

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ZESZYTY NAUKOWE NR 152

MECHANIKA 32



BYDGOSZCZ - 1988

AKADEMIA TECHNICZNO-ROLNICZA
IM. JANA I JĘDRZEJA ŚNIADECKICH
W BYDGOSZCZY

ZESZYTY NAUKOWE NR 152

MECHANIKA 32



BYDGOSZCZ - 1988

PRZEWODNICZĄCY KOMITETU REDAKCYJNEGO
doc. dr hab. Juliusz Skonieczny

REDAKTOR NAUKOWY
doc. dr inż. Bogdan Żółtowski

OPRACOWANIE REDAKCYJNE I TECHNICZNE
mgr Aleksandra Ławniczak, Zbigniew Gackowski

Wydano za zgodą Rektora
Akademii Techniczno-Rolniczej
w Bydgoszczy

ISSN 0208-6395

WYDAWNICTWO UCZELNIANE AKADEMII TECHNICZNO-ROLNICZEJ
W BYDGOSZCZY

Wyd. I. Nakład 100 + 50 egz. Ark. wyd. 9,8, ark. druk. 8,5. Papier kl. V, 70 g.
Oddano do druku we wrześniu 1988 r. Druk ukończono w listopadzie 1988 r.
MEN Cena 221zł
Prasowe Zakłady Graficzne RSW „Prasa-Książka-Ruch” w Bydgoszczy, ul. Dworcowa 13.
Zamówienie nr 3442/88. TR E-8

Nv 111w P 378/89

89 D 3/34

S p i s t r e ś c i

	str.
1. Bogdan Żółtowski - Utrzymanie maszyn w ruchu	5
2. Ryszard Jedliński - Próba kompleksowego ujęcia oceny naprawialności maszyn rolniczych	23
3. Andrzej Jazdon, Bolesław Przybyliński - Wybrane czynniki determinujące trwałość regenerowanych elementów maszyn i pojazdów	31
4. Bogdan Żółtowski - Ocena podatności diagnostycznej maszyn	49
5. Jędrzej Bayer, Włodzimierz Ziętara - Badania efektywności eksploatacji środków transportowych w PGR województwa bydgoskiego .	63
6. Józef Flizikowski - Dobór przekładni do warunków rozdrabniania ziarn	71
7. Janusz Rak - Charakterystyka podstawowych parametrów wpływających na sprawność przekładni z pasem zębatym	81
8. Marian Bogusz - Identyfikacja cech konstrukcyjno-dynamicznych hydraulicznego wzbudnika drgań	91
9. Mariusz Chalamoński - Regeneracyjne powłoki niklowe na podłożu aluminiowym, nakładane metodami chemicznymi	101
10. Zenon Ćwik - Problematyka badań narzędzi rolniczych w kanale glebowym	109
11. Jerzy Chojnacki, Robert Rowiński - Ocena rozpylaczy wirowych z indukcyjnym elektryzowaniem kropeł w aspekcie chemicznej ochrony roślin	115
12. Eugeniusz Jarmocik, Edmund Dulcet - Analiza technologii zbioru trudnokiszących się zielonek w gospodarstwach indywidualnych województwa bydgoskiego	125

Bogdan Żółtowski

UTRZYMANIE MASZYN W RUCHU

Problematyka utrzymania maszyn w ruchu stanowi niewielki fragment złożonych zagadnień eksploatacji obiektów technicznych. W tym opracowaniu omówiono model systemu utrzymania maszyn w ruchu, wprowadzany dla potrzeb realizacji celów działań ludzkich. Uwzględniono w nim oddziaływania człowieka na maszynę podczas jej funkcjonowania, sposoby badania zmian stanu maszyny oraz zależności między stanem maszyny a charakterystykami jej funkcjonowania.

Przedstawiona w opracowaniu problematyka winna być odnoszona do etapów projektowania, wytwarzania i eksploatacji maszyn.

1. WSTĘP

Zagadnienia związane z utrzymaniem maszyn w ruchu są w ostatnich latach tematem licznych opracowań naukowych. Prace te dotyczą przede wszystkim zagadnień niezawodności maszyn, technologii napraw, diagnostyki technicznej i uzyskiwanych efektów ekonomicznych, rzadziej gospodarki częściami zamiennymi i prognozowania stanu maszyny. Poglądem ugruntowanym jest to, że problematyka ta winna być odnoszona do etapów projektowania, wytwarzania i eksploatacji maszyn.

W tym opracowaniu przedstawiono wybrane, ogólne problemy systemu utrzymania maszyn w ruchu podczas ich eksploatacji. Szczególne wyeksponowanie etapu eksploatacji maszyn wynika z faktu, że właściwa eksploatacja zapewniająca wymagane warunki pracy i obsługiwań jest podstawą dla zabezpieczenia wysokiej niezawodności maszyn.

Materiał tego opracowania przygotowano w oparciu o prace uczestników konferencji nt. „Problemy utrzymania maszyn w ruchu” [1] oraz przez wykorzystanie dotychczasowych doświadczeń eksploatacyjnych autora.

2. MODEL SYSTEMU UTRZYMANIA MASZYN W RUCHU

Problematyka utrzymania maszyn w ruchu stanowi fragment złożonej problematyki eksploatacji obiektów technicznych. Jest to fragment najistotniejszy, bowiem użytkowanie obiektu technicznego (czyli zużywanie zdolności tego obiektu do funkcjonowania) w określony sposób do realizacji celów działań ludzkich, jest możliwe tylko podczas funkcjonowania obiektu. Zakres tej

problematyki obejmuje etap użytkowania maszyn w definicyjnym określeniu systemu eksploatacji, obejmującym problemy użytkowania i obsługiwanie.

Z różnych treści pojęciowych można zaproponować, aby przez utrzymanie maszyn w ruchu rozumieć pewne szczególne działanie człowieka, mające na celu utrzymanie maszyn w stanie funkcjonowania przez potrzebny temu człowiekowi przedział czasu. Szczegółowe rozważania tego problemu obejmują zatem:

- specyfikę rozpatrywanego działania, a więc tych cech, które wyróżniają to działanie z ogółu działań,
- charakterystyki celu, warunków i środków wykorzystywanych w tym działaniu, przebiegu działania i jego wyniku oraz oceny działania po jego wykonaniu.

Do specyfiki utrzymania maszyn w ruchu (gotowości do działania) należy więc wielokrotność czynności wykonywanych przez człowieka kierującego ruchem maszyny i sterującego procesem utrzymania tychże maszyn w gotowości do poprawnego działania. Warunkuje to potrzebę rozpatrzenia podstaw tego działania, czyli związków przyczynowo-skutkowych, warunkujących zachodzenie kolejnych zdarzeń prowadzących do określonego celu.

Celem w rozpatrywanym działaniu jest zdarzenie, polegające na funkcjonowaniu maszyny poprzez wymagany czas. Zajście takiego zdarzenia jest warunkowane odpowiednim stanem elementów maszyny i więzów pomiędzy tymi elementami oraz właściwymi oddziaływaniami człowieka na tę maszynę. Interesują nas tu zależności przyczynowo-skutkowe pomiędzy oddziaływaniami człowieka na maszynę podczas jej funkcjonowania, a zdarzeniami powstającymi jako skutki tych oddziaływań i warunkującymi dalsze funkcjonowanie tej maszyny.

Człowiek utrzymujący maszynę w stanie funkcjonowanie wie, na czym funkcjonowanie to polega. Wie także (lub powinien wiedzieć), jaki stan lub wartości cech maszyny i jej otoczenia mają miejsce w każdej chwili. Winien on również znać zmiany tych cech oraz kiedy i w jaki sposób powinien przeciwdziałać tym zmianom, aby maszyna nie przestała przedwcześnie funkcjonować.

Model maszyny dla potrzeb rozważań utrzymania jej w ruchu przedstawiono na rysunku 1.

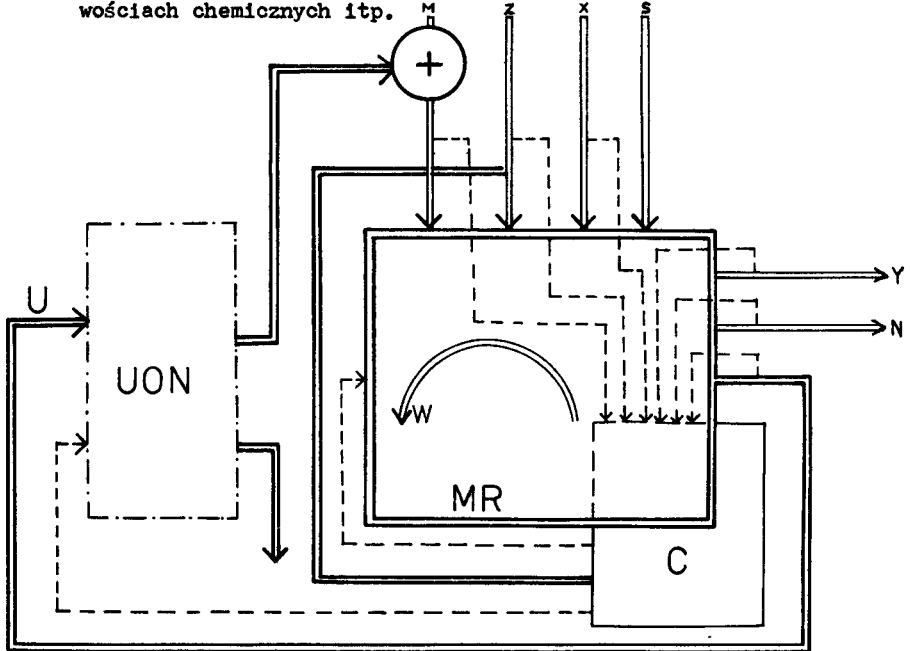
Funkcjonowanie maszyny opisuje się za pomocą wektorów:

- wejściowych :

- x - energomaterialne zasilanie, w tym: paliwa, surowce, ładunki, itp.,
- z - energomaterialne zakłócenia, w tym: siły wiatrów, opady atmosferyczne, zapylenie, oblodzenie, mgła, utrata przyczepności do podłoża, itp.,
- m - energomaterialne uzupełnienia substancji tworzących maszynę, w tym: nowo wyprodukowane i zregenerowane części maszyny, smary, chłodziwa, nakładanie powłok ochronnych itp.,
- s - informacje przekazywane przez operatora do serwomechanizmów, w tym: manewrowanie, przyspieszenia, opóźnienia, wyłączenia i przełączenia, uruchamianie i zatrzymywanie itp.,

- wyjściowych

- y - energomaterialne efekty użyteczne, w tym: energia dyspozycyjna, praca mechaniczna (przewozowa), wyroby (wytwory, przetwory) itp.,
- n - nieodwracalne straty energomaterialne, w tym: spaliny, dymy, pyły i inne zanieczyszczenia wydzielane na zewnątrz,
- u - materialne ubytki substancji „tworzących maszynę”, w tym: uszkodzone części maszynowe, smary i chłodziwa o utraconych właściwościach chemicznych itp.



Rys.1. Model maszyny dla potrzeb utrzymania jej w ruchu

Z przedstawionego modelu operator maszyny uzyskuje szereg informacji, między innymi:

- o stanie technicznym maszyny pod działaniem sił napędzających i poziomie oporów użytecznych,
- o stanie technicznym maszyny w wyniku zewnętrznych i wewnętrznych zakłóceń,
- o wartości energii dyspozycyjnej i innych energomaterialnych efektów użytkowych,
- o ilości energomaterialnych produktów ubocznych działania maszyny zagrażających otoczeniu,
- o stanie otoczenia zagrażającego poprawnemu działaniu maszyny,
- o stanie ubytków substancji tworzących maszynę.

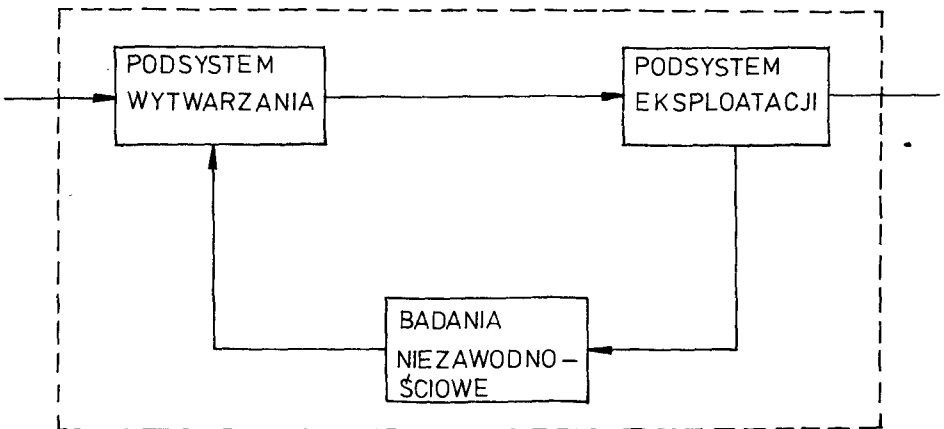
Do ważniejszych określeń z zakresu utrzymania maszyny w ruchu zaliczyć należy:

- 1) realna maszyna pozostawiona bez obsługi technicznej w wyniku przebiegu procesów w niej zachodzących zdąży do stanu nieodwracalnej niezdatności,

- 2) utrzymanie maszyny w ruchu wymaga zróżnicowanych co do okresu i zakresu zabiegów przeciwdziałających osiągnięciu stanów granicznych,
- 3) utrzymanie maszyny w ruchu wymaga zabiegów odtwarzających nadmierne ubytki substancji tworzących maszynę,
- 4) trudnoodwracalne powtórne uruchomienie maszyny występuje po przekroczeniu stanów granicznych,
- 5) utrzymanie maszyny w ruchu wymaga stałego lub okresowego uzupełnienia: paliwa, olejów i smarów, chłodziwa i innych cieczy i płynów,
- 6) analiza procesów zachodzących w maszynie, a także procesów występujących w trakcie zabiegów obsługowo-naprawczych, prowadzona za pomocą metod i środków diagnostyki technicznej.

Podstawowym warunkiem poprawnego funkcjonowania systemu utrzymania maszyn w ruchu jest wytwarzanie maszyn o odpowiedniej jakości i niezawodności. Zmusza to producenta-wytwórcę i użytkownika do prowadzenia eksploatacyjnych badań niezawodnościowych.

Na rysunku 2 przedstawiono schemat modelu systemu zabezpieczenia niezawodności maszyn w procesie eksploatacji. Informacje z tych badań są na bieżąco wykorzystywane przez użytkownika (naprawy, zapasy części, itp.) i producenta (poprawa konstrukcji maszyny).

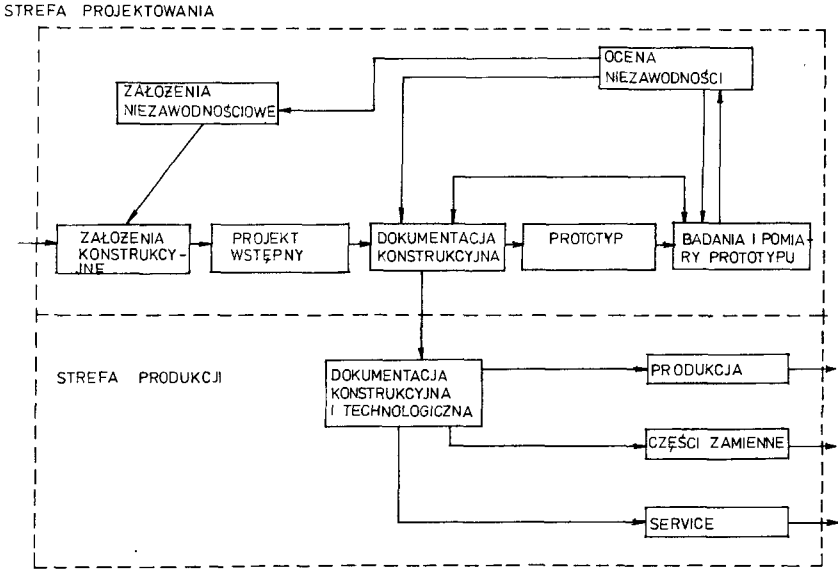


Rys.2. Model systemu zabezpieczenia niezawodności maszyn w procesie eksploatacji

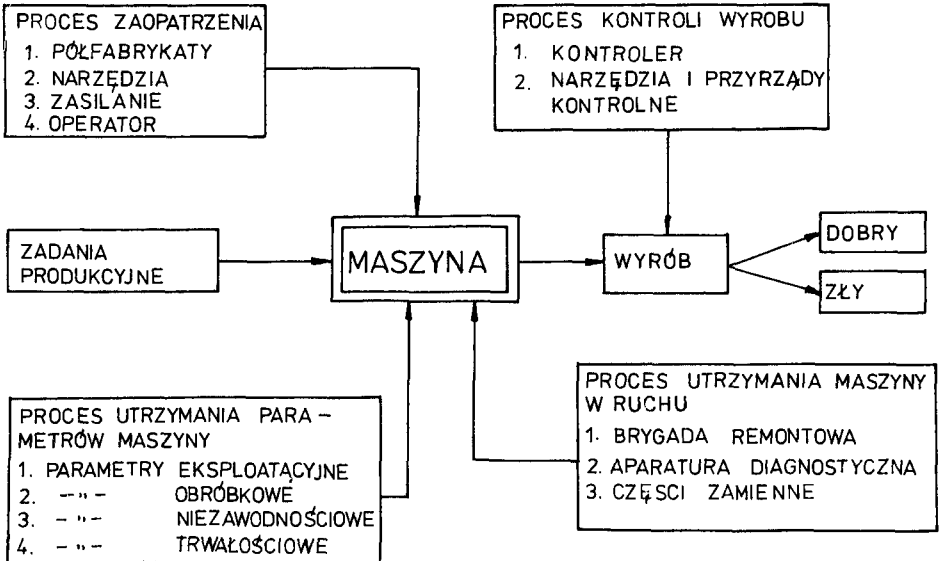
Organizację podsystemu wytwarzania i eksploatacji maszyny w ujęciu potrzeb i wymagań „utrzymania w ruchu” przedstawiono na rysunkach 3 i 4.

Wielostanowy system utrzymania maszyn w ruchu wyróżnia pięć stanów eksploatacyjnych:

- 1 - postój , odpowiadający sytuacji, w której maszyna zdalna oczekuje na uruchomienie,
- 2 - ruch , odpowiadający sytuacji, w której maszyna zdalna wykonuje pracę użyteczną,



Rys.3. Podsystem wytwarzania maszyn



Rys.4. Podsystem eksploatacji maszyn

- 3 - przegląd , odpowiadający sytuacji, w której maszyna zdalna jest poddawana kontroli odnośnie zmian jej stanu technicznego lub stopnia wyczerpania zasobu trwałości,
- 4 - przestój , odpowiadający sytuacji, w której maszyna niezdatna lub niezdolna do zachowania zdalności, oczekuje na obsługiwane techniczne,
- 5 - obsługiwane , odpowiadające sytuacji, w której maszynie niezdatnej przywracana jest jej zdalność.

Przedstawiony model oceny systemu utrzymania maszyn w ruchu jest podstawą do technicznej realizacji racjonalnego systemu, z uwzględnieniem realnych warunków użytkowania i obsługiwanie.

3. CELE I WARUNKI UTRZYMANIA MASZYN W RUCHU

Utrzymywanie ciągłej sprawności maszyn traktowane jest jako cel istnienia systemu utrzymania maszyn w ruchu. Stan „sprawności ciągłej” dotyczy sytuacji, w której maszyny są zdalne we wszystkich tych okresach czasu, w których realizacja celów eksploatacji wymaga ich ciągłego użytkowania. Zapewnienie ciągłej sprawności jest więc swojego rodzaju ideałem technicznym. Jego pełne osiągnięcie nie jest w rzeczywistości możliwe wobec losowego charakteru procesów uszkodzeń oraz wobec niemożności konstruowania maszyn o niezawodności równej jedności. Niemożnością jest także realizacja systemów utrzymania ruchu przywracających sprawność eksploatacyjną uszkodzonym maszynom w czasie równym zeru.

O ile pełna ciągłość ruchu pozostaje pojęciem abstrakcyjnym, o tyle, dzięki odpowiednio wysokim nakładom, możliwe jest w praktyce budowanie maszyn oraz projektowanie systemów utrzymania ruchu gwarantujących jego ciągłość bliską ideałowi technicznemu. Powstaje jednak pytanie, czy dążenie do maksymalizacji ciągłości ruchu jest racjonalne z punktu widzenia celów systemu eksploatacji. Odpowiedzi na nie dostarczyć może tylko i wyłącznie rachunek, za pomocą którego można by porównać wielkość zasobów wydatkowanych na utrzymanie ruchu z efektami eksploatacji. Przeprowadzenie takiego rachunku nastrocza poważnych trudności. Wybór poziomu, na jakim utrzymywana jest gotowość operacyjna, stanowi decyzję, która powinna agregować w jedną całość dwa problemy:

- wybór parametrów niezawodnościowych oraz wymagań obsługowych maszyn,
- wybór zakresu i sposobu działania systemu utrzymania maszyn w ruchu.

Obydwa wybory są istotne zarówno w aspekcie ich wpływu na wielkość zasobów wydatkowanych na utrzymanie ruchu, jak również na efekty eksploatacji. W rzeczywistości obydwie rodzaje wyborów dokonywane są w sposób rozłączny. Parametry niezawodnościowe obiektów technicznych oraz ich podstawowe wymagania obsługowe determinowane są zazwyczaj na etapie projektowania. Zakres i sposób działania systemu utrzymania maszyn w ruchu - tj. systemu obsługującego - jest typową decyzją eksploatacyjną. Ponadto system utrzymania ruchu nie jest zazwyczaj projektowany z myślą o obsługiwaniu

jednej, konkretnej maszyny, lecz zaspokajają potrzeby w zakresie obsługiwań całej ich populacji i to najczęściej o niejednorodnym składzie.

W opisanej sytuacji rachunek efektów i nakładów związanych z utrzymaniem ruchu maszyn wykonywany jest dwukrotnie. Po raz pierwszy nakłady i efekty w tym zakresie analizowane są na etapie projektowania, przy czym wybór podstawowych parametrów niezawodnościowych oraz wymagań obsługowych opiera się na kryterium maksymalizacji korzyści ekonomicznych projektanta-producenta urządzeń. Po raz drugi rachunek ten prowadzony jest w sferze eksploatacji, a podstawowe parametry niezawodnościowe obiektów oraz ich wymagania obsługowe są dla tego rachunku określone i nie stanowią przedmiotu wyboru. Sprawia to, że decyzje o wyborze parametrów niezawodnościowych oraz o wyborze zakresu i sposobu działania systemu utrzymania ruchu traktowane są z konieczności jako dwa oddzielne problemy.

Charakter i zakres omówionych wyżej czynników komplikujących rachunek ekonomiczny, a dalej optymalizację systemu utrzymania ruchu maszyn sprawia, że projektowanie i sterowanie nimi opierać się musi na rozwiązaniach przybliżonych. Można je uzyskać przez:

- ograniczenie dokładności modelu, a w konsekwencji zadowolenie się poszukiwaniem optimum cząstkowego,
- rezygnację z rachunku optymalizacyjnego na rzecz analizy wariantowej (np. porównanie skutków wybranych wariantów strategii działań na drodze eksperymentu symulacyjnego),
- oparcie się na prostych regułach decydowania (heurystycznych), sprawdzonych we wcześniejszej praktyce projektowania systemów utrzymania ruchu.

Do najprostszych, a zarazem najłatwiej wprowadzonych do praktyki, sposobów sterowania systemami utrzymania ruchu należą techniki heurystyczne. Eliminują one rachunek ekonomiczny, a racjonalność podejmowanych decyzji uzasadniają pewnymi regułami i procedurami zweryfikowanymi na podstawie doświadczeń. Jakość decyzji opartych na metodach heurystycznych może być zupełnie dobra, a zarazem wysiłek organizacyjny i nakłady środków związane z ich stosowaniem są minimalne. Stosowanie technik heurystycznych należy traktować jako przejściowe do metod sterowania bardziej zaawansowanych, uwzględniających rachunek ekonomiczny.

Sterowanie systemem utrzymania ruchu w oparciu o techniki heurystyczne jest w zasadzie przejawem stosunkowo niskiego poziomu zorganizowania, niskiej dyscypliny technicznej i technologicznej oraz niskiego poziomu informacji o zjawiskach i procesach zachodzących w systemie i jego otoczeniu.

Podstawowe założenia sterowania heurystycznego systemu utrzymania ruchu obejmują:

- maksymalizację wskaźnika gotowości operacyjnej lub technicznej,
- maksymalizację stopnia wykorzystania potencjału naprawczego systemu utrzymania ruchu,
- maksymalizację wydajności produkcyjnej maszyn,
- minimalizację prawdopodobieństwa braku części zamiennych w momencie

zapotrzebowania na nie,

- maksymalną, intensywną i jak najdłuższą eksploatację maszyn,
- odnawianie urządzeń i maszyn w sposób gwarantujący ich możliwie największą niezawodność.

