCW, natomiast do 25% dla przewodów gumowych, zależnie od wartości obciążenia, tak dla przewodów gołych jak również z nakładką. Natomiast analizując siłę napędową dla obu układów, okazuje się, że dla PCW nie zmienia się ona dla większych obciążeń, natomiast przy małych większa siła występuje w układzie pierwotnym. Przy stosowaniu przewodów gumowych siła ta jest większa od 15 do 300% w układzie zmodyfikowanym. Przewody z nakładkami umożliwiają uzyskanie w rozwiązaniu zmodyfikowanym większych sił napędowych.

Wykresy sił napędowych ograniczone są najmniejszymi ciśnieniami powodującym ruch wózka i przedmuchy powietrza pod kołami wózka oraz największym ciśnieniem, dopuszczalnym ze względu na wytrzymałość przewodu.

4. Wnioski

Przeprowadzone badania potwierdziły możliwość praktycznej realizacji transportu po przewodach elastycznych, zasilanych sprężonym płynem. Konieczne jest jednak spełnienie wymagań dotyczących:

- ciężaru wózka ze względu na niezbędne odkształcenie przewodu elastycznego,
- ciśnienia płynu w przewodzie, wymaganego ze względu na rozruch i utrzymanie ruchu,
- nieprzekraczanie ciśnienia w przewodzie określonego ze względu na przepływ płynu pod kołami wózka,
- nieprzekraczanie ciśnienia dopuszczalnego ze względu na wytrzymałość przewodu elastycznego.

Badania dokonane z zastosowaniem przewodów gumowych i z PCW wykazały, że opory ruchu przy transporcie w wersji zmodyfikowanej są mniejsze niż dla wersji pierwotnej proponowanej w artykule informacyjnym [1]. Zmniejszenie oporu ruchu wynosi ok. 30% przy przewodach z PCW gołych i z nakładką, natomiast do 20% dla przewodów gumowych.

Największe siły napędowe dla wózka w stanie spoczynku występują przy obciążeniu:

- $G < 35$ kG - dla PCW, wykonanie dotychczasowe, ponadto dla gołej gumy i przewodów z nakładkami korzystniejsze jest wykonanie zmodyfikowane,

- 35 kG $< G < 55$ kG - dla PCW, wykonanie dotychczasowe lub zmodyfikowane, ponadto dla gumy i przewodów z nakładkami korzystniejsze jest wykonanie zmodyfikowane,

- $G > 55$ kG, $p < 0{,}55$ at - dla PCW z nakładką, wykonanie zmodyfikowane, $p > 0{,}55$ at - dla PCW, wykonanie zmodyfikowane, użyty do badań przewód gumowy nie może już być stosowany dla takich obciążeń.

Wyznaczenie użytecznej siły pociągowej uwzględniającej siłę napędową wózka oraz opór jazdy wykazuje, że korzystniejsza jest zmodyfikowana postać konstrukcyjna napędu.

Głównymi cechami urządzeń transportowych wykorzystujących perystaltyczny ruch przewodu elastycznego są:

- brak mechanizmu napędowego na zespole ruchomym,
- prostota konstrukcji i łatwość obsługi,
- cicha i spokojna praca,
- możliwość stosowania w atmosferze wybuchowej.

Urządzenie te, zależnie od postaci konstrukcyjnej mogą spełniać zadania właściwe dla przenośników lub ciągników i pociągów poruszających się po wyznaczonej trasie.

LITERATURA

[1] Modern Materials Handling, April, 1972, s. 60.
[2] Przegląd Mechaniczny, nr 21/1974, s. 722.

ИДЕЯ И ВОЗМОЖНОСТИ ПЕРИСТАЛЬТИЧЕСКОГО ТРАНСПОРТА

Р е з ю м е

Опираясь на изложенный в литературе способ перистальтического транспортирования был изготовлен исследовательский пост, на котором были произведены исследования сопротивления движения и приводной силы тележкового транспортного устройства обыкновенного и модифицированного вида то есть при полной передаче нагрузки на эластичные проводы. Исследования были реализованы с применением резиновых проводов и проводов из полихлорвинила. Было произведено сравнение результатов исследований для обоих видов решений.

CONCEPTION AND POSSIBILITES OF THE PERISTALTIC TRANSPORTATION

S u m m a r y

Basing on the suggested in a literature the peristaltic system of transportation a test stand has been made. On the stand resistances to motion and driving force of a truck appliance were tested. The truck has been constructed in a standard and modified versions i.e. in versions fully and partly transfering a loading on to the flexible hose. Tests using rubber or PVC hoses were conducted. Results achieved for either versions have been compared.