Wymienione wyżej metody mogą okazać się racjonalne i uzasadnione warunkami eksploatacji, bądź też, przy zmianie tych warunków, mogą prowadzić do poważnych strat i zakłóceń w procesie eksploatacji. Należy więc stosować je jedynie jako alternatywne narzędzie decydowania, racjonalne tylko w określonych warunkach działania systemu utrzymania ruchu.

4. PODSTAWY UTRZYMANIA MASZYN W RUCHU

Procesy zmierzające do zapewnienia maszynie możliwości realizacji funkcji stosowane są na wszystkich etapach istnienia maszyny, od projektowania do użytkowania. Wiążą się one przede wszystkim z zagadnieniami:

- zapewnienia obiektowi fizycznych warunków realizacji jego programu funkcjonalnego,
- zapewnienia obiektowi możliwości realizacji programu w założonym dla niego przedziale,
- zapewnienia obiektowi dostatecznie wysokiej rezerwy właściwości funkcjonalnych oraz ograniczenia intensywności ubytku tych właściwości do przewidywanych wartości,
- zapewnienia obiektowi możliwości odtworzenia jego założonych pierwotnych właściwości funkcjonalnych,
- zapewnienia obiektowi prawidłowości reakcji na działanie bodźców ze strony układu sterującego.

Maszyna, w powyższym ujęciu, jest obiektem fizycznym, posiadającym właściwości umożliwiające zastosowanie jej do spełnienia przewidywanych funkcji.

Dla zrozumienia podstawowych procesów warunkujących utrzymanie maszyn w ruchu niezbędna jest znajomość procesów fizykochemicznych, umożliwiająca analizę możliwych przyczyn uszkodzeń (wyłączenia z ruchu) lub opracowywanie modeli uszkodzeń przy założonych warunkach pracy.

Zmiany parametrów i charakterystyk elementów maszyn w funkcji czasu wywołane są zachodzącymi w nich procesami fizykochemicznymi, które są przyczynami uszkodzeń. Proces powstawania uszkodzeń jest z zasady procesem w funkcji czasu wewnętrznych mechanizmów i zmian zależnych od struktury materiału, powstających naprężeń i związanych z tymi zmianami zjawiskami cieplnymi.

W problematyce fizykochemii utrzymania maszyn w ruchu szczególną rolę spełniają kwestie kształtowania właściwości warstwy wierzchniej elementów maszyn. Procesy stosowane dla ukształtowania właściwości użytkowych warstwy wierzchniej rozdzielić można na następujące grupy:

- 1) procesy zmierzające do nadania warstwie wierzchniej pożądanych właściwości wytrzymałościowych,

- 2) procesy kształtujące charakterystyczne właściwości tribologiczne,
- 3) procesy kształtujące odporność warstwy wierzchniej na oddziaływanie otoczenia - przede wszystkim właściwości antykorozyjne.

Procesy te obejmują różne formy obróbki mechanicznej, chemicznej, cieplnej, cieplno-chemicznej, elektromechanicznej itp. - w przypadku metali, a w przypadku tworzyw niemetalowych - różne formy impregnacji, pokrywania, wypełniania, modyfikacji itp.

Podstawowym zabiegiem stosowanym w fazie użytkowania maszyny dla utrzymania jej w ruchu jest smarowanie. Z punktu widzenia fizyki i chemii funkcje środków smarowych w parze tarciowej są następujące:

- smarowanie (obniżenie siły tarcia),
- odprowadzenie ciepła z określonej strefy maszyny,
- izolowanie określonego elementu od wpływu czynników zewnętrznych,
- rozpuszczanie (zmywanie) osadów sadowiących się w określonych strefach urządzenia,
- tłumienie drgań generujących się podczas pracy urządzenia.

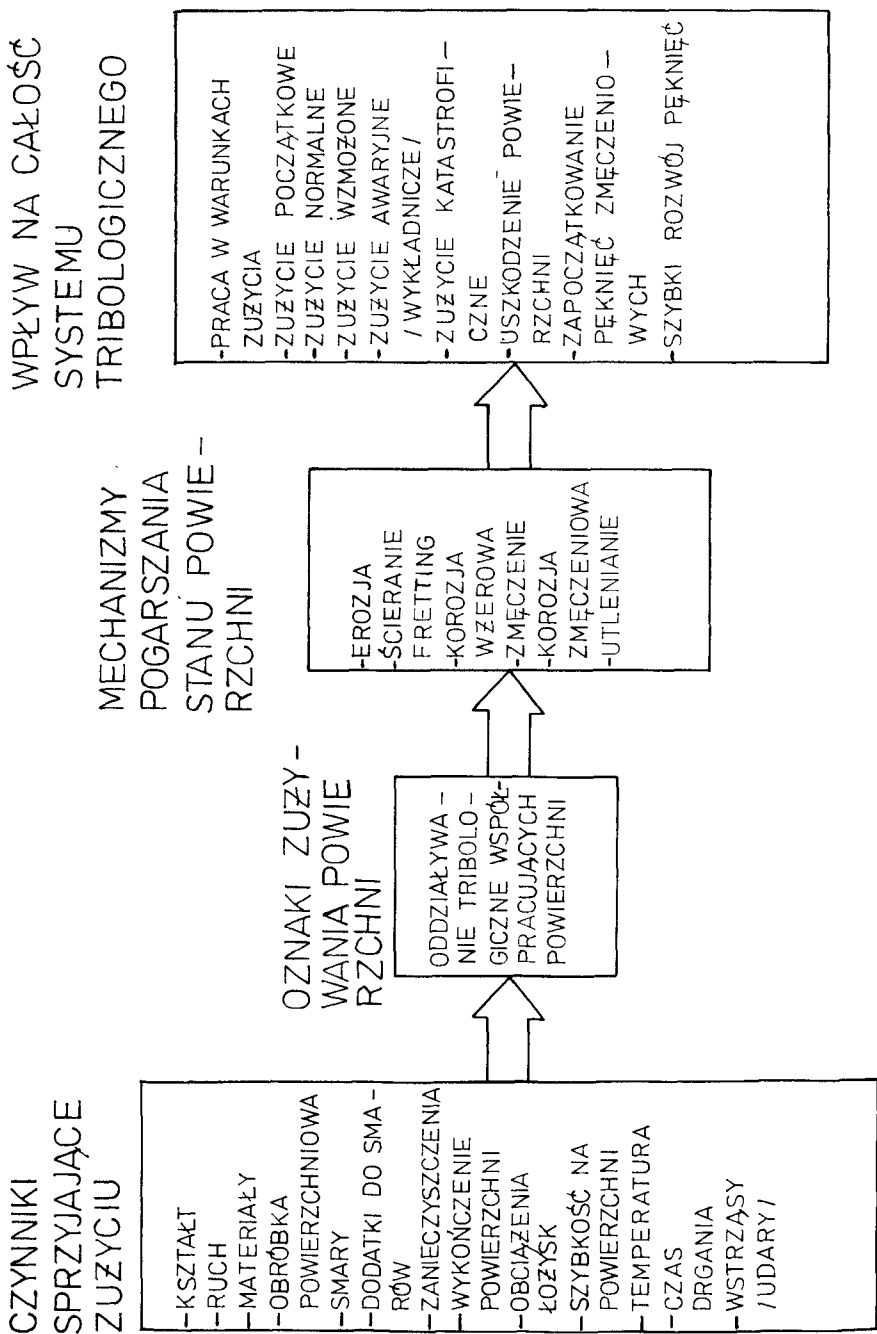
Z racji wielofunkcyjności środków smarnych bardzo złożonym problemem jest sprawa stanów granicznych tych środków, a więc kwestia uzasadnionego okresu ich użytkowania. Podobną rangę i skalę trudności ma również zagadnienie podobieństwa, a więc i zamienności środków smarowych.

Rozpatrując zagadnienie utrzymania maszyn w ruchu na gruncie realiów fizycznych można stwierdzić, że elementy maszyn osiągną stan graniczny w następstwie przyczyn:

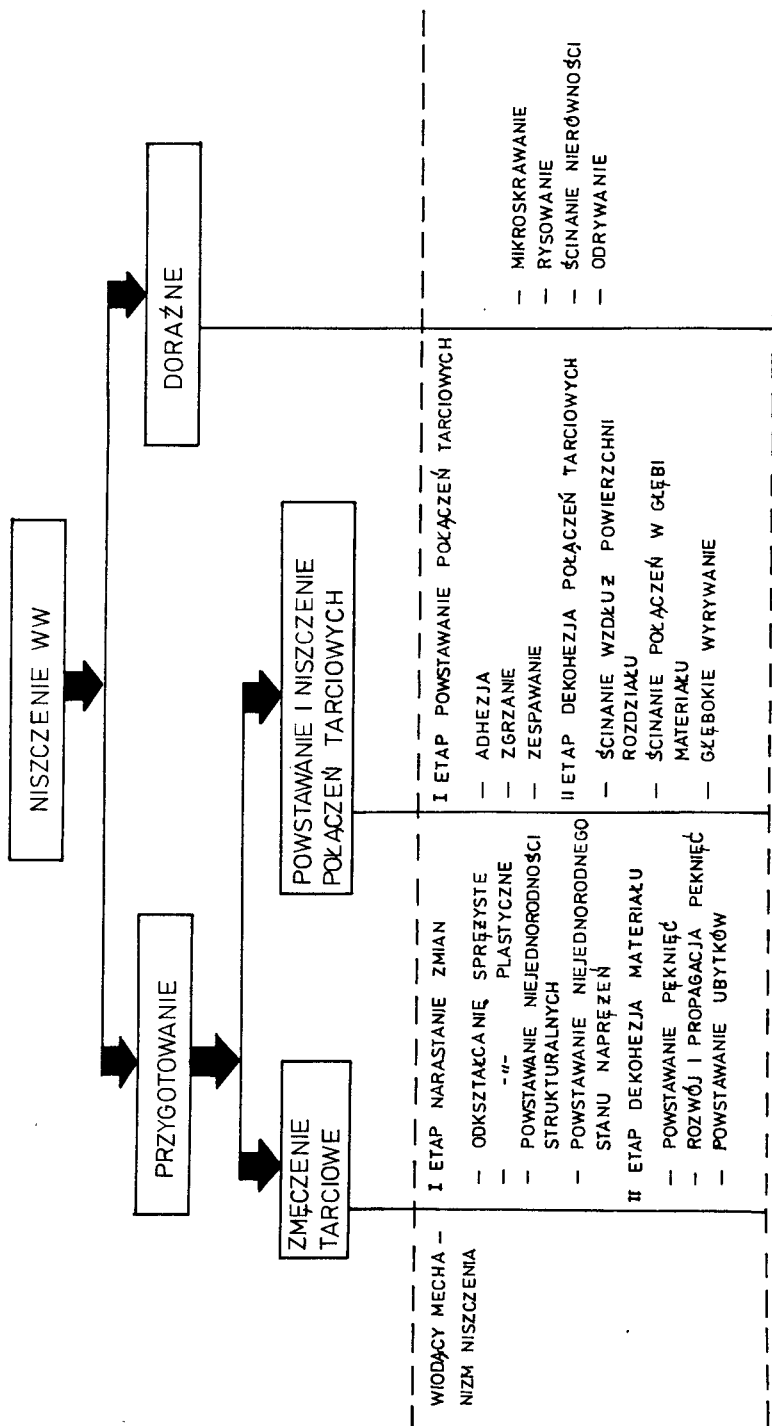
- nieoptymalnego zaprojektowania funkcji materiału w urządzeniu technicznym,
- nadania materiałowi składu chemicznego i struktury niezgodnej z jego funkcją w urządzeniu technicznym,
- nieopanowania procesów destrukcyjnych podczas nadawania elementom maszyny kształtów i wymiarów,
- przechowywania wytworzonych elementów maszyn w warunkach sprzyjających destrukcji ich struktury,
- występowania wad w procesie montażu elementów maszyny,
- niewłaściwie przeprowadzonej adaptacji urządzenia do warunków jego funkcjonowania,
- niezabezpieczenia maszyny przed działaniem otoczenia,
- użytkowania maszyny niezgodnie z zaprojektowanym przeznaczeniem.

Niewuwzględnianie tych przyczyn podczas projektowania, wytwarzania i użytkowania maszyn wynika bardzo często z nieznajomości zjawisk zachodzących w układzie maszyna - otoczenie lub z technicznej niemożliwości zapobiegania niekorzystnym zjawiskom.

Czynniki charakterystyczne, kształtujące jakość współpracujących powierzchni przedstawiono na rysunku 5, natomiast na rysunku 6 pokazano klasyfikację elementarnych procesów zużycia.



Rys.5. Czynniki kształtujące jakość współpracujących powierzchni



Rys.6. Klasyfikacja elementarnych procesów niszczenia

Utrzymanie maszyn w ruchu i ich analiza niezawodnościowa opiera się na dzień dzisiejszy bardziej na wynikach doświadczalnego wykrywania, niż teoretycznego przewidywania uszkodzeń mechanicznych elementów układu. Metody wykrywania uszkodzeń są tym cenniejsze, im wcześniej sygnalizują przyszły stan awaryjny.

Śledzenie intensywności uszkodzeń prowadzone jest w ramach zadań diagnostyki technicznej, realizowanej w ramach podsystemu obsługiwanego w ogólnym systemie eksploatacji maszyn.

5. NARZĘDZIA BADAŃ STANU MASZYN

Racjonalizm postępowania przy kwalifikowaniu zmian stanu technicznego maszyn w systemie utrzymania ruchu wymaga świadomych decyzji prowadzonych przy pomocy obiektywnych narzędzi oceny stanu technicznego maszyny. Narzędziem tym jest diagnostyka techniczna zajmująca się oceną stanu maszyn przez badanie bezpośrednie ich własności i badanie pośrednie procesów towarzyszących funkcjonowaniu tych maszyn.

Realizacja zadań diagnostyki technicznej w zakresie potrzeb utrzymania maszyn w ruchu wiąże się ściśle z możliwością uzyskiwania informacji o zmianach parametrów diagnostycznych wielkości fizycznych, mechanicznych itp., charakteryzujących stan techniczny obiektu.

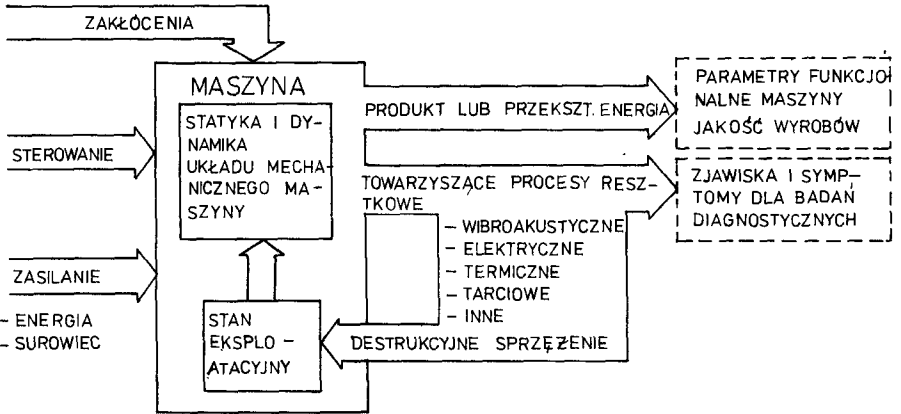
Rozpoznanie niedomagań maszyn winno dać odpowiedź na pytania:

- 1) jak działają podzespoły maszyny oraz maszyna jako całość?
- 2) jakie są wartości parametrów diagnostycznych?
- 3) w jakim stopniu spełnione są wymagania techniczne?
- 4) jak ocenić reśurs trwałości?
- 5) gdzie należy poszukiwać uszkodzeń?
- 6) jakie są przyczyny zaistniałych uszkodzeń?
- 7) jakimi środkami i sposobami przywrócić nominalny stan techniczny?
- 8) w jaki sposób i jakimi środkami przeciwdziałać powtarzaniu się uszkodzeń tego samego rodzaju?

Diagnostyka techniczna powinna więc umożliwiać ilościową ocenę lub też pogłębioną analizę przebiegu procesów zachodzących w maszynie, a także procesów występujących w trakcie zabiegów obsługowych. Obejmuje to odpowiedź na pytania:

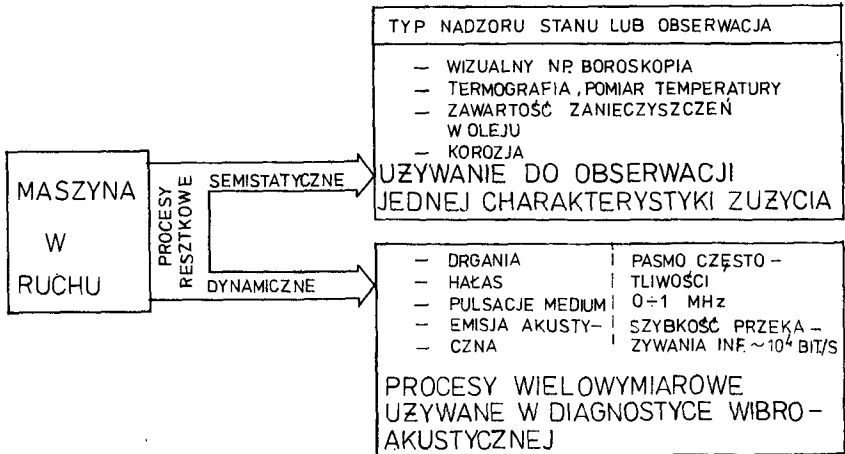
- 1) jak rozpoznawać stan techniczny maszyny?
- 2) jak długo i pod jakimi obciążeniami może funkcjonować maszyna do kolejnego obsługiwanego?
- 3) jak zmieniać obciążenie maszyny dla zachowania jej gotowości?
- 4) jak stosować najkorzystniejsze sposoby i środki uzdatniające?
- 5) jak zabezpieczyć maszyny przed działaniem czynników zewnętrznych?

Odpowiedzi na te i inne pytania należy szukać w analizie przebiegu procesów zachodzących w użytkowanej maszynie i jej bezpośrednim otoczeniu. Powyższe jest możliwe za pomocą metod i środków diagnostyki technicznej, wypracowanych w oparciu o model cybernetyczny maszyny, przedstawiony na rysunku 7.



Rys.7. Schemat cybernetyczny maszyny dla potrzeb diagnostyki technicznej

Obserwacja wyjścia głównego (przy apriorycznej nieznanomości wejść) maszyny, pozwala ocenić jakość produktu, a za pomocą specjalnych badań testowych daje takie parametry funkcjonalne świadczące o stanie maszyny, jak np.: moc, prędkość, sprawność itp. Z kolei obserwacja procesów resztkowych i ich efektów zużyciowych daje całą gamę możliwości badań diagnostycznych i możliwości nadzoru stanu maszyn (rys.8).



Rys.8. Techniki nadzoru stanu maszyny

Wśród procesów niszczących szczególne miejsce zajmują procesy wzmożonego (awaryjnego) zużycia, które w odróżnieniu od procesu niszczącego w wyniku odkształceń trwają dostatecznie długo.

Przegląd obecnych metod badania produktów zużycia, wykorzystując różne zjawiska fizyczne, zestawiono w tabeli 1.

Do wykrywania mikropęknięć stosuje się różne metody defektoskopowe, np.: penetracyjne, magnetyczne, proszkowe, ultradźwiękowe, prądów wirowych, radiologiczne, optyczne itp.

Zestawienie metod wykrywania produktów zużycia

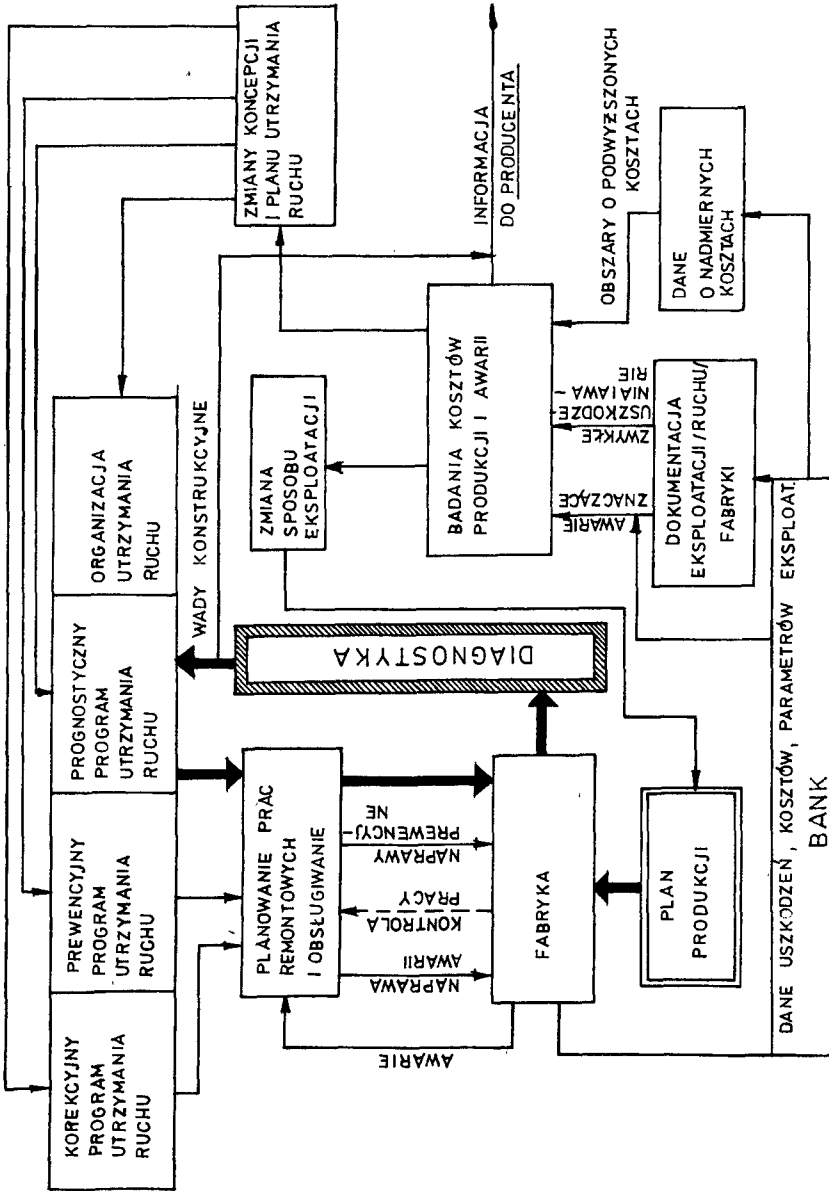
Nazwa metody	Zakres stosowania	Istota metody	Uwagi
Zbieranie produktów zużycia na filtrach i wirnikach	Wszystkie cząstki	1. Odczyt nieciągły i jakościowy 2. Interpretacja wymaga doświadczenia	Metoda powszechnie stosowana
Korki magnetyczne i detektory opiłków magnetycznych	Duże cząstki	1. Odczyt nieciągły i jakościowy 2. Brak informacji o niemagnetycznych produktach zużycia	Dobre wyniki przy uszkodzeniach spowodowanych zacieraniem i zatarciem
Ferrografia	Wszystkie cząstki magnetyczne	1. Odczyt ilościowy 2. Brak informacji o niemagnetycznych produktach zużycia	Bardzo kosztowna aparatura - metody przyszłościowe
Metody analizy spektroskopowej (spektralne - SOA, rentgenowskie - XRF, izotopowe)	Małe cząstki	1. Odczyt w laboratorium 2. Możliwość analizy ilościowej i jakościowej	Zastosowanie do wykrywania stanów awaryjnych i prognozowania
Automatyczne liczniki cząstek	Wszystkie cząstki	1. Duży wpływ na dokładność innych cząstek stałych	Do kontroli systemów hydraulicznych
Wibroakustyczna i emisja akustyczna	Stan powierzchni	1. Trudności interpretacji wyników na tle dużego poziomu „szumów”	Możliwość automatyzacji

Dla zilustrowania miejsca i roli diagnostyki technicznej w zakładzie przemysłowym przytoczono na rysunku 9 modelowe ujęcie problematyki utrzymania maszyn w ruchu, dla różnych wariantów eksploatacji maszyn.

6. PODSUMOWANIE

Przedstawione problemy ogólne utrzymania maszyn w ruchu stanowią fragment szerokiej problematyki eksploatacji obiektów technicznych. Jest to fragment najistotniejszy, bowiem dotyczy użytkowywania zdolności maszyn do funkcjonowania w określony sposób dla realizacji celów działań ludzkich, co jest możliwe tylko podczas funkcjonowania maszyn.

Zagadnienia związane z zapotrzebowaniem na funkcjonowanie maszyny i jego charakterystykami są podstawowymi problemami utrzymania maszyn w ruchu. Zostały one zasygnalizowane w tym opracowaniu, przy czym autor zdaje sobie sprawę, że jest to tylko punkt wyjścia dla dalszych rozważań o u-



Rys.9. Miejsce diagnostyki w systemie eksploatacji maszyn

trzymaniu maszyn w ruchu. Winny one doprowadzić do następnego etapu rozwoju teorii eksploatacji, którym byłaby budowa naukowych podstaw eksploatacji obiektów technicznych. Zawartość tej problematyki obejmuje metody statystyczne badania wartości charakterystyk oddziaływań człowieka na maszynę podczas jej funkcjonowania, badania zmian stanu maszyny, badania zależności między stanem maszyny a charakterystykami funkcjonowania itp.

Potrzebna jest zatem dalsza, systematyczna działalność w zakresie rozwijania problematyki utrzymania maszyn w ruchu we wszystkich etapach jej istnienia, z uwzględnieniem realnych warunków użytkowania i obsługiwanie.

LITERATURA

- [1] Materiały konwersatorium nt. Problemy utrzymania maszyn w ruchu. ITWL, Wisła 1983
- [2] Żółtowski B.: Problemy diagnostyki wibroakustycznej pojazdów mechanicznych. ZEM, z.1 (61), 1985
- [3] Żółtowski B.: Bierny eksperyment diagnostyki drganiowej maszyn. Archiwum Budowy Maszyn, z.4, 1986
- [4] Żółtowski B.: Diagnostyka techniczna w systemie eksploatacji. Materiały konferencji nt. Doskonalenie systemu eksploatacji maszyn. Chełmno 1986

MACHINES MAINTENANCE

Summary

Problems of maintenance constitute a small part of the complex issues of running technical objects. This paper discusses a model of the machines maintenance system applied to meet the goals of human activities. It takes into consideration man's influence on the operating machine, methods of testing the changes of the machine status, and relations between the machine status and its functioning characteristics.

The problems presented in the paper should be considered with reference to design, production and maintenance stages.

СОХРАНЕНИЕ МАШИН В ДВИЖЕНИИ

Резюме

Проблематика сохранения машин в движении представляет небольшой фрагмент сложных проблем эксплуатации технических объектов. В настоящей работе описана модель системы сохранения машин в движении, введённой для нужд человеческих действий. Учтено воздействие человека на машину во время её функционирования, изменение состояний машины, а также влияние состояния машины на характеристики её функционирования.

Проблематика, представленная в данной работе, касается этапов проектирования, производства и эксплуатации машин.

Ryszard Jedliński

PRÓBA KOMPLEKSOWEGO UJĘCIA OCENY NAPRAWIALNOŚCI MASZYN ROLNICZYCH

W artykule zawarta jest analiza problematyki naprawialności maszyn, w aspekcie ujęcia normalizacyjnego i miejsca jej w systemie zabezpieczenia jakości maszyn. Na podstawie analizy charakteru zmiany stanu technicznego maszyn w czasie eksploatacji, zaproponowano nowe ujęcie definicji naprawialności oraz model strukturalny formowania wskaźników naprawialności.

1. WSTĘP

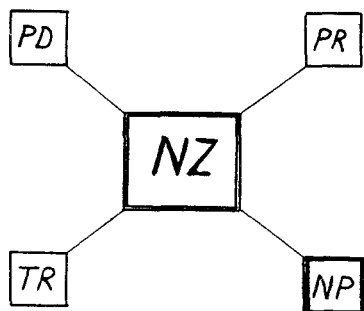
Szybki rozwój nauki i techniki, zastosowanie nowoczesnych metod konstruowania i wytwarzania, doprowadziły do powstania złożonych maszyn i systemów technicznych, których utrzymanie w stanie gotowości eksploatacyjnej, wymaga znacznych nakładów pracy i środków materiałowych. Jak wynika z danych literaturowych [3, 4], koszt obsługi technicznych maszyn w okresie ich eksploatacji przewyższa od 3 do 10 razy koszt ich wytwarzania. Efektem długotrwałych przestoju związanym z obsługiwaniem są również poważne straty ekonomiczne wynikające z niewykorzystania maszyn, niedotrzymania okresów agrotechnicznych, obniżki plonów itp., a ponoszone przez bezpośrednich eksploatatorów i całe społeczeństwo.

W świetle powyższego, problematyka obsługi maszyn urasta do rangi poważnego problemu gospodarczego. Jedną z przyczyn nadmiernych kosztów obsługi technicznych maszyn jest ich niedostateczna naprawialność.

2. PODSTAWOWE ZAGADNIENIA NAPRAWIALNOŚCI MASZYN

2.1. Analiza istniejących aktów normatywnych

Norma PN-80/N-04000 „Niezawodność w technice. Terminologia” [8], charakteryzuje naprawialność jako jedną z właściwości szeroko rozumianej niezawodności maszyn (rys.1). Zgodnie z cytowaną wyżej normą naprawialność jest to właściwość obiektu charakteryzująca jego przystosowanie do wykonywania napraw w określonych warunkach eksploatacji, w wykorzystaniu ustalonych metod i środków.



Rys.1. Miejsce naprawialności w systemie zabezpieczenia niezawodności maszyn [1]:

NZ - niezawodność, PD - poprawność działania,
TR - trwałość, PR - przechowywalność, NP - naprawialność.

Z kolei, norma branżowa EN-78/9195-05 „Maszyny rolnicze. Metody badania podatności naprawczej” [5], właściwość maszyny polegająca na jej przystosowaniu do wykonywania napraw nazywa podatnością naprawczą. Oddzielnie rozpatrywane jej zagadnienie podatności obsługowej w przeglądach technicznych [6].

Inne sformułowania terminologiczne zawarte są w opracowaniu [7], w którym operuje się pojęciami: technologiczność obsługowa i technologiczność naprawcza.

Z analizy cytowanych wyżej opracowań normalizacyjnych w zakresie terminologii i proponowanych metodyk badania wynika, że dotyczą one w zasadzie oceny technologiczności konstrukcji maszyn w aspekcie obsługi i napraw. Proponowane wskaźniki oceny są mało komunikatywne dla bezpośrednich eksploatatorów. Niejednoznaczność i nieprecyzyjność pojęć oraz analizowanie cech obsługowo-naprawczych maszyn, w oderwaniu od konkretnych wymogów i uwarunkowań eksploatacyjnych, słyca i pomniejsza odpowiedzialność producenta oraz utrudnia stawianie konkretnych wymagań ze strony użytkowników maszyn.

2.2. Charakterystyka prawidłowości zmiany stanu technicznego maszyn

Współczesny ciągnik, kombajn i większość maszyn rolniczych są złożonymi obiektami technicznymi, składającymi się z dużej ilości elementów - części, skojarzeń, mechanizmów, zespołów i układów. W czasie użytkowania, transportu i przechowywania ich stan techniczny ulega zmianie w kierunku pogorszenia. Złożony proces fizyczny stopniowego pogorszenia stanu technicznego maszyny nazywany jest starzeniem fizycznym [2]. Intensywność procesu starzenia fizycznego można zmniejszyć w wyniku odpowiednich zabiegów profilaktycznych (badania diagnostyczne, przeglądy techniczne, profilaktyczne wymiany szybko zużywających się części). Jednakże pełne jego wyeliminowanie jest niemożliwe. W rezultacie „starzenia”, posz-

czególne elementy maszyny tracą swój zasób pracy, aż do osiągnięcia zużycia granicznego (resursu) i następuje uszkodzenie [1].

Usuwanie uszkodzeń i ich następstw może odbywać się w sposób następujący.

W przypadku, jeśli usunięcie uszkodzenia nie wymaga przeprowadzenia znacznego zakresu prac demontażowo-montażowych, przywrócenie zdolności następuje w wyniku wymiany wyłącznie niesprawnej części, a pozostały re-surs maszyny (zasób pracy do uszkodzenia następnej części) pozostaje niezmieniony. Taki sposób usuwania uszkodzenia nie wymaga najczęściej wysokich kwalifikacji personelu, jak również kosztownego, specjalistycznego wyposażenia i może być realizowany bezpośrednio w warunkach polowych lub w zapleczu technicznym (warsztatach) eksploatorów (PGR, RSP, SKR itp.). Uszkodzenia maszyn, które można usuwać tą metodą, przyjęto nazywać uszkodzeniami eksploatacyjnymi, a zabiegi z tym związane - naprawami bieżącymi [1].

W szeregu przypadków usuwanie uszkodzenia związane jest ze znacznym zakresem prac demontażowo-montażowych, których koszt wielokrotnie przekracza wartość uszkodzonego elementu. Wówczas, po demontażu i myciu, przeprowadza się weryfikację wszystkich elementów i skojarzeń oraz wymianę tych, których zasób pracy do zużycia granicznego okaże się mniejszy od przewidzianego normatywami. Opisywany sposób jest bardziej złożony i wymaga, z zasady, specjalnego wyposażenia i aparatury, stanowisk regulacji i docierania oraz kadr o wysokich kwalifikacjach. Dlatego też przywrócenie zdolności maszyny powinno być w tym przypadku przeprowadzone w warunkach specjalistycznego zakładu naprawczego. Zgodnie ze swoim zakresem, opisywany sposób usuwania uszkodzeń nazywany jest naprawą główną, a uszkodzenia - uszkodzeniami re-sursowymi, powstałymi w wyniku zużycia granicznego takich elementów jak: tuleje cylindrowe, tłoki i sworznie, panewki i czopy wału korbowego, zęby kół zębatach układu napędowego itp.

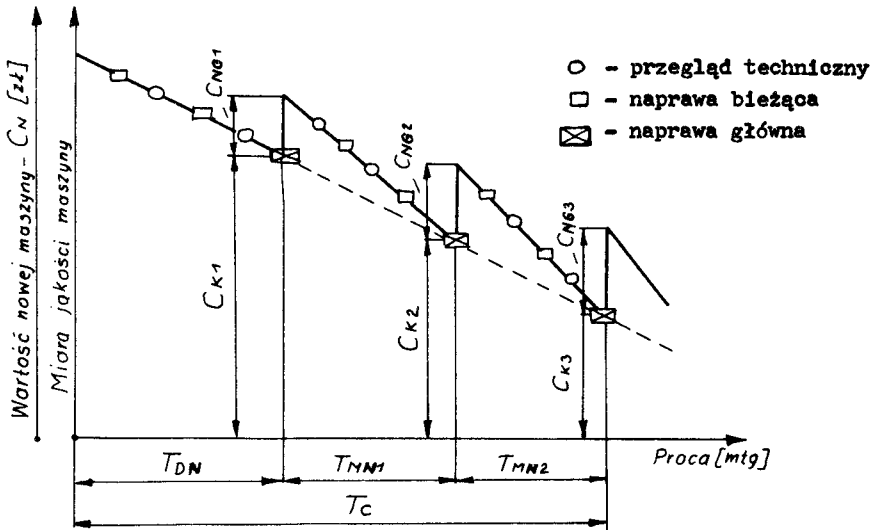
Wpływ opisywanych prawidłowości zmiany stanu technicznego maszyn oraz obsługiwania technicznego na poziom ich jakości eksploatacyjnej przedstawiono na rysunku 2.

Pod pojęciem jakości eksploatacyjnej rozumiemy kompleksową właściwość maszyny charakteryzowaną jej wydajnością, zużyciem materiałów eksploatacyjnych, niezawodnością, wpływem na środowisko naturalne itp. Ekwiwalentem finansowym jakości eksploatacyjnej nowej maszyny (jakość potencjalna) jest jej cena, zaś eksploatacyjnej - aktualna wartość uwzględniająca stopień jej zużycia.

Z przeprowadzonych rozważań wynika, iż:

- potencjalny (wyściowy) poziom jakości maszyny ulega obniżeniu w miarę jej eksploatacji,
- wartość maszyny zmniejsza się w wyniku wyczerpywania zasobu pracy (resursu) do uszkodzenia oraz obniżania wydajności, zwiększania zużycia paliwa itp.,
- pojawienie się pierwszego „uszkodzenia re-sursowego” świadczy o konieczności wykonania naprawy głównej,

- przebiegi między naprawami głównymi ulegają skróceniu w wyniku zwiększonej intensywności zużywania elementów oraz uszkodzeniami tych, które pracowały jeden lub kilka okresów międzynaprawowych,
- koszty napraw systematycznie rosną,
- zwiększeniu ulega pracochłonność prac obsługowych i naprawczych (wpływ czynników atmosferycznych na stan połączeń, zanieczyszczenie glebą, środkami chemicznymi itp.).



Rys.2. Schemat „starzenia” maszyny i zmiana poziomu jej jakości oraz wartości w czasie eksploatacji:

T_{DN} - rewers maszyny (zasób pracy) do pierwszej naprawy głównej, T_{MN} - rewers między naprawami głównymi, T_C - rewers całkowity maszyny, C_K - wartość końcowa maszyny po wyczerpaniu rewersu, C_{NG} - koszt naprawy głównej maszyny

2.3. Propozycje ujęcia problematyki naprawialności maszyn

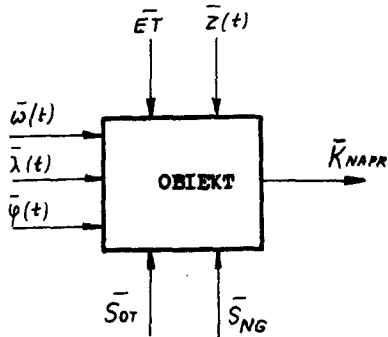
Z dotychczasowych rozważań wynika, iż problemu naprawialności maszyn nie można ograniczać jedynie do zagadnień technologiczności konstrukcji. Uwzględniając powyższe oraz tendencje światowe w tym zakresie (ZSRR, USA, NRD) proponuje się następującą definicję pojęcia naprawialności.

Naprawialność maszyny jest to cecha charakteryzująca wymagania w zakresie obsługi technicznego (przeglądy techniczne i naprawy) oraz przystosowanie do wykrywania, zapobiegania i usuwania uszkodzeń części, zespołów i całych maszyn przy niskich nakładach pracy i materiałów oraz przy niedużych kwalifikacjach personelu.

Potrzeby maszyny w zakresie obsługi technicznego zależą od jej poprawności działania, trwałości i przechowywalności. Natomiast przystosowanie do wykonywania obsługi technicznego - technologiczność

obsługowa konstrukcji - zależy od: przystosowania do kontroli stanu technicznego, dostępu do uszkodzonych elementów, łatwości demontażu, ergonomicznych cech obsługowych, wymienności części itp.

Uwzględniając powyższe założenia oraz fakt, że naprawialność należy odnosić do konkretnych warunków obsługi i napraw, model strukturalny formowania wskaźników naprawialności można przedstawić jak na rysunku 3.



Rys.3. Uproszczony schemat modelu strukturalnego formowania wskaźników naprawialności:

- $\bar{\omega}(t)$ - wektor uszkodzeń eksploatacyjnych (poprawność działania) obiektu,
- $\bar{\lambda}(t)$ - wektor uszkodzeń „resursowych” (trwałość obiektu),
- $\bar{\varphi}(t)$ - wektor przeglądów technicznych,
- \bar{E}_T - wektor charakteryzujący technologiczność obsługową konstrukcji maszyny,
- \bar{S}_{OT} - wektor charakteryzujący system obsług technicznych,
- \bar{S}_{NG} - wektor charakteryzujący system napraw głównych,
- $\bar{Z}(t)$ - wektor zakłóceń,
- $\bar{K}_{NAPR.}$ - wynikowy wektor charakteryzujący naprawialność maszyny.

Badania naprawialności polegają na tym, aby na podstawie znanych wektorów określić wektor charakteryzujący naprawialność. W tym celu należy znać charakterystykę obiektu:

$$\bar{K}_{NAPR.} = Q[\bar{\omega}(t), \bar{\lambda}(t), \bar{\varphi}(t), \bar{E}_T, \bar{S}_{OT}, \bar{S}_R, \dots, \bar{Z}(t)]$$

gdzie:

Q - operator mogący w ogólnym przypadku posiadać różnorodną formę (różniczkowy, całkowy, nieliniowy itp.).

Znając powyższą zależność możemy określić:

- wpływ parametrów poprawności działania i trwałości na naprawialność,
- wpływ technologiczności obsługowej na naprawialność,
- prognozę naprawialności maszyny w miarę upływu czasu eksploatacji,
- wpływ warunków obsługi na ocenę naprawialności,
- program rozwoju zaplecza obsługowego, uwzględniający naprawialność potencjalną i po upływie określonego czasu eksploatacji maszyny.

3. PODSUMOWANIE

W związku z niedoskonałością metod projektowania i wytwarzania maszyn występuje konieczność okresowego wykonywania operacji obsługiwanego technicznego. Należy więc już na etapach przedeksplatacyjnych „wbudować” w maszynę odpowiedni poziom naprawialności.

Stworzenie maszyn o wysokim poziomie naprawialności wymaga rozwiązania szeregu problemów, a mianowicie:

- opracowania sposobów uzyskania uogólnionego wskaźnika naprawialności, odzwierciedlającego specyfikę konstrukcji i pozwalającego obiektywnie ocenić jej warianty,
- zbudowania modeli naprawialności dla sterowania tą właściwością przy rozpracowywaniu konstrukcji maszyn (modele statystyczne, regresyjne),
- opracowania normy państwowej precyzującej obowiązki i zadania dla producentów w zakresie zabezpieczenia odpowiedniego poziomu naprawialności wyrobów.

LITERATURA

- [1] Artemiew I.N.: Kaczestwo remonta i nadzieźnost' maszin w sielskom chaziaistwie. Kołos, Moskwa 1981
- [2] Hebda M., Mazur T.: Podstawy eksploatacji pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa 1980
- [3] Jedliński R.: Badania odnawialności urządzeń technicznych na przykładzie pojazdów jednośladowych. Praca doktorska. Poznań 1978
- [4] Wołkow T.N.: Remontoprizodnost' maszin. Maszinstrojenije, Moskwa 1975
- [5] EN-78/9195-05. Maszyny rolnicze. Metody badań podatności naprawczej
- [6] EN-78/9195-06. Maszyny rolnicze. Metody badań podatności obsługowej w przeglądach technicznych
- [7] OBR-TOR Żdźary: Ogólna metodyka i program badań technologiczności obsługowo-naprawczej sprzętu rolniczego. Żdźary, 1976
- [8] PN-80/N-04000. Niezawodność w technice. Terminologia

AN ATTEMPT AT MAKING A COMPLEX APPROACH TOWARD
AGRICULTURAL MACHINES RENEWABILITY PROBLEMS

Summary

The paper presents reconditioning technological renewability of machines. There was made an analysis of factors affecting its level. The author gives some evaluation criteria and ratios characterizing the adaptation of machines for performing technical services.

ПОПЫТКА КОМПЛЕКСНОЙ ОЦЕНКИ РЕМОНТОПРИГОДНОСТИ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ МАШИН

Резюме

В статье рассмотрен анализ проблемы ремонтпригодности машин, стандартизации и занимаемого места в системе обеспечения качества. На основе анализа характера изменений технического состояния машин во время эксплуатации предложена новая модель ремонтпригодности, а также модель структурального формирования показателей ремонтпригодности машин.

Andrzej Jazdon
Bolesław Przybyliński

WYBRANE CZYNNIKI DETERMINUJĄCE TRWAŁOŚĆ
REGENEROWANYCH ELEMENTÓW MASZYN I POJAZDÓW

W artykule starano się przedstawić niektóre, lecz zdaniem autorów istotne, czynniki determinujące trwałość regenerowanych elementów maszyn. Cechę tę uznać należy za podstawowe kryterium warunkujące celowość regeneracji. Dopiero spełnienie tego kryterium pozwala na stosowanie innych, umożliwiających wybór metody optymalnej. Wśród czynników decydujących o trwałości regenerowanych elementów wyróżniono: wytrzymałość zmęczeniową, odporność na zużycie i zacieranie oraz zużycie korozyjne i erozyjne.

W każdym przypadku, a szczególnie gdy chodzi o elementy spełniające odpowiedzialne funkcje w maszynie, trwałość regenerowanych elementów winna być potwierdzona badaniami prowadzonymi bądź jako eksploatacyjne, czy też w formie badań programowanych.

W artykule przedstawiono przeprowadzone przez autorów badania regenerowanych piast kół przednich samochodów STAR 28/29/200.

1. WSTĘP

Jednym z istotnych sposobów uzyskania znacznych oszczędności surowców, energii i pracy ludzkiej jest prowadzenie w remontach maszyn i pojazdów, na znacznie szerszą niż dotychczas skalę, regeneracji elementów maszyn. Elementy regenerowane winny cechować się jakością zbliżoną do jakości elementów oryginalnych. Szersze upowszechnienie metod regeneracji elementów maszyn rolniczych, budowlanych, wydobywczych i innych, a także pojazdów mechanicznych, wiąże się z zapewnieniem niezawodności, trwałości oraz bezpiecznej eksploatacji tych obiektów. Zatem w rozważaniach naukowych i technicznych za podstawowe kryterium oceny jakości elementów regenerowanych przyjmuje się ich trwałość. Na problemy zapewnienia wymaganej trwałości elementom regenerowanym pragniemy zwrócić uwagę w niniejszym artykule.

2. KRYTERIA I CZYNNIKI WARUNKUJĄCE STOSOWANIE REGENERACJI

Pod pojęciem regeneracja rozumiemy przywracanie zużytemu elementom maszyn pierwotnych własności, celem ponownego ich zastosowania w procesie napraw. Można też określić regenerację jako zespół czynności

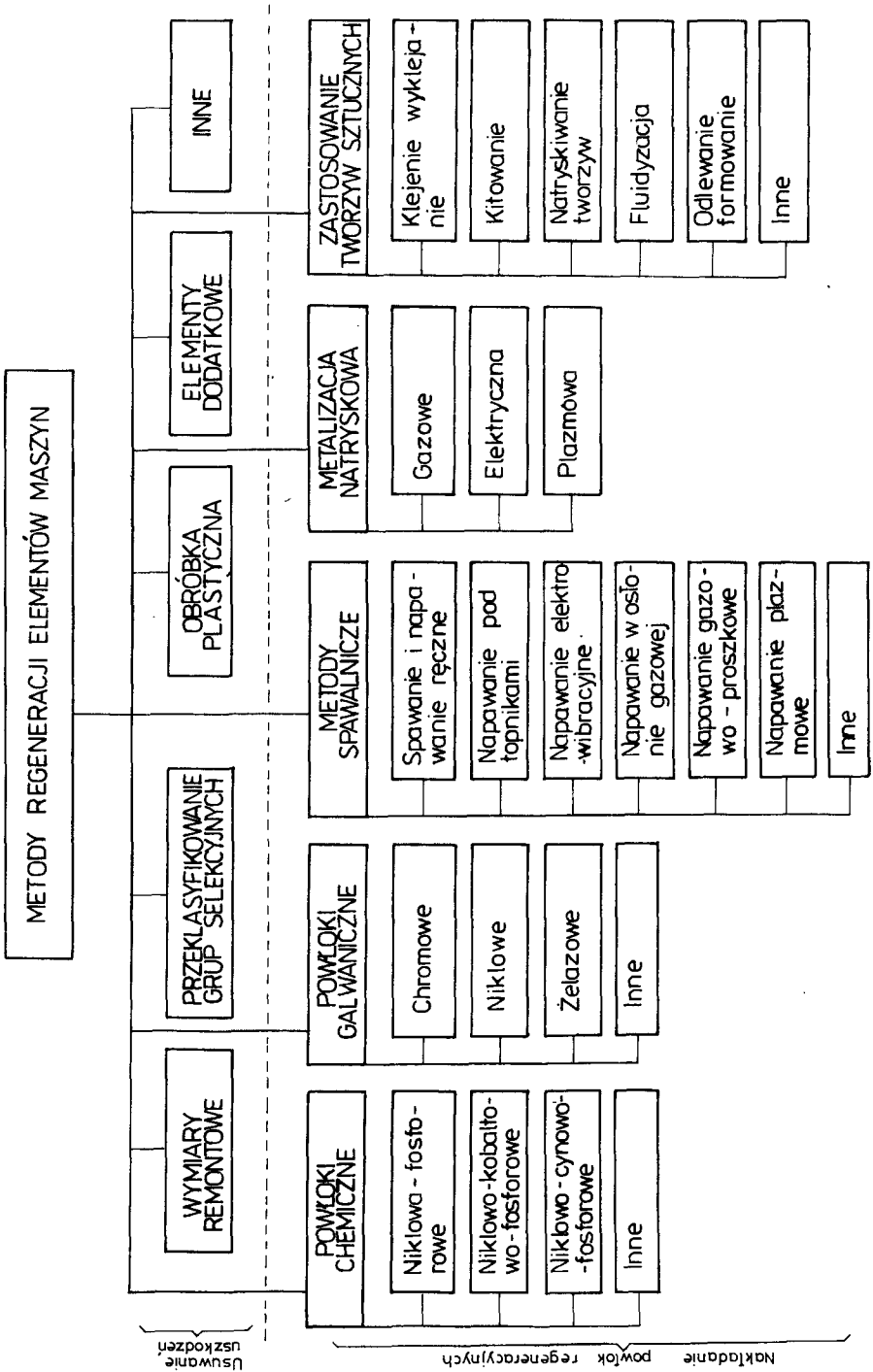
technologicznych powodujących w regenerowanych elementach zmiany strukturalne lub objętościowe (względnie jedno i drugie), mające na celu nadanie tym elementom własności zbliżonych do początkowych, z zachowaniem lub bez zachowania wymiarów nominalnych. Aktualnie istnieje szereg sprawdzonych metod regeneracji elementów maszyn. Podstawowe z nich przedstawiono na rysunku 1.

Decydując się na regenerację poszczególnych elementów maszyn mamy na ogół do wyboru kilka metod regeneracji. Problem polegać będzie, w tym przypadku, na wyborze metody optymalnej, to jest takiej, która zapewni uzyskanie maksymalnych efektów przy najniższych nakładach. Dla właściwego rozwiązania tego zadania celowym jest posługiwać się określonymi kryteriami. Na rysunku 2 przedstawiono za J. Wojdakiem [21] podstawowe, techniczno-ekonomiczne kryteria (czynniki), które decydują o celowości regeneracji. W konkretnym przypadku podejmowania regeneracji określonego elementu, liczba analizowanych czynników podanych na rysunku 2 ogranicza się do kilku z nich, ze względu na wymogi eksploatacyjne, względy technologiczne lub organizacyjno-ekonomiczne. Analiza wszystkich czynników warunkujących celowość regeneracji wykracza poza ramy niniejszego artykułu. Przedstawione zostaną natomiast te, które zdaniem autorów są szczególnie istotne, gdyż warunkują niezawodność i trwałość regenerowanych elementów, a także bezpieczeństwo eksploatacji naprawianych maszyn i pojazdów. Czynniki te, ze względu na złożoność zagadnień związanych z ich uwzględnieniem i sprawdzeniem, są mniej znane, a niekiedy nie uwzględniane w procesach regeneracji, co prowadzić może do negatywnych następstw, podważających celowość regeneracji. Do czynników tych zaliczono:

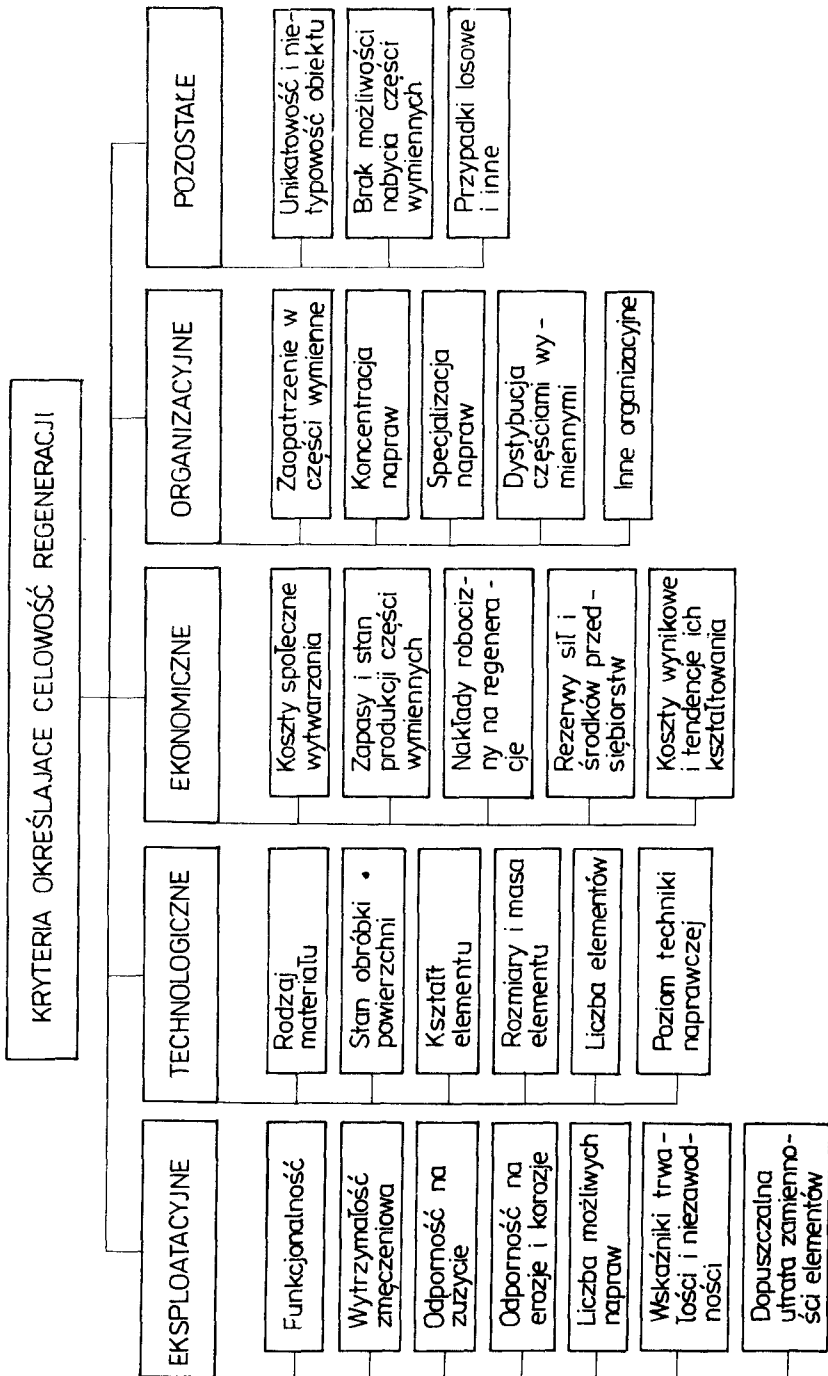
- odporność na zużycie nakładanych powłok regeneracyjnych,
- objętościową i powierzchniową wytrzymałość zmęczeniową regenerowanych elementów,
- odporność na zużycie erozyjne i korozyjne.

3. WPŁYW METOD REGENERACJI NA KSZTAŁTOWANIE SIĘ TRWAŁOŚCI ZMĘCZENIOWEJ REGENEROWANYCH ELEMENTÓW MASZYN I POJAZDÓW

W wyniku regeneracji elementom zużyтым przywraca się najczęściej wymiary, kształt oraz odporność na zużycie ściernie, erozyjne i korozyjne. Inaczej przedstawia się problem wytrzymałości zmęczeniowej. Stosowane aktualnie procesy regeneracji nie zapewniają na ogół uzyskania wytrzymałości zmęczeniowej, jaką posiadał element przed regeneracją. Niekiedy obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej jest znaczne (tabela 1, rysunek 3). Ustalono ponad wszelką wątpliwość [6, 19], że głównym powodem tego niekorzystnego zjawiska jest obecność wad w warstwie napawanej lub na jej powierzchni po obróbce skrawaniem. Do wad tych należą przede wszystkim żużle zwarte i drobne pęcherze - w przypadku ręcznego napawania łukowego oraz drobne, ostre żużle - w przypadku napawania w osłonie gazowej i wady w postaci przyklejeń i drobnych pęcherzy - w przypadku napawania łukiem plazmowym [19].



Rys.1. Podstawowe metody regeneracji elementów maszyn

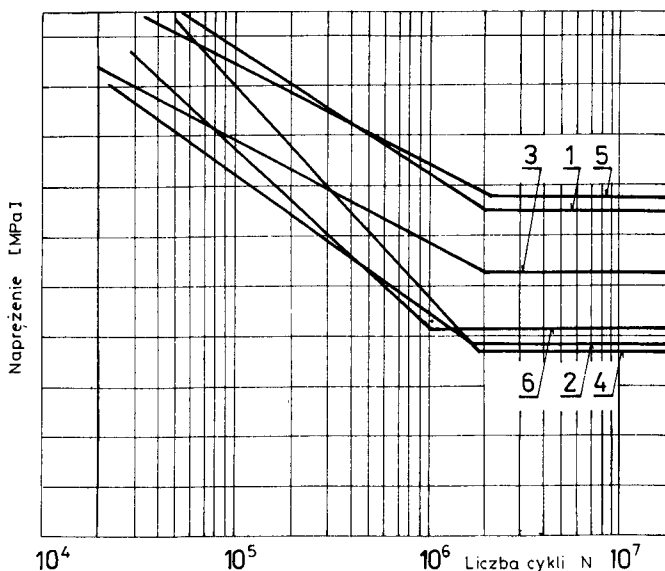


Rys.2. Czynniki wpływające na celowość regeneracji

Tabela 1

Wpływ wybranych metod regeneracji
na obniżenie granicy wytrzymałości zmęczeniowej

Materiał powłoki	Granica wytrzymałości zmęczeniowej [MPa]	Przeciętne obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej %
Stal 45, normalizowana	235	-
Napoina wykonana ręcznie elektrodą otuloną	186	21
Napoina wykonana łukiem krytym	176	25
Napoina wykonana elektrowibracyjnie	146	38
Powłoka chromowa nałożona galwanicznie	176	25
Powłoka żelazowa, galwaniczna	166	28
Powłoka nametalizowana	202	14



Rys.3. Wykresy zmęczeniowe dla różnych metod regeneracji (na tle wykresu dla materiału rodzimego - 1), 2 - elementy zgrzewane, 3 - elementy napawane, 4 - elementy chromowane galwanicznie, 5 - elementy napawane z umocnieniem powierzchniowym, 6 - elementy chromowane chemicznie

Dowodów na uzasadnienie wniosku, że przyczyną obniżenia wytrzymałości zmęczeniowej elementów regenerowanych za pomocą napawania są wady napoin, dostarcza kontrola powierzchni przełomów, która nieodmiennie wykazuje, że zniszczenia zaczynają się od tych wad. Jak stwierdzono [6], większość zniszczeń ma początek w miejscach przerw i wznowień ściegu napoiny. Miej-

sca te charakteryzują się dużą skłonnością do występowania w nich wad, a zwłaszcza porowatości. Pożądane jest zatem, aby liczbę takich miejsc ograniczyć do minimum. Wytrzymałość zmęczeniowa elementów regenerowanych za pomocą napawania zmniejsza się wraz ze zwiększeniem grubości napawanej warstwy, co jest szczególnie zauważalne przy napawaniu ręcznym. Tłumaczyć to należy tym, iż w grubszej warstwie napoiny występuje więcej wad, a w związku z tym szybciej inicjują się i rozwijają pęknięcia zmęczeniowe.

Pokrycia galwaniczne, chętnie stosowane do regeneracji zużytych elementów maszyn, są także przyczyną zmniejszenia granicy zmęczenia elementów nie znajdujących się w ośrodku korozyjnym (natomiast podwyższają wytrzymałość korozyjno-zmęczeniową). Obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej tłumaczy się występowaniem w nałożonej powłoce rozciągających naprężeń szczątkowych, a także nawodorowaniem stali w czasie procesu galwanicznego. W zależności od wartości szkodliwych naprężeń szczątkowych oraz od stopnia nawodorowania, zmniejszenie granicy zmęczenia może dojść nawet do około 50 % [1]. Duże zmniejszenie wytrzymałości zmęczeniowej stwierdzono powszechnie w przypadku nikiłowania oraz chromowania technicznego (twardego). Według Gudda^{1/} zmniejszenie wytrzymałości Z_{go} wzrasta ze wzrostem grubości warstwy pokrycia. Przy grubości warstwy nikiłu równej 0,012 mm granica zmęczenia zmniejszyła się zaledwie o 3 %, a przy grubości 0,085 mm już o 44 %. Zjawisko to tłumaczy się na ogół zwiększeniem szkodliwego nawodorowania ze wzrostem czasu nikiłowania.

Według licznych autorów obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej elementów chromowanych waha się w granicach 20-40 %, w zależności od rodzaju stali, warunków obciążenia i grubości nałożonej powłoki [1]. Stwierdzono także, że dla próbek z karbem zmniejszenie wytrzymałości było po nałożeniu powłoki na ogół mniejsze, niż dla próbek gładkich (tabela 2) i to zarówno w przypadku nikiłowania, jak i chromowania technicznego. Działanie spiętrzenia naprężeń ma większe znaczenie niż działanie powłoki. Chromowanie i nikiłowanie dekoracyjne wywierają mniejszy wpływ na obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej.

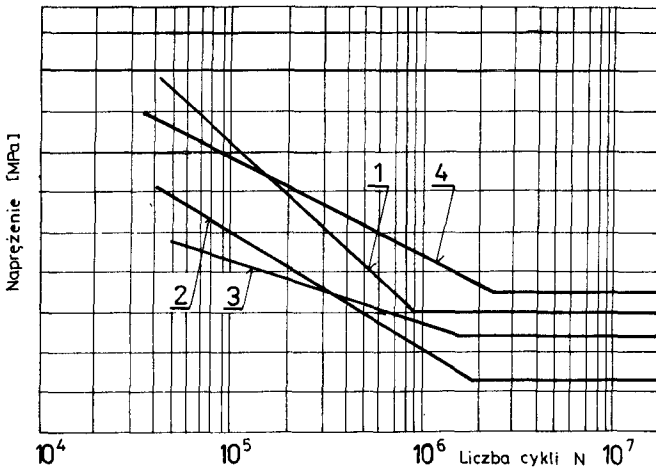
Podsumowując rozważania dotyczące wpływu regeneracji na trwałość zmęczeniową pragniemy nadmienić, że przez stosowanie różnych zabiegów dodatkowych, najczęściej cieplnych i ciepłno-mechanicznych, a także mechanicznych, można zmniejszyć ujemny wpływ regeneracji na obniżenie wytrzymałości zmęczeniowej. Wskazują na to liczne informacje zamieszczone w literaturze [4, 5, 6, 14]. Przykładowo, na rysunku 4 przedstawiono wpływ różnych zabiegów dodatkowych na kształtowanie się wytrzymałości zmęczeniowej regenerowanych wałów korbowych ciągników rolniczych. Na podobne efekty zwraca uwagę w swoim opracowaniu A. Grodecki [4]. Z licznych opracowań wynika, że nawet tak silnie narażone na obciążenia zmęczeniowe elementy jak wały korbowe mogą być regenerowane, pod warunkiem zastosowania odpowiedniej technologii regeneracji.

^{1/} Patrz: A. Buch [1] str. 189

Tabela 2

Wpływ nikiłowania na granicę zmęczenia Z_{go}
 próbek (St 5) gładkich i z karbem [1]

Rodzaj powierzchni	Rodzaj próbki	Granica zmęczenia [MPa]	%
Bez pokrycia	gładka	245	100
Nikiłowana	gładka	162	66
Bez pokrycia	z karbem $r = 0,3$ mm	148	60
Nikiłowana	z karbem wykonanym po nikiłowaniu	138	56
Nikiłowana	z karbem wykonanym przed nikiłowaniem	152	62



Rys.4. Wpływ różnych technologii regeneracji na kształtowanie się wytrzymałości zmęczeniowej wałów korbowych [13]:

1 - wał produkcyjny, 2 - wał regenerowany napawaniem, 3 - wał regenerowany o zmienionych promieniach przejść, 4 - wał regenerowany o zmienionych promieniach - umocniony śrutowaniem

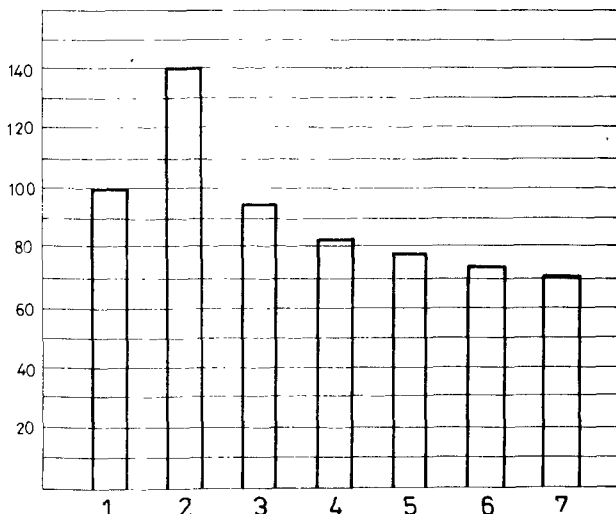
4. WPŁYW REGENERACJI NA INTENSYWNOŚĆ ZUŻYCIA REGENEROWANYCH ELEMENTÓW

Analiza warunków pracy i wymuszeń eksploatacyjnych wykazuje, że około 80 % elementów maszyn traci swoje właściwości użytkowe ze względu na zużycie warstwy wierzchniej [22]. Elementy zużyte w obszarze tej warstwy charakteryzują się następującymi cechami:

- zmiany wymiarów i kształtu oraz wady powierzchniowe są minimalne (0,005 - 0,5 mm),
- ubytki masy są równe i znikome (0,1 - 0,5 %),

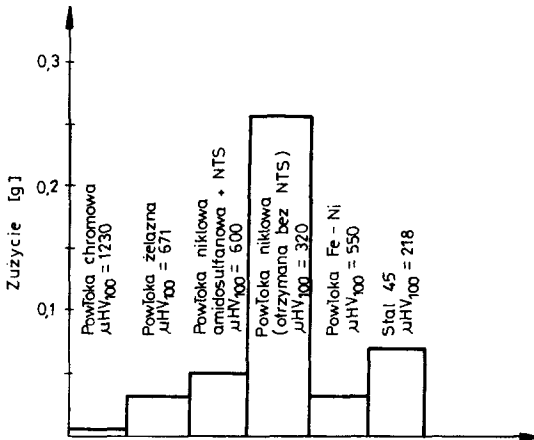
- zmiany w rdzeniu materiału pod względem struktury i wytrzymałości są pomijalne,
- rodzaj, rozległość i miejsce zużycia można traktować jako jednorodne ze względu na technologię regeneracji.

Wymienione cechy zapewniają w tym przypadku techniczną i ekonomiczną celowość regeneracji, która ogranicza się do odtworzenia zużytej warstwy wierzchniej. Niemal wszystkie rodzaje zużycia powierzchniowego mogą być regenerowane opianowanymi dotąd metodami technologicznymi, jak: napawanie, metalizacja, pokrycia galwaniczne, chemiczne i z tworzyw sztucznych, a następnie zastosowanie obróbki cieplnej, mechanicznej, cieplno-mechanicznej lub innych zabiegów dodatkowych. O trwałości regenerowanych elementów, poza omówionym już przypadkiem wytrzymałości zmęczeniowej, decydować będzie odporność na zużycie. Własność ta zależy od takich cech jak struktura warstwy wierzchniej, mikrotwardość, chropowatość powierzchni, skłonność do zgniotu i naprężeń własnych, itp. Rodzaje powłok regeneracyjnych, jak również technologiczne parametry ich nakładania powodują, że odporność na zużycie powłok regeneracyjnych jest różna (rysunki 5 i 6). O trwałości regenerowanego elementu decyduje, poza odpornością na zużycie, także przyczepność nałożonej powłoki do materiału rodzimego. Przykładowo podaje się, że powłoki napawane charakteryzują się przyczepnością w granicach $600 + 700$ [MPa], powłoki elektrolitycznego chromu około 500 [MPa], powłoki uzyskane w wyniku żelazowania około 300 [MPa], a powłoki metalizowane tylko około 60 [MPa].



Rys.5. Wykres porównawczy oporności na zużycie powłok w warunkach zbliżonych do tarcia granicznego:

- 1 - stal 45 hartowana indukcyjnie,
- 2 - powłoka chromowa,
- 3 - napoina wykonana elektrowibracyjnie,
- 4,5 - napoiny wykonane pod topnikiem,
- 6 - powłoka żelaza elektrolitycznego,
- 7 - powłoka metalizowana



Rys.6. Odporność na zużycie galwanicznych powłok regeneracyjnych

Stwierdzić należy, że w zdecydowanej większości przypadków stosowanych powłok regeneracyjnych istnieje możliwość zapewnienia porównywalnej, a nawet większej odporności na zużycie niż wykazuje materiał rodzimy. Odporność na zużycie warstwy napawanej zależy przede wszystkim od rodzaju drutu użytego do napawania, warunków napawania, a także sposobu chłodzenia elementu po napawaniu. Na ogół, w miarę wzrostu twardości napawanej warstwy, rośnie jej odporność na zużycie.

Stosowane obecnie metody regeneracji elementów maszyn napawanych oraz materiały dodatkowe umożliwiają osiąganie bardzo wysokiej odporności warstwy na zużycie, nawet bez potrzeby przeprowadzania jakiegokolwiek obróbki cieplnej czy cieplno-chemicznej lub mechanicznej. Szczególnie wysoką odporność na zużycie wykazują powłoki uzyskiwane plazmowo i gazowo z zastosowaniem różnorodnych materiałów. Przykładowo Morel [13] podaje, że możliwe jest wydłużenie trwałości elementów maszyn pracujących z natryskiwanyymi plazmowo powłokami w zakresie od kilku do kilkudziesięciu razy. Morel stosował natryskiwanie powłok między innymi tlenkiem glinu, węglikiem wolframu, dwutlenkiem cyrkonu i innymi materiałami, uzyskując przy tym bardzo dobre rezultaty. Na podobne efekty wskazano także w pracach [2, 8, 12], a w pracach [15, 16] opisano natomiast metody oceny odporności na zużycie i zacieranie warstw regeneracyjnych.

Podobnie jak w przypadku podwyższenia wytrzymałości zmęczeniowej, istnieje także możliwość stosowania różnorodnych zabiegów dodatkowych celem powiększenia odporności na zużycie elementów regenerowanych [5, 11].

5. REGENERACJA A INNE FORMY ZUŻYCIA ELEMENTÓW MASZYN

O trwałości elementów maszyn, w tym elementów roboczych, decydują przede wszystkim odporność na zużycie oraz wytrzymałość zmęczeniowa. Spotykamy się jednak dość często z innymi zagrożeniami, jak: erozja, korozja,

odporność na zużycie w podwyższonych temperaturach i inne. Bardziej szczegółowe omówienie tych zagadnień wykracza poza ramy niniejszego artykułu. Można jedynie stwierdzić, że opanowane metody regeneracji umożliwiają uzyskanie powłok, których odporność na działanie erozyjne, korozyjne czy zużycie w podwyższonych temperaturach jest nieraz wielokrotnie większa od odporności materiału rodzimego. Szczególnie znaczące efekty uzyskuje się na drodze natryskiwania cieplnego, tak powłok ochronnych, jak i regeneracyjnych [2, 12, 18]. Opracowanie natryskiwania cieplnego z zastosowaniem materiałów niemetalowych (np. tlenków metali) pozwoliło na uzyskiwanie powłok o bardzo dużej twardości i odporności na ścieranie nawet w podwyższonych temperaturach, przy tym powłok trwale powiązanych z podłożem.

Jeszcze większe możliwości w zakresie zwiększenia trwałości istnieją dla elementów narażonych na zużycie korozyjne. Obok tradycyjnych już metod zabezpieczenia antykorozyjnego dochodzą nowe, umożliwiające uzyskiwanie znacznie lepszych efektów. Zastosowanie np. powłok metalowo-malarskich zapewnia kilkakrotnie wyższą trwałość w porównaniu z powłokami malarskimi [12]. W zakresie podwyższania trwałości powłok antykorozyjnych nowy obszar zastosowań znajdują powłoki z tworzyw sztucznych nakładane w różnorodny sposób.

6. BADANIA TRWAŁOŚCI I NIEZAWODNOŚCI REGENEROWANYCH ELEMENTÓW MASZYN I POJAZDÓW

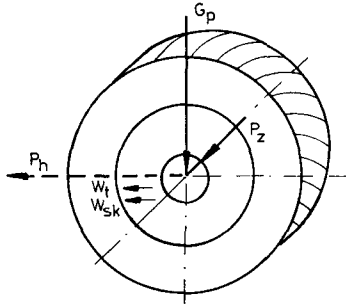
Omówione powyżej czynniki determinujące trwałość regenerowanych elementów maszyn i pojazdów uznać należy za podstawowe kryterium celowości regeneracji. Określenie wartości poszczególnych czynników wymaga prowadzenia odpowiednich badań eksploatacyjnych lub programowanych. Dostarczają one niezbędnych danych do:

- trafnego typowania części do regeneracji,
- doboru optymalnej dla danych warunków metody regeneracji,
- poprawnego zaprojektowania i przeprowadzenia procesu technologicznego,
- dokonania oceny trwałości regenerowanej części,
- ostatecznego sprawdzenia celowości techniczno-ekonomicznej zaproponowanych rozwiązań.

Poniżej przedstawione zostaną niektóre zagadnienia dotyczące badań regenerowanych piast kół samochodów ciężarowych STAR 28 (29) 200.

Uszkodzenia piast kół samochodów występują w wyniku oddziaływania obciążeń dynamicznych, powstających wskutek toczenia się kół po nierównościach drogi.

W opracowaniu [20] przeprowadzono analizę teoretyczną i wyznaczono warunki pracy, a w konsekwencji wartość obciążeń piasty koła samochodu (rysunek 7 oraz tabela 3).



Rys.7. Układ sił działających na piastę koła przedniego pojazdu samochodowego

Tabela 3

Wartość obciążeń piasty koła samochodu

Lp.	Rodzaj obciążenia	Oznaczenie	Wartość [N]
1	Obciążenie	G_p	17500
2	Siła oporu toczenia	W_t	297
3	Opór skrętu	W_{sk}	490
4	Siła hamowania	P_h	12250
5	Siła poprzeczna	P_z	8750

Jak wynika z przeprowadzonych obliczeń, dominującymi co do wartości siłami wpływającymi na obciążenie badanych piast są siły G_p oraz P_h . Dodając geometrycznie wartości sił G_p , P_h , W_t i W_{sk} otrzymamy, że obciążenie piast będzie zmieniało się od wartości $G_p = 17\,500$ [N] (przy statycznym charakterze obciążenia) do wartości obliczonej z zależności

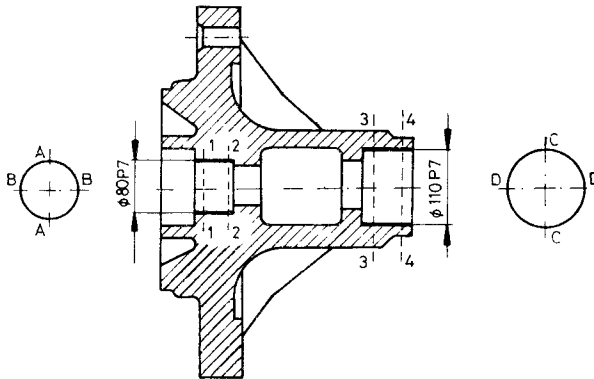
$$G = \sqrt{G_p^2 + (P_h + W_{sk} + W_t)^2} \quad (1)$$

Podstawiając wartości z tabeli 3 otrzymuje się $G = 21\,822$ [N].

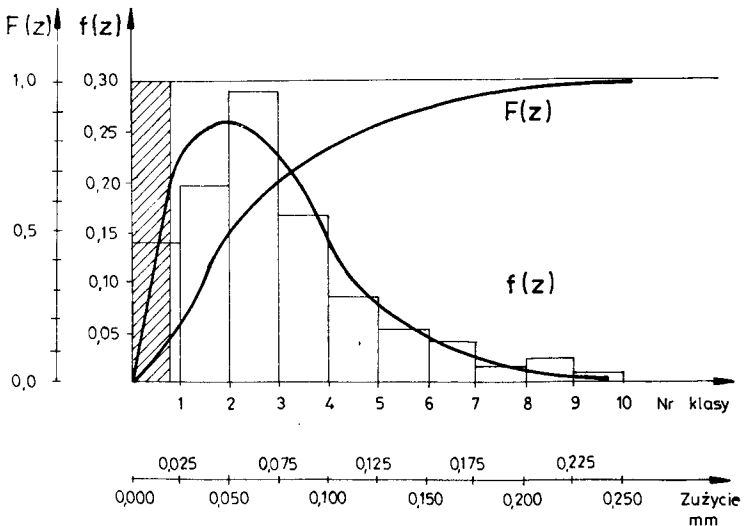
Przedstawione powyżej w pewnym uproszczeniu obliczenia obciążeń piasty posłużyły do oceny warunków jej pracy, a w dalszej kolejności do wyboru metody regeneracji oraz opracowania programu modelowania obciążeń na stanowisku badawczym.

Wskutek dynamicznych obciążeń występują różnorodne uszkodzenia elementów kół, a w tym wybijanie gniazd łożyskowych w piastach. Dla poznania wartości i charakteru uszkodzeń rozpatrywanych elementów niezbędne jest zebranie informacji z naturalnej eksploatacji. Poznanie postaci i przyczyn uszkodzeń oraz wartości zużycia piast oryginalnych, eksploatowanych w warunkach naturalnych, jest niezbędne nie tylko do wyboru optymalnej metody regeneracji, lecz także do późniejszego porównania trwałości piast oryginalnych i regenerowanych. Do badań pobrano w sposób losowy 156 piast kół przednich samochodów STAR 28 (29) 200, kierowanych do naprawy głównej.

Miejsca przeprowadzenia pomiarów przedstawiono na rysunku 8, natomiast na rysunku 9 przedstawiono histogram oraz dystrybuantę $F(z)$ i funkcję gęstości rozkładu $f(z)$ zużycia dla jednego z wybranych przekrojów i płaszczyzny pomiaru.



Rys.8. Sposób przeprowadzenia pomiaru zużycia gniazd piast kół

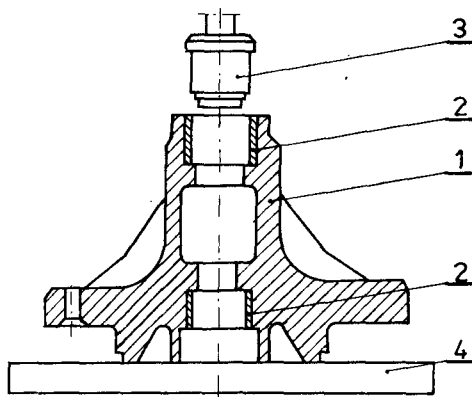


Rys.9. Histogram oraz przebieg funkcji gęstości $f(z)$ i dystrybuanty $F(z)$ zużycia otworów piast kół przednich samochodów STAR 28 (29) 200 otwór $\phi 80P7$. Płaszczyzna pomiaru A-A, przekrój 1-1

Na podstawie pomiarów stwierdzono, że w ponad 80 % piast kół przednich samochodów STAR, kierowanych do napraw głównych, wartość zużycia gniazd łożyskowych przekroczyła wymiar graniczny. Wynika stąd celowość prowadzenia regeneracji.

Wybite gniazda łożyskowe piast kół samochodu STAR można regenerować różnymi metodami. Uwzględniając warunki pracy tego elementu oraz odpowie-

działną rolę jaką spełnia piasta koła przedniego samochodu ciężarowego, opracowana została w Ośrodku Badawczo-Rozwojowym Technicznej Obsługi Rolnictwa w Żdżarach k.Łodzi oryginalna metoda regeneracji, której istotę zilustrowano na rysunku 10.



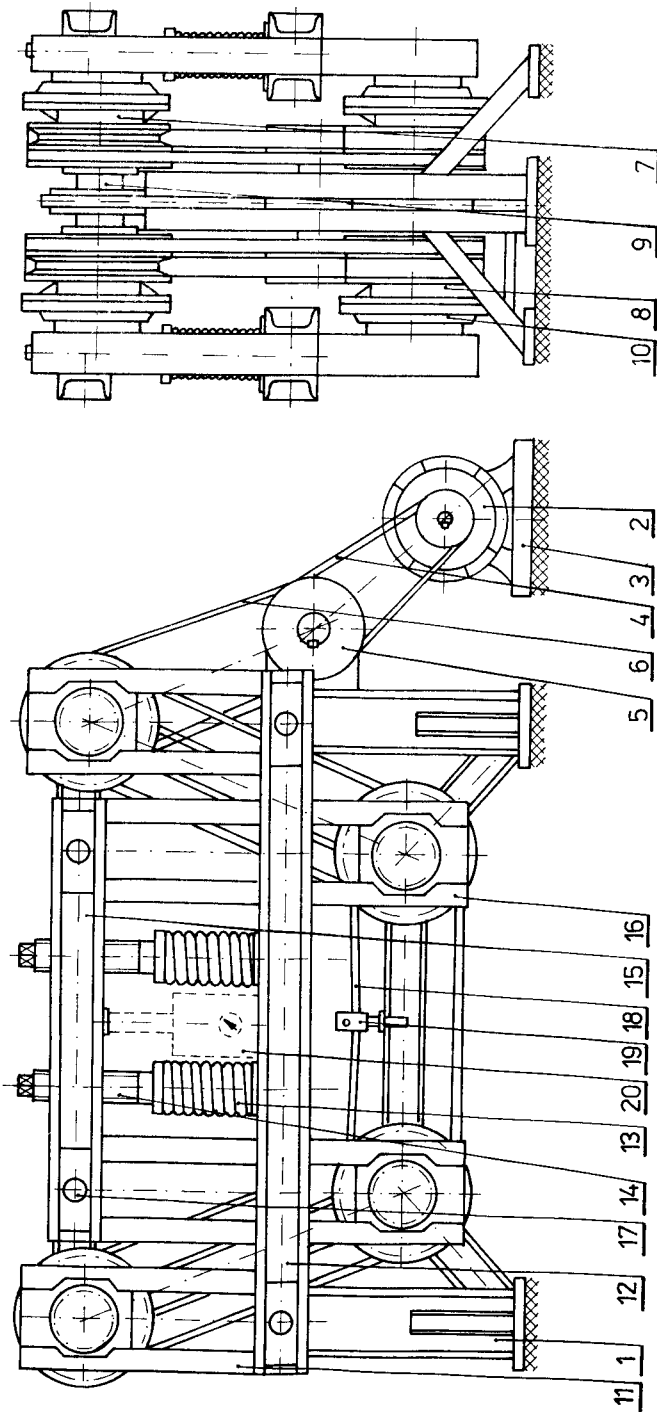
Rys.10. Schemat regeneracji gniazd łożyskowych piast

W roztoczone zużyte gniazda łożyskowe piast wkładane są stalowe blachy zwijane, które następnie przy pomocy dogniataka utwierdzone są w gnieździe piasty. Zaproponowana metoda pozwala odtworzyć wymiar nominalny gniazda piasty, nie powodując istotnego osłabienia jej ścianek.

Zadaniem autorów było dokonanie oceny trwałości regenerowanych piast. Zaproponowano dwie formy sprawdzenia trwałości piast regenerowanych - w wyniku przeprowadzenia badań w naturalnych warunkach eksploatacji oraz programowanych badań stanowiskowych.

Badania eksploatacyjne, do których wytypowano 8 regenerowanych piast, miały charakter pomocniczy i stanowiły uzupełnienie podstawowych badań stanowiskowych. Piasty zostały zamontowane w trzech samochodach STAR 28 oraz w jednym samochodzie STAR 200. Przed zamontowaniem piast do samochodów dokonano ich pomiarów i oględzin. W toku badań prowadzona była rejestracja rodzaju obciążenia, ilości przejechanych kilometrów, rodzaju nawierzchni itp. oraz dokonywano bieżących przeglądów i pomiarów piast.

Zasadnicze badania przeprowadzono na zaprojektowanych i wykonanych dwóch jednakowych stanowiskach badawczych, które pozwalały na jednoczesne badanie 16 piast. Zasada działania i budowa stanowiska jest następująca (rys.11). Głównym elementem stanowiska jest spawana rama (1), wykonana z ceowników połączonych ze sobą czterema węzłami z blachy o grubości 20 [mm]. Do blach obustronnie przykręcono zwrotnice (9), na których osadzono piasty badane (7, 8). Zamontowanie piast na zwrotnicach było identyczne jak w samochodzie. Do czoła piasty, zamiast obręczy koła, przykręcano specjalną tarczę (10). Na czopie tarczy osadzono łożysko baryłkowe, na które wcisnięto z kolei kostkę wahacza (11, 16). Wahacz krótki (11) połączono sworzniem z półką dolną (12), a wahacz długi z półką górną (15). W półce górnej wykonano dwie nakrętki z gwintem trapezowym, w których przesuwają się śru-



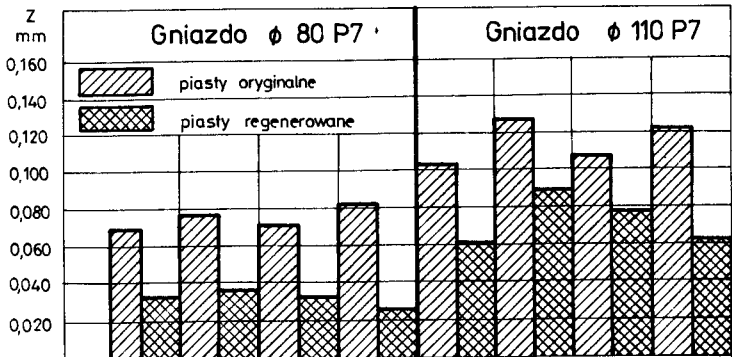
Rys. 11. Schemat stanowiska badawczego

by (14). Niegwintowany koniec śruby (14) prowadzony był suwliwie w otworze półki dolnej (12). Śrubę (14) połączono przez miseczkę z zespołem sprężyn (13), opartym na półce dolnej. Rozwieranie półek powodowało obciążenie badanych piast. Wartość obciążenia regulowana była podnośnikiem hydraulicznym (20) z wbudowanym manometrem. Rozwarcie półek utrzymywane było śrubami (14). Piasty uzyskiwały ruch obrotowy od silnika elektrycznego (2) za pośrednictwem przekładni pasowych (4, 6, 18). Wydłużenia eksploatacyjne pasków klinowych kompensowane było napinaczami (19).

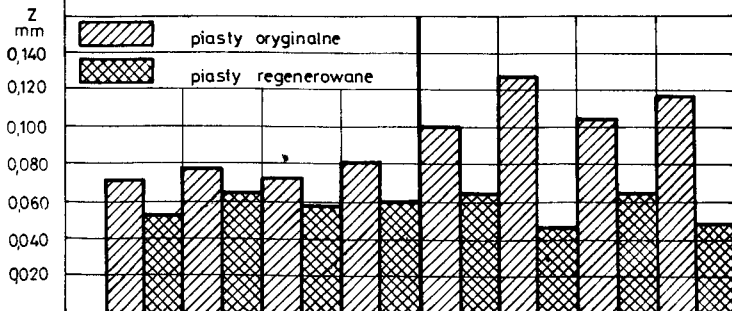
W toku badań odtwarzane były w sposób zdeterminowany ustalone warunki pracy piast. Dla celów porównawczych wśród 16 badanych piast, 4 stanowiły piasty oryginalne (nowe). Szczegółowe zasady dotyczące sposobu modelowania czynników eksploatacyjnych programu i przebiegu badań zawarte są w opracowaniu [20].

Wyniki uzyskane z przeprowadzonych badań stanowiskowych zestawiono na rysunku 12. Odzwierciedlają one stopień zużycia piast obciążonych w granicach 15 000 - 20 000 [N], przy prędkości obrotowej odpowiadającej prędkości jazdy samochodu - około $70 \left[\frac{\text{km}}{\text{h}} \right]$. Czas badania piast odpowiada przebiegowi 64 470 [km].

a/



b/



Rys.12. Porównanie średnich wartości zużycia piast oryginalnych i regenerowanych:

- a) badanych w warunkach eksploatacyjnych,
b) badanych na stanowisku

Wyniki z badań stanowiskowych, jak również z badań eksploatacyjnych wykazują, że w przypadku, gdy proces regeneracji gniazd łożyskowych piast metodą dogniatania blachy zwijanej został przeprowadzony ściśle według opracowanej technologii, to trwałość tak regenerowanych piast jest porównywalna z trwałością piast oryginalnych. Stanowiło to podstawę do wdrożenia w praktyce opracowanej technologii regeneracji piast kół przednich samochodów STAR.

Wstępna analiza techniczno-ekonomiczna wdrożenia tej technologii wykazuje, że uzyskuje się wymierne efekty w postaci:

- oszczędności materiałów - 97 %,
- oszczędności energii - 90 %
- obniżki kosztów napraw piast - 63 %.

Przedstawiony powyżej przykład stanowi dobrą ilustrację problematyki badań trwałości regenerowanych elementów maszyn, a zarazem wskazuje, jak znaczne rezerwy w zakresie zmniejszania materiałochłonności i energochłonności napraw maszyn i pojazdów tkwią w regeneracji ich elementów.

LITERATURA

- [1] Buch A.: Zagadnienia wytrzymałości zmęczeniowej. PWN, Warszawa 1964
- [2] Dawidowicz J.: Kierunki badań nad rozwojem regeneracji części samochodowych w zapleczu technicznym motoryzacji. Materiały konferencji nt. Technologia, ekonomika i organizacja regeneracji części wymiennych w rolnictwie. SITR, Łódź 1985
- [3] Fąfara R.: Rola i znaczenie regeneracji części i zespołów sprzętu rolniczego. Materiały konferencji nt. Technologia, ekonomika i organizacja regeneracji części wymiennych w rolnictwie. SITR, Łódź 1985
- [4] Grodecki A.: Jakość regenerowanych wałów korbowych. Eksploatacja Maszyn, nr 2-3/84
- [5] Grudziński J.: Możliwości zwiększenia trwałości regenerowanych części maszyn rolniczych obróbką cieplno-mechaniczną. Materiały konferencji nt. Technologia, ekonomika i organizacja regeneracji części wymiennych w rolnictwie. SITR, Łódź 1985
- [6] Gurney T.R.: Zmęczenie konstrukcji spawanych. WNT, Warszawa 1973
- [7] Jazdon A.: Badania niezawodności a regeneracja. Eksploatacja Maszyn, nr 5-6/82
- [8] Jazdon A., Stachowski W.: Regeneracja elementów skrzyń przekładniowych napawaniem proszkami. Eksploatacja Maszyn, nr 2-3/83
- [9] Jazdon A., Przybyliński B.: Naprawa łożyskowań wirników silników pomp głębinowych. Eksploatacja Maszyn, nr 8/84
- [10] Jazdon A., Przybyliński B.: Ocena trwałości regenerowanych piast kół samochodów STAR 28 (29) 200. Materiały konferencji Eksploatacja '86. ZG SEMIUT-SIMP, Warszawa 1986

- [11] Kostrzewa S., Nowak B.: Podstawy regeneracji części pojazdów samochodowych. WKiŁ, Warszawa 1979
- [12] Milewski W.: Technologia natryskiwania cieplnego powłok ochronnych i regeneracyjnych. Przegląd Mechaniczny, nr 7/81
- [13] Morel S.: Uodpornienie na ścieranie elementów maszyn i urządzeń przemysłowych przez plazmowe natryskiwanie powłok. Materiały konferencji nt. Technologia, ekonomika i organizacja regeneracji części wymienionych w rolnictwie. SITR, Łódź 1985
- [14] Nakonieczny A., Lamprecht E.: Metody podwyższania wytrzymałości zmęczeniowej regenerowanych wałów korbowych. Materiały II Sympozjum Zmęczenia Materiałów i Konstrukcji, Lublin 1977
- [15] Nosal S.: Metoda oceny odporności na zużycie i zacieranie warstw regeneracyjnych w warunkach warsztatowych. Materiały konferencji Eksploatacja '86, ZG SEMIUT-SIMP, Warszawa 1986
- [16] Nosal S.: Możliwość ujednocnionej oceny tribologicznych własności warstw regeneracyjnych. Eksploatacja Maszyn, nr 2-3/85
- [17] Pilarczyk J.: Regeneracja przez napawanie źródłem niewykorzystanych możliwości w produkcji części wymiennych. Mechanik, nr 1/79
- [18] Praca zbiorowa: Zwiększenie trwałości maszyn metodami technologicznymi. WNT, Warszawa 1983 (tłumaczenie z j. rosyjskiego)
- [19] Robakowski T.: Wpływ napawania regeneracyjnego na wytrzymałość zmęczeniową elementów ze stali 45. Eksploatacja Maszyn, nr 2-3/86
- [20] Sprawozdanie z przeprowadzonych badań trwałości piast kół samochodów STAR 28 (29) 200 regenerowanych wg technologii opracowanej przez OBR TOR w Żdżarach. Praca BZ-35/84, ATR, Bydgoszcz 1985
- [21] Wojdak J.: Techniczno-ekonomiczne aspekty regeneracji części wymiennych. Materiały konferencji nt. Technologia, ekonomika i organizacja regeneracji części wymiennych w rolnictwie. SITR, Łódź 1985
- [22] Wojdak J.: Zasadność regeneracji części maszyn w aspekcie gospodarczym i praktycznej realizacji. Materiały konferencji Eksploatacja '86. ZG SEMIUT-SIMP, Warszawa 1986
- [23] Zaremba W.: Rozwój systemu eksploatacji urządzeń technicznych w rolnictwie. Materiały I Krajowej Konferencji nt. Problemy eksploatacji urządzeń technicznych w przemyśle rolnym i rolno-spożywczym. ART i OW NOT, Olsztyn 1981

CHOSEN FEATURES DETERMINING LIFE
OF REGENERATED PARTS OF MACHINES AND VEHICLES

Summary

The paper presents some features of crucial importance which determine regenerated elements life. Life is the most important criterion conditioning regeneration propriety. Only the criteria compliance enables applying other criteria for optimum method selection.

The following factors deciding about regenerated elements life were selected:

- fatigue strength,
- wear and seizing resistance,
- corrosion and erosion wear.

In every case, especially with important functional parts, regenerated elements life should be confirmed by tests carried out as maintenance or programmed ones.

The paper presents an investigation into regenerated front hubs of the following trucks: STAR 28, 29 and 200.

НЕКОТОРЫЕ ФАКТОРЫ ВЛИЯЮЩИЕ НА ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ВОССТАНАВЛИВАЕМЫХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН

Резюме

Статья рассматривает факторы влияющие на долговечность восстанавливаемых элементов машин. Главным фактором следует признать необходимость регенерации. Только после этого можно применять другие критерия, позволяющие выбрать оптимальный метод. Этими факторами являются:

- усталостная прочность,
- износостойкость,
- коррозионный и эрозийный износ.

Во всех случаях, а особенно тогда, когда восстанавливаемые элементы выполняют ответственные задачи, их долговечность должна быть проверена во время эксплуатационных или программированных испытаний.

Статья содержит результаты испытаний восстановленных передних ступиц колёс грузовых автомобилей Стар 28/29/200.

Bogdan Żółtowski

OCENA PODATNOŚCI DIAGNOSTYCZNEJ MASZYN

Efektywny przebieg badań diagnostycznych funkcjonujących maszyn uwarunkowany jest prawidłową organizacją technologii badań. Badania diagnostyczne pozwalają na rozpoznawanie i przewidywanie stanu maszyn, jak też ocenę poprawności ich działania. Uzyskane informacje stanowią podstawę do wypracowania dalszych decyzji eksploatacyjnych.

Racjonalne i efektywne wykorzystanie dużej ilości informacji diagnostycznych wiąże się z podatnością diagnostyczną badanych maszyn. Problematyce tej poświęcono niniejsze opracowanie, wskazując w nim na metody i sposoby kształtowania podatności diagnostycznej maszyn, we wszystkich etapach jej istnienia.

1. WSTĘP

Stosowanie nowoczesnych metod konstruowania i wytwarzania doprowadziło do powstania złożonych maszyn, których utrzymanie w stanie gotowości eksploatacyjnej wymaga znacznych nakładów pracy i środków finansowych. Skutecznym narzędziem w utrzymaniu zdatności maszyn stają się metody i środki diagnostyki technicznej. Mogą one być racjonalnie wykorzystane tylko dla maszyn cechujących się dużą podatnością diagnostyczną, umożliwiającą efektywne wykorzystanie informacji diagnostycznej.

W opracowaniu tym przedstawiono ogólne podejście do oceny podatności diagnostycznej maszyn, wyróżniając przy tym:

- zasady kształtowania podatności diagnostycznej,
- liczbowe wskaźniki podatności diagnostycznej,
- wstępną metodykę badań podatności diagnostycznej.

Zaproponowano także system oceny badań podatności diagnostycznej we wszystkich etapach powstawania nowo konstruowanych maszyn.

2. PODATNOŚĆ DIAGNOSTYCZNA

Proces intensywnego rozwoju maszyn o dużym stopniu automatyzacji, unifikacji i integracji stwarza szereg problemów natury technicznej, organizacyjnej i ekonomicznej, związanych z ich eksploatacją [1]. Jednym z problemów jest utrzymanie wysokiej gotowości technicznej umożliwiającej wykonanie zadań zgodnie z założonym przeznaczeniem. Poprawna realizacja zada-

nia wiąże się już z pierwszym etapem tworzenia nowego wyrobu lub jego modernizacji oraz z właściwie zorganizowanym systemem eksploatacji.

Przed konstruktorem staje więc odpowiedzialne zadanie zapewnienia wysokiej jakości (niezawodności i trwałości) konstruowanym urządzeniom. Do właściwości, które w tak postawionym zadaniu posiadają szczególne znaczenie, należy zaliczyć: poprawność działania, trwałość, naprawialność, zachowawczość i podatność diagnostyczną.

W procesie projektowania maszyny należy zatem określić miejsce, metody, środki i zakres badań jakości wyrobu. W siatce czynności projektowania, elementy badania jakości wyrobów występują jako:

- określenie zakresu prac badawczych na etapie założeń konstrukcyjnych,
- badania prototypu,
- badania serii informacyjnej,
- badania serii produkcyjnej.

Daje to, w połączeniu z badaniami eksploatacyjnymi, obraz zmian stanu obiektu oraz wnioski co do zmian konstrukcyjnych i technologicznych wraz z organizacją systemu eksploatacji. Tak szeroka potrzeba rozwijania badań spowodowała dynamiczny rozwój diagnostyki technicznej, której metody i środki pozwalają na rozpoznawanie i przewidywanie stanu maszyn, jak również ocenę poprawności ich działania.

Wprowadzenie nowych metod diagnostycznych wymaga każdorazowo rozwiązania szeregu problemów wiążących się z obserwacją i rejestracją zewnętrznych przejawów towarzyszących procesom fizycznym, analizą i oceną zarejestrowanych danych, wypracowaniem decyzji diagnostycznej i ewentualnie, wypracowaniem prognozy. Złożoność tej problematyki w ujęciu potrzeb opracowanych procedur diagnostyki wibroakustycznej pokazano na rysunku 1. Wynika z niego, że w obszarze badań znajdują się [2]:

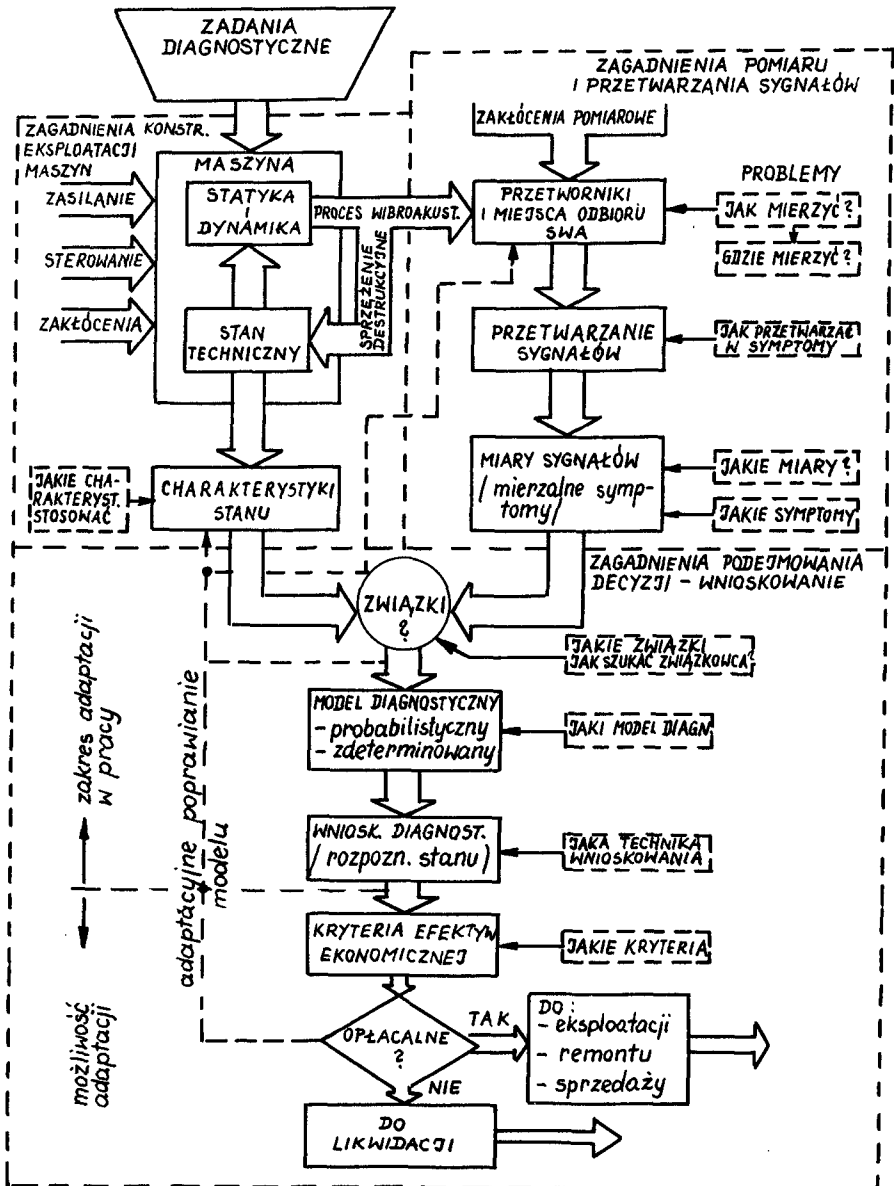
- zagadnienia konstrukcji, wytwarzania i eksploatacji maszyn,
- zagadnienia pomiaru i przetwarzania sygnałów,
- zagadnienia podejmowania decyzji - wnioskowanie.

Racjonalne i efektywne wykorzystanie dostępnej z badań informacji diagnostycznej wiąże się z podatnością diagnostyczną maszyn. Przez podatność diagnostyczną rozumiemy przystosowanie maszyny do realizacji procesu diagnostycznego, czyli ciągu operacji zmierzających do uzyskania informacji umożliwiającej wypracowanie decyzji diagnostycznej. Podatność diagnostyczna określa więc właściwości maszyn związane z ich niezawodnością, warunkami eksploatacji i systemem obsługiwań, charakteryzując przystosowanie maszyn, ich mechanizmów i zespołów do diagnozowania.

2.1. Wskaźniki podatności diagnostycznej

Właściwie skonstruowany obiekt mechaniczny powinien być konstrukcyjnie i technologicznie przystosowany do szybkiej i pewnej oceny stanu technicznego. Wymaga to prowadzenia, podczas konstruowania [1] obiektu, szeregu analiz określających podatność diagnostyczną i obejmujących:

- analizę procesów starzenia, powstawania uszkodzeń i niedomagań mecha-



Rys.1. Obszar badań diagnostyki wibroakustycznej

nizmów i układów obiektu,

- określenie celowości diagnozowania poszczególnych zespołów obiektu,
- analizę możliwych do zastosowania metod diagnostycznych i wybór metod najkorzystniejszych,
- sformułowanie wymagań dotyczących konstrukcji obiektu z uwzględnieniem zastosowania wybranych metod diagnostycznych,
- wykonanie prób diagnozowania prototypu obiektu, serii informacyjnej i produkcyjnej,
- ocenę osiągniętego poziomu diagnozowania i określenie przedsięwzięć mających na celu polepszenie podatności diagnostycznej obiektu.

Wskaźnikami podatności diagnostycznej są między innymi:

- dostępność do miejsc diagnozowania,
- łatwość podłączenia środków diagnozy,
- możliwość diagnozowania bez demontażu układów,
- skuteczność (pewność) diagnozowania,
- komfort (dogodność) pracy,
- oczujnikowanie obiektów na etapie wytwarzania,
- bezbłądność podłączenia urządzeń diagnostycznych,
- unifikacja punktów pomiarowych (gniazd diagnostycznych),
- liczba punktów pomiarowych.

W literaturze technicznej pojawiają się już pierwsze wskaźniki liczbowej oceny podatności diagnostycznej zdefiniowane następująco [1, 2]:

- normatyw N

$$N = \frac{T_o + T_d}{L - Q} \quad (1)$$

- współczynnik K

$$K = \frac{T_o}{T_o + T_d} \quad (2)$$

- wskaźnik podatności diagnostycznej K_D

$$K_D = \frac{\sum_{i=1}^n q_i \cdot T_{i1}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 q_i \cdot T_{ij}} \quad (3)$$

- wskaźnik dostępności do uszkodzonego elementu K_d

$$K_d = \frac{\sum_{i=1}^n q_i \cdot T_{i2}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 q_i \cdot T_{ij}} \quad (4)$$

- wskaźnik podatności na wykonanie kontroli K_k

$$K_k = \frac{\sum_{i=1}^n q_i \cdot T_{i4}}{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^4 g_i \cdot T_{ij}} \quad (5)$$

gdzie:

- T_o - podstawowa prędkość podczas badań i stawiania diagnozy,
- T_d - pomocnicza prędkość uwarunkowana dostępem do miejsc pomiarów, podłączeniem i odłączeniem środków diagnozy, ustaleniem warunków badań itp.,
- L - docelowy czas pracy (przebieg) urządzenia,
- Q - obciążenie (ładowność) obiektu,
- q_i - prawdopodobieństwo warunkowe wyboru i -tego podzbioru czynności naprawczych,
- T_{i1}, T_{i2}, T_{i4} - czasy trwania poszczególnych czynności.

Można też wykorzystywać w ocenie podatności diagnostycznej jako wspomagające następujące wskaźniki:

- wskaźnik diagnostyczności, charakteryzujący przystosowanie obiektu do lokalizacji uszkodzeń

$$K_L = \frac{t_L}{t_o} \quad (6)$$

- wskaźnik technologiczności naprawczej, charakteryzujący przystosowanie obiektów do wykonywania obsługiwań i napraw

$$K_N = \frac{t_p}{t_o - t_L} \quad (7)$$

- wskaźnik ergonomiczności diagnostycznej

$$K_E = \frac{\sum t'_o}{\sum t_o} \quad (8)$$

- względny koszt naprawy

$$C_W = \frac{C_o \cdot 1000}{L_E} ; \left[\frac{\text{zł}}{1000 \cdot \text{km}} \right] \quad (9)$$

gdzie:

- t_L - czas lokalizacji uszkodzenia,
- t_o - czas naprawy,
- t_p - czas podstawowy,
- C_o - jednostkowy koszt naprawy,
- L_E - średni przebieg do uszkodzenia,
- t'_o - czas na diagnostykę przy najwygodniejszej pozycji,
- t_o - czas na diagnostykę w rzeczywistych warunkach.

Ocena podatności diagnostycznej za pomocą przedstawionych wskaźników daje pożyteczną informację zarówno dla konstruktorów, jak i eksploatorów maszyn. Ma to szczególne znaczenie na etapie eksploatacji maszyn, gdzie w znanych systemach eksploatacji diagnostyka techniczna zajmuje coraz częściej poczesne miejsce.

2.2. Kształtowanie podatności diagnostycznej maszyn

Aktualne możliwości kształtowania podatności diagnostycznej maszyn wiążą się ze stanem metod i środków diagnostyki technicznej, sposobami jej wdrażania do praktyki oraz przystosowaniem obiektów do diagnozowania.

Możliwości badań diagnostycznych w tym zakresie, mimo znacznego wzrostu poziomu wiedzy oraz posiadanego sprzętu diagnostycznego, są znacznie jeszcze ograniczone. Jest to spowodowane głównie:

- brakiem efektywnych metod i środków diagnostyki szczególnie dla niektórych zespołów mechanicznych, pneumatycznych i hydraulicznych,
- koniecznością posiadania wysoko wyspecjalizowanej kadry, szczególnie dla skomplikowanych urządzeń diagnostycznych,
- małą podatnością diagnostyczną wielu złożonych obiektów polegającą na:
 - a) niemożności podłączenia urządzeń diagnostycznych,
 - b) brakiem gniazd kontrolnych i złącz diagnostycznych,
 - c) złym dostępem do elementów i zespołów wymagających regulacji i wymiany podczas eksploatacji,
 - d) niestosowaniu w urządzeniach systemu blokowego, ułatwiającego wytwarzanie, badanie i wymiany (unifikacja),
 - e) brakiem sygnalizacji (światlonej lub dźwiękowej) stanów krytycznych lub uszkodzeń podstawowych zespołów urządzenia,
- zbyt wolnym wprowadzaniem systemów automatycznej kontroli stanu i lokalizacji uszkodzeń,
- brakiem w instrukcjach obsługowych i naprawczych pełnej informacji dotyczącej nominalnych i granicznych wartości parametrów diagnostycznych oraz warunków technicznych prowadzenia pomiarów.

Uwagi te poważnie ograniczają skuteczność stosowanych badań diagnostycznych. Istnieje pilna potrzeba doskonalenia istniejących metod i środków diagnostycznych, ich mechanizacji i automatyzacji, przy wykorzystaniu elektronicznej techniki do celów sterowania procesem kontroli stanu, statystycznej obróbki wyników i wypracowania decyzji diagnostycznych.

Kształtowanie podatności diagnostycznej już na etapie konstrukcji obiektu wraz z rozwojem metod i środków diagnostycznych daje w efekcie między innymi:

- obiektywizację oceny stanu technicznego,
- ustalenie, z dostatecznie dużym prawdopodobieństwem, terminów i zakresu niezbędnych obsługowań technicznych i napraw,
- ograniczenie pracochłonności prac obsługowych i zakresu prac demontażowo-montażowych,

- eliminowanie z eksploatacji sprzętu uszkodzonego, a tym samym zwiększanie bezpieczeństwa i ekonomiczności eksploatacji,
- ujednoczenie i uściślenie parametrów oceny stanu technicznego maszyn niezależnie od producenta i eksploatatora, co jest szczególnie ważne dla systemu eksploatacji bardzo zróżnicowanego parku maszynowego.

Ocena spełnienia wymagań dotyczących diagnozowalności maszyn obejmuje szereg przedsięwzięć ułatwiających praktyczną realizację diagnostyki. Do wymogów tych zaliczamy między innymi:

- 1) miejsca kontroli stanu technicznego maszyny powinny być łatwo dostępne i umożliwiać przyłączenie środków kontroli i aparatury bez potrzeby demontażu,
- 2) elementy i zespoły, których nagłe uszkodzenia mogą być przyczyną dużych szkód materialnych, powinny być dozorowane ciągle przy pomocy urządzeń pomiarowych i sygnalizacyjnych,
- 3) osprzęt elektryczny powinien dawać możliwości szybkiego i pewnego podłączenia aparatury kontrolnej,
- 4) konstrukcja zbiorników z kontrolowanym poziomem cieczy roboczej powinna zabezpieczać wizualną ocenę poziomu (okna kontrolne, przezroczyste rurki, wskaźniki odległościowe).

3. BADANIE PODATNOŚCI DIAGNOSTYCZNEJ MASZYN

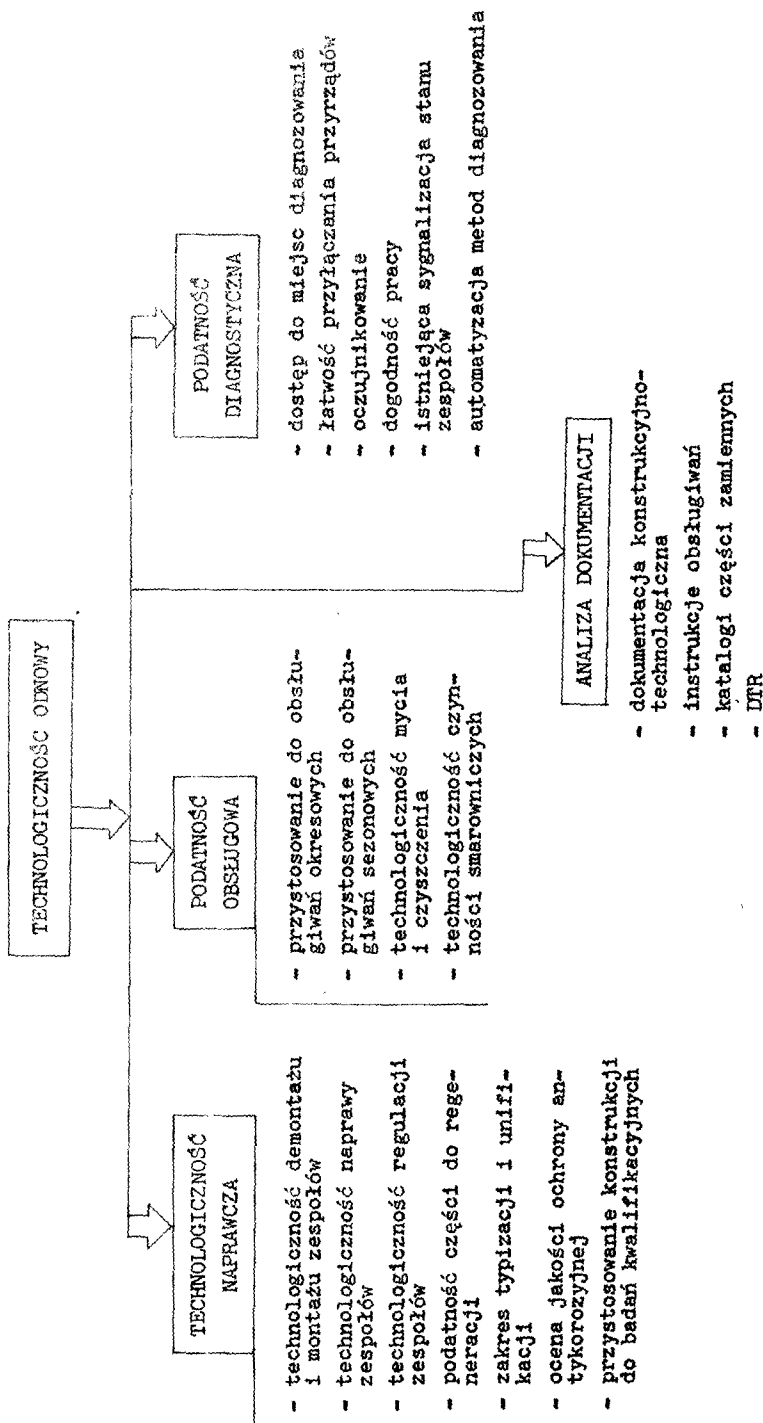
Wysokie koszty eksploatacji maszyn przy równoczesnym, dużym zapotrzebowaniu na ich niezawodne działanie, stanowią o potrzebie szybkiego doskonalenia funkcjonujących systemów eksploatacji. Jest to możliwe poprzez szerokie wprowadzanie diagnostyki technicznej do systemu eksploatacji, przy jednoczesnym zwiększaniu podatności diagnostycznej nowo konstruowanych i modernizowanych maszyn.

Wśród cech wymaganych od konstruowanych maszyn wyróżnia się przede wszystkim technologiczność odnowy, która w nowym, proponowanym ujęciu obejmuje: technologiczność naprawczą, podatność obsługową oraz podatność diagnostyczną. Cechy te winny być kompleksowo uwzględniane już w początkowej fazie tworzenia konstrukcji, czyli winny być „wkonstruowane” w maszynie.

Treści pojęciowe technologiczności naprawy przedstawiono na rysunku 2, a definicje szczegółowe poniżej.

Technologiczność naprawcza maszyny nadawana jej w procesie projektowania i wytwarzania konstrukcji, jest to zespół cech decydujących o możliwości szybkiej i łatwej wymiany oraz naprawy poszczególnych zespołów lub ich części po uszkodzeniu. Z technologicznością naprawczą wiąże się zagadnienia: trwałości, niezawodności, normalizacji (unifikacji, typizacji) i technologiczności produkcyjnej.

Podatność obsługowa obejmuje przystosowanie maszyny do łatwego wykonywania przeglądów technicznych i obsługiwań eksploatacyjnych. Charakteryzuje możliwość szybkiego i łatwego dokonywania zabiegów konser-



Rys.2. Elementy technologiczności odnowy maszyn

wacyjnych i regulacyjnych, stanowiących o stopniu przystosowania konstrukcji do wykonywania czynności założonych przez producenta i zgodnych z obiektywnymi wymogami eksploatacji.

Podatność diagnostyczna, zdefiniowana już wcześniej, a określająca przystosowanie obiektu do realizacji procesu diagnostycznego.

W świetle powyższych określeń podstawowym celem badań w zakresie doskonalenia technologiczności maszyn jest stworzenie konstrukcji o łatwych i mało pracochłonnych czynnościach przeglądów technicznych, przy jednocześnie dużej niezawodności i trwałości.

Wyniki badań technologiczności (stoiskowe i eksploatacyjne) w formie wniosków i postulatów stanowić powinny materiał do wdrożeń dla konstruktorów, producentów oraz eksploatorów maszyn.

System oceny podatności diagnostycznej maszyny przedstawiono na rysunku 3.

ETAPY BADAŃ PODATNOŚCI DIAGNOSTYCZNEJ				
Proces realizacji sprzętu	Opinia o metodach i technologii diagnostyki	Badania podatności diagnostycznej. Wnioskowanie zmian	Projektowanie systemu obsługi z diagnostyką	Kontrola funkcjonowania systemu OT z diagnostyką
Prace konstrukcyjno-dowodzialne	Projekt techniczny wstępny	Prototyp		
Przygotowanie uruchomienia produkcji	Dokumentacja techniczna serii próbnej	Seria próbna		
Produkcja przemysłowa, modernizacja	Dokumentacja techniczna produkcji zmiany	Produkt finalny		

Rys.3. System oceny podatności diagnostycznej maszyn

Obejmuje on poszczególne fazy powstawania maszyny, uwzględniając w nich:

- opinie o metodach i technologii diagnostyki,
- badanie podatności diagnostycznej i wnioskowanie zmian,
- projektowanie systemu obsługi z diagnostyką,
- kontrolę funkcjonowania systemu obsługi technicznych z diagnostyką.

Szczegółowa ocena podatności diagnostycznej powinna obejmować:

- 1) analizę funkcjonalną obiektu badań,
- 2) identyfikację konstrukcyjną obiektu,
- 3) identyfikację diagnostyczną obiektu,
- 4) wyznaczenie liczbowych wskaźników podatności diagnostycznej,
- 5) wypracowanie wniosków i zaleceń.

W zakres analizy funkcjonalnej obiektu badań wchodzi:

- przeznaczenie, budowa i zasada działania obiektu,
- warunki pracy (funkcjonowania) obiektu i jego podsystemów,
- liczba możliwych stanów obiektu i jego zespołów,
- przewidywany okres eksploatacji obiektu,
- zakres i częstotliwość obsługiwań technicznych,
- analiza procesów starzenia i powstawania uszkodzeń.

Identyfikacja konstrukcyjna obiektu obejmuje:

- podział właściwości obiektu na: krytyczne, ważne i mało ważne,
- poziom niezawodności podzespołów, zespołów i całych obiektów,
- graniczne i dopuszczalne odchyłki dla głównych parametrów stanu obiektu,
- podział elementów na pracujące do pierwszego uszkodzenia lub wymieniane na kolejny wymiar naprawczy,
- specyfikację dopuszczalnych wartości wielkości fizycznych charakteryzujących elementy składowe (np. dopuszczalne naprężenia mechaniczne, dopuszczalna liczba cykli naprężeń itp.),
- łatwość dostępu do odnawialnych elementów składowych i zespołów, w tym sprawy łatwości demontażu i montażu oraz identyfikacji uszkodzonych elementów,
- postulowaną trwałość zespołów (elementów) oraz ich unifikację,
- ustalenie rodzaju i liczby wskaźników niezawodnościowych, dotyczących eksploatacji, w tym: współczynnika gotowości, wartości parametru strumienia uszkodzeń, przebiegu do pierwszego uszkodzenia itd.

Identyfikacja diagnostyczna obiektu badań winna obejmować:

- przedmiot diagnozy wraz z określeniem celowości diagnozowania poszczególnych zespołów,
- istniejące metody i środki diagnozy,
- stan eksperymentalnych badań diagnostycznych pod względem metodologicznym i aplikacyjnym,
- dekompozycję obiektów dla potrzeb diagnozowania,
- zakres zmian parametrów stanu i możliwości ich regulacji,
- wartości graniczne parametrów diagnostycznych,
- możliwości wykorzystania procesów fizyko-chemicznych jako nośników informacji o stanie obiektu badań,
- dane dotyczące kosztów badań diagnostycznych.

Identyfikacja istniejących metod i środków diagnozy powinna dotyczyć w szczególności:

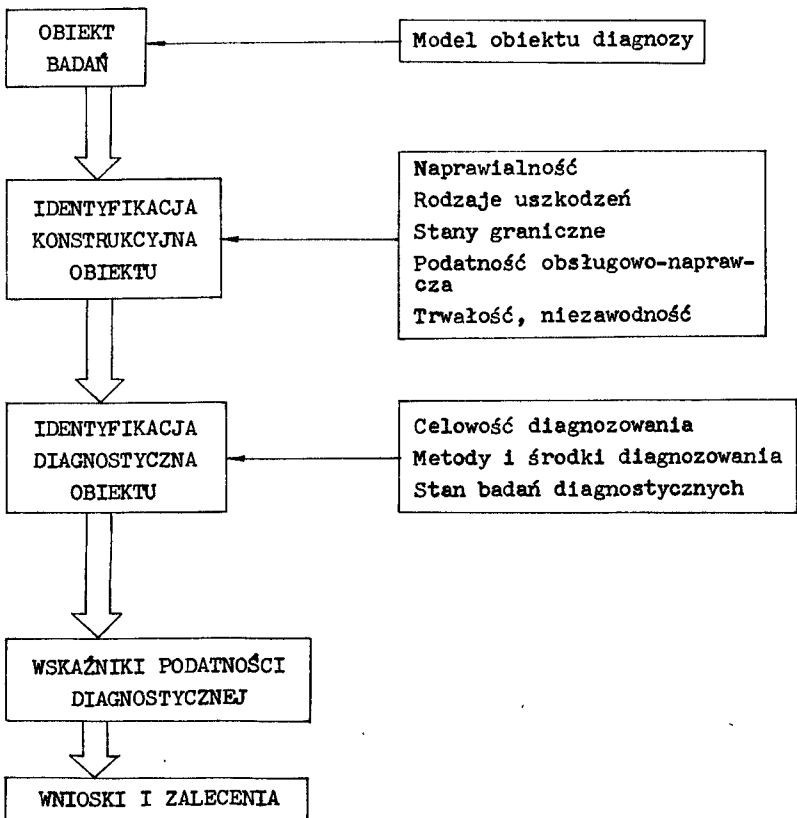
- analizy możliwych do zastosowania metod diagnostycznych i wybór metod najkorzystniejszych,
- możliwości ilościowego ustalenia stopnia zużycia zespołów (elementów) decydujących o trwałości obiektu,
- ekonomiczności, niezawodności, unifikacji i dokładności,
- nowoczesności rozwiązania konstrukcyjnego (automatyzacja, komputeryzacja).

Stan i ocena diagnostycznych badań eksperymentalnych powinny ustalić:

- rodzaj mierzonych sygnałów na podstawie wybranych procesów fizykochemicznych,
- typ i miejsce umieszczenia czujników pomiarowych,
- sposób prowadzenia badań (ustalenie etapów i faz badań, typu eksperymentu, programu badań),
- sposób wnioskowania diagnostycznego i pewność decyzji.

Uzyskane wyniki badań podatności diagnostycznej obiektu - przedstawione na rysunku 4 - winny umożliwiać:

- 1) sformułowanie wymagań dotyczących konstrukcji obiektów z uwzględnieniem zastosowania wybranych metod diagnostycznych,
- 2) ocenę osiągniętego poziomu diagnozowania i określenie przedsięwzięć mających na celu zwiększenie podatności diagnostycznej maszyn,
- 3) wykonanie prób diagnozowania zmodernizowanych maszyn.



Rys.4. Badanie podatności diagnostycznej maszyn

Możliwe do uzyskania korzyści z wdrożenia wyników badań podatności diagnostycznej to przede wszystkim:

- obniżka prędkości badań diagnostycznych,
- skrócenie czasu diagnozowania,
- poprawa walorów eksploatacyjnych maszyn,
- wydłużenie przebiegów międzynaprawczych i międzyobsługowych,
- doskonalenie konstrukcji maszyn.

4. PODSUMOWANIE

Bardzo duży jednostkowy koszt eksploatacji nowoczesnych maszyn wymaga racjonalnego stosowania metod i środków diagnostyki technicznej. Wiąże się to z podatnością diagnostyczną konstruowanych maszyn, która w zdecydowany sposób ułatwia praktyczne stosowanie diagnostyki.

Zasygnalizowane problemy badania podatności diagnostycznej maszyn są preferowane głównie z myślą o racjonalnej gospodarce techniką, zmniejszeniu kosztów użytkowania i napraw.

Wskazane problemy badania podatności diagnostycznej winny inspirować do prowadzenia poszukiwań dalszych, efektywnych metod doskonalenia tej problematyki.

LITERATURA

- [1] Jedliński R., Żóltowski B.: Wybrane problemy podatności obsługowej maszyny. Mat. konf., Grudziądz 1987
- [2] Żóltowski B.: Diagnostyka techniczna w systemie eksploatacji. Mat. konf., Chełmno 1986

ESTIMATION OF MACHINES DIAGNOSTIC TRACTABILITY

Summary

The efficient carrying out of diagnostic tests of functioning machines is conditioned by a proper organization of the tests technology. These tests enable a diagnosis and prediction of machine statuses, as well as an estimation of the correctness of its functioning. The information gained is the basis for future utilization.

The rational and effective usage of a great amount of diagnostic information is related to the tractability of the machines tested. The paper deals with the problems depicting methods and ways of forming machines tractability at all stages of its existence.

ОЦЕНКА ДИАГНОСТИЧЕСКОЙ ПРИГОДНОСТИ МАШИН

Резюме

Эффективные диагностические испытания функционирующих машин обусловлены правильной организацией технологии испытания. Диагностические испытания дают возможность проверить и прогнозировать состояние машин, а также правильность их функционирования. Полученные информации являются основой определения эксплуатационных решений. Рациональное и эффективное использование большого количества диагностических информации связаны с податливостью диагностическому испытанию исследуемых машин.

Этой проблеме посвящена данная работа, в которой указываются методы и способы диагностической податливости машин на всех этапах её существования.

Jędrzej Bayer
Włodzimierz Ziętara

BADANIA EFEKTYWNOŚCI EKSPLOATACJI ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH
W PGR WOJEWÓDZTWA BYDGOSKIEGO

Praca zawiera wyniki badań nad efektywnością eksploatacji ciągników różnych klas siły uciągu i samochodów o różnej ładowności, używanych w transporcie w PGR województwa bydgoskiego, w drugiej połowie 1986 roku.

1. WSTĘP

Produkcja rolna wymaga ogromnego nakładu pracy transportowej, wynoszącej rocznie 30-45 t na 1 hektar użytków rolnych [4]. Transport decyduje często w wynikach produkcji rolnej o wielkościach strat plonów, rzutuje w istotny sposób na przebieg procesów technologicznych i w wielu przypadkach na wydajność pracy całych zestawów maszyn. Dlatego też celowe było podjęcie badań nad efektywnością eksploatacji środków transportowych stosowanych w rolnictwie.

2. WARUNKI BADAŃ

Badania wykonano w 6 zakładach rolnych PGR, w okresie od 1 lipca do 31 grudnia 1986 roku. Łączna powierzchnia użytków rolnych wynosiła 4727 ha, a gruntów ornych 4042 ha. Struktura zasiewów w badanych zakładach wynosiła średnio: zboża 44,6 %, okopowe 11,1 %, przemysłowe 7,0 %, pastewne 27,6 % i strączkowe 3,9 % gruntów ornych. Obsada inwentarza wynosiła 63,6 sztuk bydła, 148,1 sztuk trzody chlewnej i 50 owiec na 100 ha użytków rolnych.

Badania przeprowadzono wg metodyki IBMER [2].

3. STRUKTURA ŚRODKÓW TRANSPORTOWYCH

Liczbę i strukturę środków transportowych w badanych zakładach rolnych przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Liczba i struktura środków transportowych

Lp.	Środek transportowy	Ilość sztuk		
		ogółem	na jedno gospodarstwo	na 100 ha użytków rolnych
1	2	3	4	5
1	Ciągniki ogółem	132	22,0	2,79
	o klasie uciągu 6 kN	8	1,3	0,17
	9 kN	89	14,8	1,88
	14 kN	16	2,7	0,34
	20 kN	13	2,2	0,28
	> 20 kN	6	1,0	0,13
2	Samochody ogółem	17	2,8	0,36
	o ładowności do 2 t	12	2,0	0,25
	2-6 t	5	0,8	0,11
	>6 t	-	-	-
3	Przyczepy ciągnikowe ogółem	204	34,0	4,32
	o ładowności do 4,5 t	78	13,0	1,65
	powyżej 4,5 t	43	7,2	0,91
	specjalistyczne	83	13,8	1,76
	(w tym rozrzutniki obornika)	(38)	(6,3)	(0,80)
4	Przyczepy samochodowe ogółem	4	0,7	0,103
	o ładowności do 4,5 t	-	-	-
	powyżej 4,5 t	4	0,7	0,103

Z tabeli 1 wynika, że ciągniki klasy uciągu 9 kN stanowią 67,5 %, ciągniki klasy 14 kN i 20 kN łącznie 21,9 %, a klasy ponad 20 kN 4,5 % wszystkich posiadanych ciągników. Z danych tych wynika, że ilość ciągników wyższych klas siły uciągu jest zbyt niska. Zakłady rolne są dobrze zaopatrzone ilościowo w samochody osobowo-towarowe o ładowności do 2 t. Jednak ich stan techniczny jest zły, a okres użytkowania często przekracza 10 lat. Niskie wyposażenie w samochody ciężarowe o ładowności 4-6 t i brak samochodów o ładowności powyżej 6 t wynika z tego, że część prac transportowych wykonują Zakłady Usług Technicznych Kombinatów PGR.

Ilościowe wyposażenie w przyczepy ciągnikowe jest dostateczne, lecz wyraźnie zaznacza się brak przyczep o ładowności 6-8 t. Średnia ładowność jednej przyczepy wynosiła 5,34 t. Najlepiej wyposażone w przyczepy są ciągniki klasy uciągu ponad 20 kN. Współpracują one z przyczepami - wywrotkami typu 1 PTS - 9 i 3 PTS - 12 o ładowności 9 i 12 t.

4. WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

Wielkość prac transportowych i wskaźniki charakteryzujące efektywność eksploatacji ciągników o różnych klasach siły uciągu przedstawia tabela 2.

Tabela 2

Wyniki badań efektywności eksploatacji ciągników w transporcie

Lp.	Wyszczególnienie	Symbol	Jednostka	Ciągniki wg klas uciążu w kN						Ogółem
				6	9	14	20	ponad 20		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	
1	Czas pracy ogółem	T _{og}	h	2192	77587	16539	12673	5041	114032	
2	Czas prac transportowych	T	h	231	31001	5058	3156	1080	40526	
3	Masa przewozowa	M	t	721	66893	20101	11394	4873	103982	
4	Praca przewozowa	P	tkm	2829	347553	145774	111821	64310	672257	
5	Średnia odległość przewozu 1 tony	L _g	km	3,9	5,2	7,3	9,8	13,2	6,5	
6	Współczynnik wykorzystania przebiegu	B	-	0,61	0,53	0,56	0,51	0,63	0,53	
7	Przebiegny jednostkowy ładunek	E _g	t	3,63	4,05	7,96	10,68	18,32	3,67	
8	Prędkość techniczna	V _t	km/h	9,39	11,86	12,47	12,45	12,51	11,99	
9	Prędkość eksploatacyjna	V _e	km/h	5,57	5,23	6,51	6,49	5,18	5,49	
10	Czas prac ładunkowych	T _{łwt}	h/t	0,13	0,26	0,12	0,13	0,13	0,21	
11	Współczynnik wykorzystania czasu pracy	F	-	0,59	0,44	0,52	0,52	0,41	0,45	
12	Wydażność przewozu	W _g	t/h	3,12	2,16	3,97	3,61	4,51	2,57	
13	Wydażność pracy przewozowej	W _p	tkm/h	12,25	11,21	28,82	35,43	59,55	16,60	
14	Jednostkowy koszt przewozu	K _t	zł/t	65,36	276,21	217,94	290,77	302,82	266,33	
15	Jednostkowy koszt pracy przewozowej	K _{t,km}	zł/tkm	38,25	53,16	30,06	29,63	22,87	41,28	
16	Wskaźnik efektywności	E _t	zł/h	203,9	596,6	865,2	1049,7	1361,2	680,19	

Dane zawarte w tabeli 2, dotyczące ciągników klasy uciągu 6 kN, odbiegają znacznie od danych dotyczących pozostałych klas siły uciągu. Ciągniki te wykorzystywane są przeważnie do uprawy międzyrzędowej i niekiedy do dowozu niewielkich ilości pasz. Osiem ciągników tej klasy przepracowało w drugim półroczu 1986 roku zaledwie 2192 godziny, a w transporcie 231 godzin. Ciągniki te nie posiadają stałych kierowców, przeważnie są już zamortyzowane, a także często nie są rejestrowane. Dlatego też koszty ich eksploatacji w transporcie utrzymują się na wyjątkowo niskim poziomie.

Czas prac transportowych stanowi 39 % czasu pracy ciągników wyższych klas, tj. z wyłączeniem ciągników klasy 6 kN. Najwięcej prac transportowych wykonują ciągniki klasy uciągu 9 kN. Ciągniki te przewoziły 64,3 % masy przewozowej, a czas ich pracy w transporcie stanowił 76,5 % czasu prac transportowych. Ciągniki te wykonują głównie zadania przewozowe w wewnętrznym transporcie technologicznym. Odbywa się on przeważnie między polem a gospodarstwem. Przewożone ładunki to materiały lekkie, jak: słoma, siano, przewędnięta zielonka; średnio ciężkie, jak: ziarno zbóż, okopowe, obornik i kiszonki oraz w niewielkim stopniu ciężkie, jak np.: nawozy mineralne. Ciągniki te współpracują przeważnie z przyczepami o ładowności do 4,5 t. Wskaźniki osiągnięte przez tę grupę ciągników rzutują w istotny sposób na średnią wartość obliczoną dla wszystkich ciągników.

Ciągniki klasy uciągu 14 kN i 20 kN wykonują ciężkie prace w transporcie wewnętrznym technologicznym, jak np.: wywożenie gnojowicy wozami aseptycznymi o ładowności 6 - 9,5 t oraz transport zewnętrzny z dwiema przyczepami o łącznej ładowności 12 - 17 t.

Ciągniki klasy uciągu ponad 20 kN pracują przeważnie przy masowym transporcie zewnętrznym, jak np.: odwożenie buraków do cukrowni i przewóz wysłodków. Duży udział tych prac powoduje, że współczynnik wykorzystania przebiegu (B) osiąga wartość 0,63 przy średniej wielkości 0,53.

O opisanym powyżej sposobie użytkowania ciągników różnych klas siły uciągu świadczy również średnia odległość przewozu 1 tony (L_q) i przeciętny jednostkowy ładunek (E_q) wzrastające wraz ze wzrostem klasy uciągu ciągnika[✱].

Prędkość techniczna transportu ciągnikowego jest niska, a dla ciągników klasy uciągu 14 i więcej kN jest prawie jednakowa. Świadczy to o złym stanie dróg, szczególnie dróg dojazdowych do pól [1]. Jeszcze niższa jest szybkość eksploatacyjna. Spadek szybkości eksploatacyjnej spowodowany jest głównie stratami czasu podczas prac ładunkowych. Świadczy o tym również czas prac ładunkowych T_{nwt} . Dla ciągników klasy 9 kN czas ładowania 1 tony wynosi 0,26 h i jest dwukrotnie wyższy niż dla ciągników wyższych klas uciągu. Wynika to ze sposobu użytkowania ciągników w różnych warunkach prac transportowych i związanych z tym sposobami załadowania materiałów, a szczególnie ze znacznie mniejszego, przeciętnego jednostkowego ładunku, który przy zbliżonym czasie postoju ciągników w oczekiwaniu na czynności

✱ Patrz: tabela 2

ładunkowe i podczas ich wykonywania „rozkłada się” na znacznie mniejszą masę ładunku. Potwierdza to również współczynnik wykorzystania czasu pracy (F).

Wydażność przewozu (W_q) i pracy przewozowej (W_p), mają tendencję wzrostu wraz ze wzrostem klasy uciągu od 9 kN wzwyż. Należy to tłumaczyć wzrostem ładowności i odległości transportu w miarę klasy uciągu ciągników.

Jednostkowy koszt przewozu 1 tony (K_t) wzrasta wraz ze wzrostem klasy uciągu ciągnika. Z tego trendu wyłamują się ciągniki klasy uciągu 14 kN, co jest spowodowane minimalnymi kosztami napraw tej klasy (w półroczu objętym badaniami). Stosunkowo niskimi kosztami napraw należy też tłumaczyć niskie wartości tych kosztów dla ciągników wszystkich klas uciągu.

Jednostkowy koszt pracy przewozowej (K_{tkm}) maleje wraz ze wzrostem klasy uciągu ciągnika, co wynika głównie ze wzrostu ładowności i średniej odległości przewozu 1 tony.

Wskaźnik efektywności (E_t) wyrażony w zł/h wzrasta znacznie wraz ze wzrostem klasy uciągu ciągnika od 597 zł/h dla klasy 9 kN do 1361 zł/h dla klasy ponad 20 kN.

Wielkości prac transportowych i wskaźniki eksploatacyjne dla samochodów przedstawia tabela 3.

W zakładach rolnych PGR samochody ciężarowo-towarowe o ładowności do 1 tony pracują w transporcie osobowo-dyspozycyjnym w 72,3 % całego czasu pracy. Wielkości przewożonych ładunków są niskie i przewozi się je na niewielkie odległości. Transport odbywa się głównie w obrębie PGR, o czym świadczy mała szybkość techniczna i eksploatacyjna. Długi czas prac ładownych (T_{nwt}) świadczy o tym, że czas oczekiwania na ładunek i załadowania przy okazji spraw administracyjnych powoduje przedłużanie postojów. Duże zużycie paliwa (głównie etyliny) oraz niski przeciętny ładunek powodują wysokie koszty przewozu wyrażone zarówno w zł/t jak i w zł/tkm pracy przewozowej.

Samochody o ładowności 2-6 t są użytkowane przez ponad 200 godzin w miesiącu. Przeciętny jednostkowy ładunek wynoszący 8,35 t świadczy o częstych jazdach samochodów z przyczepami. Jazda samochodów z przyczepami, często po drogach polnych, powoduje też niską szybkość techniczną samochodów wynoszącą zaledwie 30,6 km/h. Prędkość eksploatacyjna wynosząca zaledwie 15 km/h i czas prac ładunkowych wynoszący 0,41 h/t świadczą o niedostatecznym wyposażeniu rolnictwa w środki mechanizujące załadunek, a szczególnie o złej organizacji procesów transportowych, charakteryzujących się długim oczekiwaniem na wykonanie czynności ładunkowych. Łączy się z tym również niska wydażność przewozowa wynosząca zaledwie 1,38 t/h. Jednostkowy koszt przewozu wynoszący 543 zł/t jest wyższy niż dla transportu ciągnikami, natomiast jednostkowy koszt pracy przewozowej wynoszący 9,3 zł/tkm jest znacznie niższy.

Transportochłonność produkcji rolnej w drugim półroczu 1986 r. przedstawia tabela 4. Dane z niej wskazują na duże znaczenie prac transportowych w produkcji rolnej i ich wpływ na produkcyjną i finansową działalność gospodarstw [3].

Tabela 3

Wyniki badań efektywności eksploatacji samochodów
w badanych zakładach rolnych

Lp.	Wyszczególnienie	Symbol	Jednostka	Samochody o ładowności		
				do 2 t	2-6 t	ponad 6 t
1	2	3	4	5	6	7
1	Czas prac transportowych	T	h	3057	6237	-
2	Czas pracy w transporcie osobowo-dyspozycyjnym	T _{od}	h	7968	-	-
3	Masa przewozowa	M	t	1233	4380	-
4	Praca przewozowa	P	tkm	16034	256232	-
5	Średnia odległość przewozu 1 tony	L _q	km	13,0	58,5	-
6	Współczynnik wykorzystania przebiegu	B	-	0,74	0,62	-
7	Przeciętny jednostkowy ładunek	E _q	t	0,50	8,35	-
8	Prędkość techniczna	v _t	km/h	28,5	30,6	-
9	Prędkość eksploatacyjna	v _e	km/h	14,2	15,0	-
10	Czas prac ładunkowych	T _{nwt}	h/t	1,17	0,41	-
11	Współczynnik wykorzystania czasu pracy	F	-	0,53	0,44	-
12	Wydajność przewozowa	W _q	t/h	0,40	1,38	-
13	Wydajność pracy przewozowej	W _p	tkm/h	5,2	80,6	-
14	Jednostkowy koszt przewozu	K _t	zł/t	1410,2	543,5	-
15	Jednostkowy koszt pracy przewozowej	K _{tkm}	zł/tkm	108,4	9,3	-
16	Wskaźnik efektywności	E _t	zł/h	564,1	750,0	-

Tabela 4

Transportochłonność produkcji w badanych zakładach rolnych PGR
w drugim półroczu 1986 roku

Lp.	Wyszczególnienie	Jednostka	Wielkość
1	2	3	4
1	Masa przewożowa na 1 ha UR	t/ha UR	23,18
2	Transportochłonność produkcji (wykonanie własnymi środkami)	zł/ha UR	6727,5
3	Transportochłonność produkcji (zakupione usługi transportowe)	zł/ha UR	1500,5
4	Przeciętna transportochłonność produkcji w zakładach rolnych	zł/ha UR	8228,0

5. PODSUMOWANIE

Półroczne badania efektywności eksploatacji w transporcie rolniczym ciągników różnych klas siły uciągu i samochodów o różnej ładowności w zakładach rolnych PGR dają materiał do wstępnej analizy ich wyników. Na podstawie tych danych można już stwierdzić, że lepsza organizacja procesów transportowych, zwiększenie ładowności przyczep, zmechanizowanie prac ładunkowych oraz poprawa stanu dróg, mają zasadniczy wpływ na wydajność przewozu i pracy przewozowej oraz na wskaźniki kosztów.

Określenie ścisłych zależności i zaleceń sposobów eksploatacji środków transportowych w PGR będzie możliwe dopiero w dalszym etapie badań.

LITERATURA

- [1] Bayer J., Ziętara W.: Eksploatacja środków transportowych. Materiały seminarium technicznego nt. Wybrane problemy eksploatacji maszyn. Grudziądz 1987
- [2] Bielejce J., Czubała G.: Instrukcja badań i oceny efektywności eksploatacji środków transportowych w gospodarstwach rolnych. IBMER, Warszawa 1986
- [3] Bielejce J.: Efektywność eksploatacji środków transportowych w gospodarstwach rolnych. IBMER, Warszawa 1986
- [4] Ostrowski J.: Co wpływa na transportochłonność produkcji rolnej w PGR. Mechanizacja Rolnictwa nr 9, 1986

AN INVESTIGATION INTO EXPLOATATION EFFICACY OF TRANSPORTION MEANS
ON STATE FARMS IN BYDGOSZCZ PROVINCE

Summary

The work presents the results of an investigation into the exploitation efficacy of various draw-bar pull tractors and trucks of various carrying capacity used for transportation on state farms in the Bydgoszcz Province.

ИССЛЕДОВАНИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ ЭФФЕКТИВНОСТИ ТРАНСПОРТНЫХ СРЕДСТВ В ГОСХО-
ЗАХ БЫДГОСКОГО ВОЕВОДСТВА

Резюме

Статья содержит результаты исследований эксплуатационной эффективности тракторов разного класса, силы тяги и автомобилей разной грузоподъемности используемых госхозами в транспорте быдгоского воеводства во второй половине 1986г.

Józef Flizikowski

DOBÓR PRZEKŁADNI DO WARUNKÓW ROZDRABNIANIA ZIARN

Obniżenie energochłonności procesów rozdrabniania ziarn zbóż staje się ekologiczną koniecznością. Celem pracy było poznanie i sposób opisu czynników oraz zjawisk występujących w układzie technicznym do rozdrabniania z bezstopniową przekładnią impulsową. Założenia metodyczne wykazały, że istnieją potencjalne możliwości obniżenia zużycia energii przy rozdrabnianiu poprzez: wprowadzenie nowych sposobów rozdrabniania, wykorzystanie właściwości napędowych silników i przekładni oraz ograniczenie oddziaływań nieużytecznych w spotykanych rozdrabniaczach.

1. WSTĘP

Systematyczne badania układów technicznych do rozdrabniania ziarn w kierunku minimalizacji zużycia energii, racjonalizacji wydajności oraz poprawy jakości produktu rozdrabniania, wymagają rozpoznania i opisanie złożonej grupy czynników. Podstawową trudność w doborze cech konstrukcyjnych przekładni do napędu maszyny rozdrabniającej stanowi znaczna liczba czynników, których wartości zmieniają się losowo, a wpływ cech ruchu elementów roboczych na charakterystyki przekładni jest często pomijany.

Z przeglądu dostępnej literatury wynika, że informacje o zapotrzebowaniu na energię są fragmentaryczne, a w wielu przypadkach brak jest danych o sposobie transformacji i transmisji energii w układzie napędzającym rozdrabniacz. Utrudnia to dobór układu napędowego, a nawet samego silnika, do maszyny rozdrabniającej. Dynamiczny rozwój rozdrabniaczy bijakowych z bijakami wahliwymi doprowadził do znacznego przesylenia wiedzy i techniki piętrzącymi się trudnościami i niemożliwościami doskonalenia tej konstrukcji. Podstawową niedogodnością w eksploatacji rozdrabniaczy bijakowych jest wysoka prędkość liniowa elementu rozdrabniającego (nawet do 150 m/s). Prędkość taka jest przyczyną destrukcji rozdrabnianego materiału biologicznego.

Obecnie występuje pilna potrzeba powrotu do miejsca, od którego rozpoczęło się projektowanie i konstruowanie maszyn i układów technicznych do rozdrabniania ziarn zbóż.

Praca dotyczy propozycji ujęcia wpływu prędkości na ogólnie rozumianą efektywność rozdrabniania oraz jest próbą sformułowania założeń do identyfikacji cech konstrukcyjnych przekładni impulsowej w rozdrabniaczu wielo-

tarczowym, działającym na zasadzie quasi-cięcia technologicznego (patent PRL P-140456).

2. CHARAKTERYSTYKA PROCESU ROZDRABNIANIA

Dobór cech konstrukcyjnych przekładni do warunków rozdrabniania materiałów ziarnistych wymaga oceny własności wytrzymałościowych tych materiałów ze względu na właściwości układów generujących obciążenia rozdrabniające. Przy założeniu, że zespół rozdrabniający ma właściwie dobrane cechy konstrukcyjne elementów, cel doboru układu napędowego do rozdrabniacza polega na wyznaczeniu takiego zakresu mocy, prędkości, nierównomierności kinematycznej, dynamicznej i ruchu oraz sprawności, dla których będą spełnione kryteria:

- minimum zużycia energii,
- wysoka jakość produktu rozdrabniania,
- właściwa wydajność procesu.

Obecnie eksploatowane rozdrabniacze charakteryzują się dużym zużyciem energii - do 80 kJ/kg, znacznym udziałem - niekorzystnej ze względów żywieniowych - frakcji pylistej (do 50 % dla ziarn owsa w przypadku rozdrabniacza bijakowego) oraz niską wydajnością procesu - do 50 kg/kWh (dla silnika o mocy 11 kW - rozdrabniacz bijakowy).

Podczas doboru układu napędowego do maszyny rozdrabniającej należy uwzględnić następujące czynniki:

- rodzaj maszyny rozdrabniającej (rozdrabniacz bijakowy, śrutownik tarczowy lub walcowy itd.),
- stan geometrycznych cech konstrukcyjnych elementów rozdrabniających (postać geometryczna, wymiary, ustawienia itp.),
- stan materiałowych cech konstrukcyjnych elementów rozdrabniających (rodzaj tworzywa, twardość, ścieralność, sprężystość itp.),
- stan ruchowych cech konstrukcyjnych elementów rozdrabniających (przebieg przemieszczeń, prędkości i przyspieszeń),
- charakterystyki ruchowe zespołu napędowego (sprawność, nierównomierność kinematyczna, dynamiczna i ruchu oraz przebieg charakterystyk zużycia silnika i przekładni),
- rodzaj i własności rozdrabnianego materiału (szeroki zakres rozpoznanych własności fizycznych),
- sposób zasilania i odbioru materiału w procesie rozdrabniania,
- poziom obsługi i sterowania procesem,
- metodę estymacji: materiału rozdrabnianego, konstrukcji rozdrabniacza oraz realizowanego procesu.

Znaczna część, z zasygnalizowanych uwarunkowań procesu rozdrabniania w zakresie funkcjonalnym i napędowym, jest rozwiązana na poziomie ilościowym i jakościowym. Powstały i nadal powstają różne teorie rozdrabniania, które najczęściej są słuszne w powtarzalnych warunkach badawczych, przyjętych przez twórców teorii. Najwięcej trudności wywołuje matematyczne ujęcie

wpływu prędkości materiału rozdrabnianego na realizowany proces. Większość znanych opracowań dotyczy określenia prędkości dla danej maszyny, przy której powinien być realizowany proces rozdrabniania zadanego materiału ziarnistego o ściśle określonych własnościach (np. wilgotność 12,6 %).

W badaniach Brandta i Gehrkego [2, 6] zostały ustalone średnie wartości prędkości obwodowej końców bijaków dla następujących rodzajów ziarn:

- kukurydza - 52 m/s ,
- pszenica - 65 m/s ,
- żyto - 75 m/s ,
- jęczmień - 88 m/s ,
- owies - 105 m/s .

Prędkości te zostały ustalone dla bijaka o określonym kształcie, dla komory rozdrabniania o stałej liczbie jednakowych otworów, dla stałej wilgotności ziarn oraz nieznanymi przebiegami przemieszczeń. Średnie prędkości będą inne, dla zmienionego bijaka, komory, wilgotności czy wreszcie impulsowych przebiegów prędkości. Decydującego znaczenia nabiera jednak sposób zadawania odkształceń trwałych ziarnom (krawędź bijaka, grzbiet bruzdy, kąt rowków, ostrze noża itd.). Różnice w wartościach średnich prędkości dochodzą tu do kilku tysięcy procent (np. pszenica-1,6 m/s, dla rozdrabniacza wielotarczowego).

Nie ma, w dostępnej literaturze, informacji o wpływie charakteru ruchu elementów rozdrabniających, materiału rozdrabnianego oraz układu napędowego (np. nierównomierność biegu, przebieg przemieszczeń itd.) na jakość rozdrabniania.

Istotnego znaczenia nabierają badania nad ustaleniem naprężeń zastępczych i pracy jednostkowej dla ziarn poddawanych rozdrabnianiu według różnych mechanizmów odkształceń. Znajomość zagadnień wytrzymałości ziarn zbóż oraz stanów obciążeń wywołujących trwałe odkształcenia w ziarnach może przyczynić się do lepszego doboru właściwości układów realizujących te odkształcenia. Złożony i trudny do opisanego charakter materiałów ziarnistych wynika z nieciągłej (w sensie mechaniki ośrodka), komórkowej budowy i wielofazowej struktury, której każdy składnik inaczej reaguje na wpływy zewnętrzne. Nie należy spodziewać się rozwiązania zagadnienia naprężeń i odkształceń na drodze poszukiwania postaci geometrycznej modelującej ziarno (sześciąt, elipsoida obrotowa, podwójna paraboloida lub inne złożone kombinacje postaci geometrycznej). Powierzchnia ziarna jest, z natury, zmienna przypadkowo.

W znanych rozdrabniaczach, podczas zadawania obciążeń, występuje złożony stan naprężeń wynikający z równoczesnego zginania, rozciągania, ściskania, skręcania i ścinania. Występują więc, w każdym ze sposobów rozdrabniania, naprężenia normalne σ i styczne τ . Można obecnie przyjąć, że każdy rodzaj rozdrabniania charakteryzują pewne naprężenia zastępcze, opisane zależnością:

$$\sigma_z = f(\sigma, \tau) \quad (1)$$

oraz jednostkowa praca odkształcenia [5]:

$$L_j = f(D^2) \quad (2)$$

gdzie:

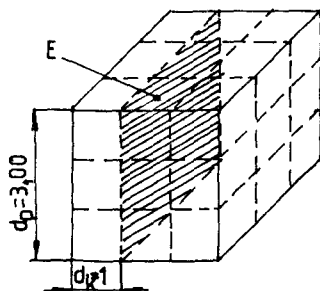
- L_j - jednostkowa praca rozdrabniania,
 D - charakterystyczny wymiar ziarna, np. krawędź kostki.

Ogólny wzór na pracę rozdrabniania sześcianu o boku odpowiadającym średniemu wymiarowi ziarna można zapisać [5]:

$$E_{T\lambda} = 3 E (n - 1) \quad (3)$$

gdzie:

- $E_{T\lambda}$ - energia potrzebna do rozdrobnienia modelu ziarna (kostki) na części o wymiarze $1/n$,
 E - energia potrzebna do rozdrobnienia modelu wzdłuż jednej płaszczyzny,
 n - stosunek długości początkowej modelu do wymiaru boku po wykonaniu rozdrabniania.



Rys.1. Model ziarna i płaszczyzny rozdrabniania

Aby podzielić model ziarna (rys.1) w postaci kostki, np. o krawędzi 3 mm, na elementy o boku 1 mm, trzeba sześciu cięć, a związana z tym praca wyniesie $6E$, liczba uzyskanych części będzie wynosiła $3^3 = 27$. Natomiast stopień rozdrobnienia, jako stosunek wymiaru cząstki przed rozdrobnieniem do wymiaru po rozdrobnieniu:

$$\lambda = \frac{d_p}{d_k} \quad (4)$$

będzie równy 3.

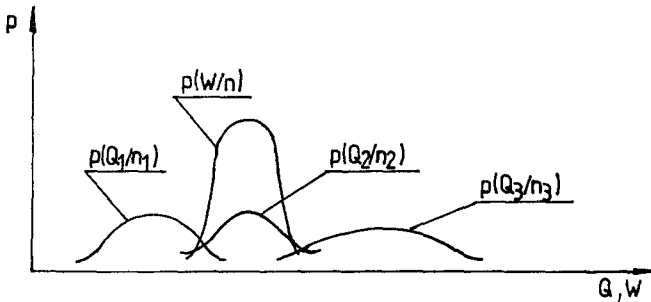
3. UWARUNKOWANIA ENERGETYCZNE PROCESU ROZDRABNIANIA

Trudności pietrzące się podczas teoretycznych badań procesu rozdrabniania powodują, że wyrażane są poglądy, czy pełne rozwiązanie problemu, przy obecnie stosowanych założeniach, jest w ogóle możliwe [1]. Niemniej jednak powstawały i powstają nadal różne teorie rozdrabniania [3, 4, 10]. Każda z tych teorii jest w zasadzie słuszna, jako szczegółowy opis zjawisk

w określonym zakresie zmienności czynników dla przyjętych założeń - uproszczeń badawczych. W dalszym ciągu najwyższy poziom ogólności rozważań nad zadaniem odkształceń trwałych materiałów ziarnistym gwarantują podstawowe prawa wytrzymałości materiałów o odkształceniach i obciążeniach (np. prawo Hooke'a) oraz ujęcie probabilistyczne wytrzymałości materiałów [9].

Istniejące wzory na obliczanie prawdopodobieństwa pęknięcia zmęczeniowego są, dla materiałów ziarnistych, na obecnym etapie rozwoju nauki o wytrzymałości tych materiałów, niemożliwe do wykorzystania. Można jedynie za pomocą pewnych uproszczonych modeli, np. Strieleckiego [9], próbować wyjaśnić zjawiska występujące podczas rozdrabniania ziarn zbóż.

Do analizy przyjęto zmodyfikowany model Strieleckiego według rysunku 2.



Rys.2. Schemat do wyjaśnienia zjawisk towarzyszących rozdrabnianiu ziarn

Jeżeli znany jest rozkład prawdopodobieństwa wytrzymałości ziarn oraz liczba koniecznych oddziaływań odkształcających strukturę do zadanego stopnia rozdrabnienia $p(W/n)$, to dla zrealizowania przyjętego celu rozdrabniania, przy znanym sposobie rozdrabniania, możemy wyróżnić:

- rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia obciążenia $Q_1 < W$ o odpowiedniej liczebności zdarzeń n_1 , zależnej od prędkości i rozwiązania konstrukcyjnego zespołu rozdrabniającego,
- rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia Q_2 porównywalnego z wytrzymałością ziarn W o liczebności n_2 ,
- rozkład prawdopodobieństwa wystąpienia obciążenia $Q_3 > W$ o liczebności n_3 .

Każde z wymienionych zdarzeń, a także obciążenie $Q_1 < W$ - jeżeli założymy zmęczeniowe zachowanie się materiałów ziarnistych, prowadzi do wystąpienia odkształcenia trwałego.

Z przyjętego modelu, bez konieczności podawania szczegółowych danych liczbowych, które są zależne od rozwiązania konstrukcyjnego zespołu rozdrabniającego, materiału oraz sposobu zasilania, można wyznaczyć kierunki poszukiwań konstrukcyjnych:

- ograniczyć liczbę oraz poziom obciążeń większych od wytrzymałości danej ziarn,
- dążyć do zadawania obciążeń równych wytrzymałości danego rodzaju ziarn o znanej wilgotności,

- ograniczać liczbę oddziaływań odkształcających trwale ziarna do teoretycznie zadanej według modelu,
- poszukiwać takich sposobów przejścia materiału przez rozdrabniacz i zakresów prędkości elementu rozdrabniającego, aby materiał wyjściowy charakteryzował się najlepszymi parametrami biologicznymi, itp.

Na podstawie powyższych uwarunkowań, znając pracę potrzebną do rozdrobnienia próbki ziarn do zadanego stopnia rozdrobnienia oraz energię pobraną w układzie rozdrabniającym do rozdrobnienia rzeczywistej masy ziarn do zadanego stopnia rozdrobnienia, można wyznaczyć sprawność procesu (η_R) wg zależności:

$$\eta_R = \frac{E_{T\lambda}}{E_{R\lambda}} \quad (5)$$

gdzie:

$E_{T\lambda}$ - energia potrzebna do rozdrobnienia próbki ziarn o określonej masie do zadanego stopnia rozdrobnienia (λ) w warunkach modelowych (J),

$E_{R\lambda}$ - energia zużyta na rozdrobnienie określonej masy ziarn do zadanego stopnia rozdrobnienia (λ) w warunkach rzeczywistych (J)

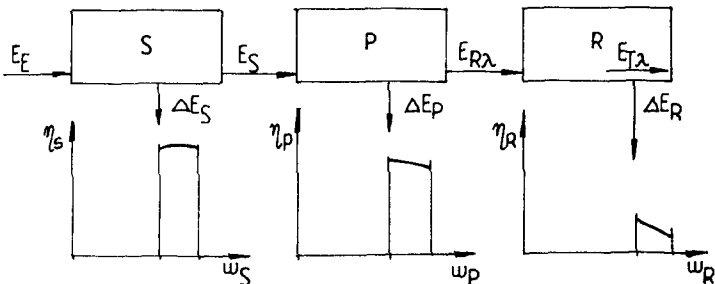
Jak wynika z rysunku 3, energia pobierana przez rozdrabniacz E_R jest energią wyjściową z przekładni i zależy od jej charakterystyki sprawnościowej (η_P):

$$\eta_P = \frac{E_{R\lambda}}{E_S} \quad (6)$$

gdzie:

η_P - sprawność przekładni,

E_S - energia przekazana przez silnik i jednocześnie energia wejściowa przekładni (J).



Rys.3. Model strukturalny układu napędowo-rozdrabniającego oraz przykładowe charakterystyki ruchowe:

η_S - silnika, η_P - przekładni,

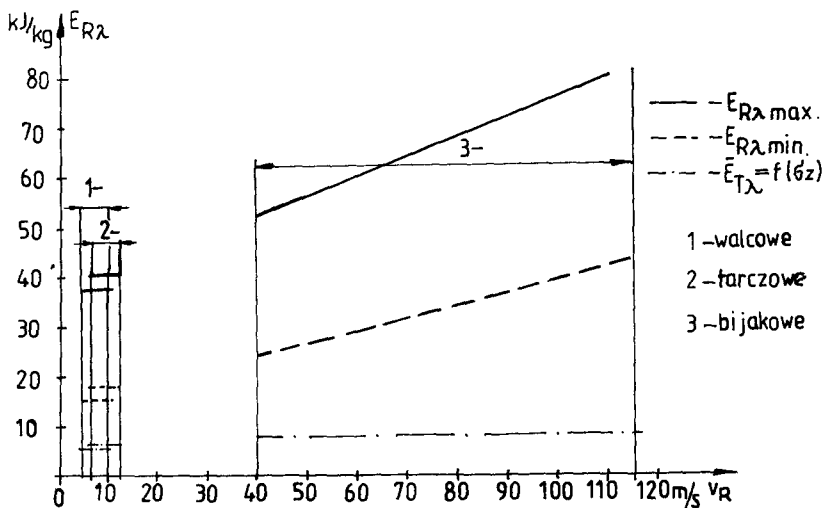
η_R - zespołu rozdrabniającego

Jeżeli założymy, że sprawność silnika w zakresie prędkości badawczych jest zmienna i zależy od obciążenia, to sprawność ogólna układu rozdrab-

niającego (η_0) :

$$\eta_0 = \eta_S \cdot \eta_P \cdot \eta_R \quad (7)$$

przy czym sprawność ogólna rozdrabniania zależy od sprawności przekładni i sprawności zespołu rozdrabniającego, a sprawność zespołu rozdrabniającego zależy od prędkości i rodzaju elementów konstrukcyjnych zadających odkształcenia trwałe (rys.4) [1, 2, 3, 4, 5, 6, 8, 10].



Rys.4. Energia rozdrabniania w zależności od prędkości obwodowej i rodzaju elementu rozdrabniającego

Szeroki przedział energii $E_{R\lambda}$ wynika z uwzględnienia znacznej liczby analizowanych rozdrabniaczy, zarówno krajowych, jak i z ZSRR oraz wybranych państw Europy (RFN, Holandia, Włochy, Francja, Dania i inne). Dane uwzględnione przy wykonaniu tego wykresu dotyczyły również różnych stopni rozdrobnienia (λ). Przebieg pracy $E_{T\lambda}$ potrzebnej do rozdrobnienia próbki ziarn do zadanego stopnia rozdrobnienia ($\lambda = 3$) dotyczy wartości średnich uzyskanych z badań własnych oraz danych zawartych w pracach Gehrkego i Kerlina [6, 8]. Udział naprężeń stycznych i normalnych podano dla zasygnalizowania decydujących sposobów odkształcania trwałego.

Dla podanych wyżej zależności, które nie wyczerpują wszystkich aspektów i uwarunkowań mających wpływ na rozdrabnianie, zagadnienie doboru układu napędowego, ze względu na zastosowanie go w rozdrabnianiu ziarn, staje się złożone. Rozpatrując problem konstrukcyjny według racji ekonomicznych, można - przyjmując aspekt energetyczny, wydajnościowy lub jakościowy - określić podstawowe uwarunkowania doboru układu napędowego:

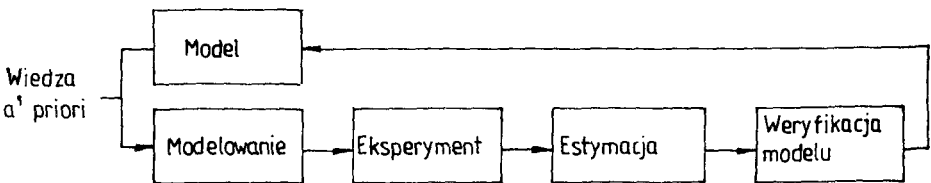
- obniżać zakres obciążeń generowanych do poziomu wytrzymałości ziarn z jednoczesnym wykorzystaniem obciążeń niższych od wytrzymałości,
- podwyższać skuteczność zadawania odkształceń trwałych przez wykorzystanie właściwości ruchu,

- obniżać prędkość obwodową elementów rozdrabniających do takiego poziomu, przy jakim jest możliwe rozdrabnianie; dodatkowo wykorzystać charakter ruchu (np. impulsy prędkości) do obniżenia energochłonności procesu.

Rozwiązanie wszystkich zagadnień, istotnych przy doborze przekładni do rozdrabniacza, jest uzależnione od poziomu poznania wielu złożonych zjawisk. Przy obecnym stanie wiedzy i techniki, postępowanie badawcze wiąże się z poszukiwaniem takiej idyntyczności matematycznej lub fizycznej, która w znakomity sposób rozwiąże istniejące niedogodności.

Pełny proces identyfikacji złożonego układu funkcjonalno-napędowego zawiera cztery etapy [7], (rys.5):

- modelowanie,
- eksperyment,
- estymacja parametrów,
- weryfikacja modelu.



Rys.5. Istota identyfikacji układu rozdrabniającego

Można oczywiście wysunąć, między innymi, następujące pytania:

- dlaczego identyfikacja układu napędowego nie jest prowadzona w modelowych warunkach obciążeń?
- dlaczego identyfikacja układu rozdrabniającego nie jest prowadzona dla ustalonej prędkości, bądź przedziału prędkości?

Odpowiedź na pierwsze pytanie wiąże się z niemożliwością zastosowania układu obciążającego o charakterystyce nielosowej.

Odpowiedź na drugie pytanie wiąże się ze specyfiką każdego układu napędowego, polegającą na zmianie sprawności w funkcji zakresu regulacji prędkości.

Możliwość przeprowadzenia identyfikacji układu napędowego w rzeczywistych warunkach obciążeń, przy jednoczesnym poznaniu zjawisk towarzyszących zadawaniu odkształceń trwałych oraz ich wpływu na układ napędowy, jest podstawowym uzasadnieniem zamierzonych badań konstrukcyjnych.

LITERATURA

- [1] Boss J.: Badania nad energią podczas rozdrabniania ziarn ziół. Przegląd Zbożowo-Młynarski nr 6, Warszawa 1986
- [2] Brandt K.: Anmerkungen zur Beurteilung von Hammermuhlen. Die Mühle nr 15, 1970

- [3] Dmirewski J.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T. 3. PWRiL, Warszawa 1978
- [4] Flizikowski J., Bieliński M.: Wpływ rozwiązań konstrukcyjnych układów funkcjonalnych i napędowych na energochłonność rozdrabniania ziarn zbóż. Etap I. Opracowanie w ramach CPER 10.17.II, Bydgoszcz 1986
- [5] Flizikowski J.: Dobór cech konstrukcyjnych elementów przekładni bezstopniowych stosowanych w maszynach do rozdrabniania ziarn zbóż. Maszyny i Ciągniki Rolnicze (w druku)
- [6] Gehrke B.: Übertragungsgleichungen für die Zerkleinerungskemngrossen bei der Vermahlung von Mais in Siebhammermühlen verschiedener Grosse. Braunschweig 1972
- [7] Giergiel J., Uhl T.: Podstawowe problemy identyfikacji układów mechanicznych. VI Sympozjum Dynamiki Konstrukcji. Zeszyty Naukowe Politechniki Rzeszowskiej, Mechanika 12, Rzeszów 1986
- [8] Kerlin H.P.: Zerkleinerung von Kohle als Eizelkorn und in Kollektiv. Braunschweig 1980
- [9] Kocańda S., Szala J.: Podstawy obliczeń zmęzeniowych. PWN, Warszawa 1985
- [10] Kwieciński A.: Maszyny i urządzenia w produkcji zwierzęcej. PWN, Warszawa 1984

CONTINUOUSLY VARIABLE TRANSMISSIONS IN THE MILLING OF CORN

Summary

An identification method of properties of continuously variable transmissions (CVT) for milling of corn is presented. There are listed methods and results of comparative measurement of a modernized mill and traditional one. The product quality proves the advantages of the modernization direction.

ИМПУЛЬСИВНЫЙ ВАРИАТОР В ДРОБИЛКЕ ЗЕРНА

Резюме

Из анализа влияния конструкционных факторов на степень неравномерности движения и КПД импульсных вариаторов вытекает возможность сокращения энергоёмкости дробилок зерна. Представлена методика и результаты относительных измерений модернизированной дробилки и импульсивного вариатора.



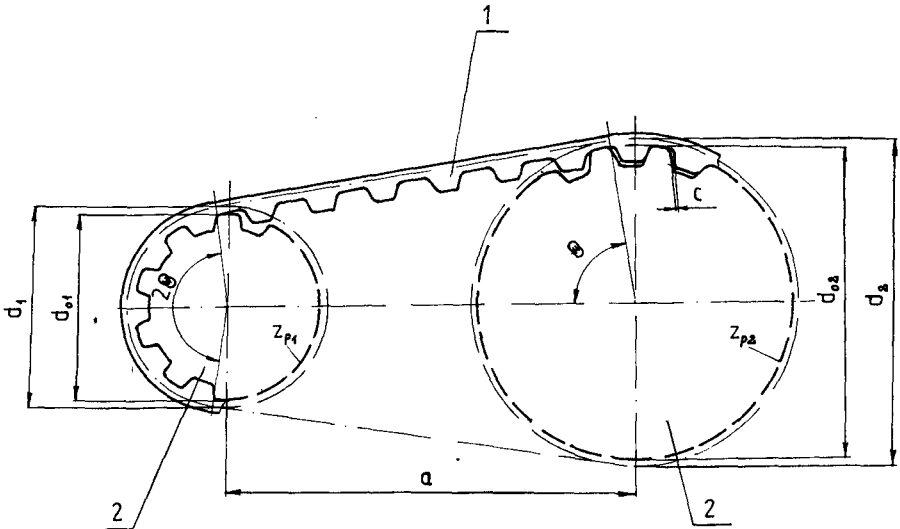
Janusz Rak

CHARAKTERYSTYKA PODSTAWOWYCH PARAMETRÓW
WPLYWAJĄCYCH NA SPRAWNOŚĆ PRZEKŁADNI Z PASEM ZĘBATYM

W pracy przeprowadzono analizę parametrów wpływających na sprawność przekładni z pasem zębatym. Parametry te podzielono na dwie grupy: cechy geometryczne i warunki pracy oraz przeprowadzono ich szczegółową charakterystykę. Określono wpływ tych parametrów na straty mocy przekładni. Stwierdzono fakt istnienia zależności między sprawnością a trwałością, dokładnością kinematyczną i obciążalnością przekładni z pasem zębatym.

1. WSTĘP

Przekładnia z pasem zębatym (rys.1) jest mechaniczną przekładnią ciągłą, której moment oraz obroty przekazywane są dzięki kształtowemu połączeniu zębów pasa i kół pasowych. Składa się ona z synchronicznego pasa 1 i z minimum dwóch synchronicznych kół pasowych 2 [1].



Rys.1. Przekładnia z pasem zębatym

Do ważniejszych zalet przekładni z pasem zębatym należy zaliczyć zdolność przekazywania momentów oraz obrotów za pomocą połączenia kształtowe-

go, zapewniającego wysoką stabilność tych parametrów, nawet przy konieczności ich przekazywania na znaczne odległości. Kształtowe powiązanie zębów pasa i koła pasowego decyduje o tym, że w porównaniu z innymi rodzajami przekładni cięgowych, maleje udział tarcia zewnętrznego w ogólnych stratach przekładni z pasem zębatym. Zaznacza się natomiast wyraźny wzrost udziału tarcia wewnętrznego struktury materiału. Przykładowo dla pasów poliuretanowych, deformacja materiału znajdującego się między dnem wrębu pasa zębatego a jego linkami nośnymi, deformacja zębów pasa oraz tarcie między powierzchnią boczną zębów pasa i koła, mają decydujący udział w ogólnych stratach mocy przekładni. Wielkości tych strat oraz ich procentowy udział w ogólnych stratach mocy są funkcją wielu parametrów. Zadaniem niniejszego opracowania jest scharakteryzowanie głównych parametrów mających podstawowy wpływ na sprawność przekładni z pasem zębatym.

2. CHARAKTERYSTYCZNE PARAMETRY WPLYWAJĄCE NA SPRAWNOŚĆ PRZEKŁADNI Z PASEM ZĘBATYM

Na podstawie teoretycznych i eksperymentalnych badań określono parametry wpływające na sprawność przekładni z pasem zębatym [8], dzieląc je na dwie grupy, według:

a) cech geometrycznych:

- średnica zewnętrzna koła pasowego,
- geometria zębów koła pasowego,
- długość pasa zębatego,
- szerokość pasa zębatego,
- odchyłki wykonania i montażu,

b) warunków pracy:

- siła obwodowa,
- siła napięcia wstępnego,
- materiał smarujący.

2.1. Cechy geometryczne

Takie wielkości geometryczne jak: średnica zewnętrzna i geometria zębów koła pasowego, długość i szerokość pasa zębatego, a także odchyłki wykonania i montażu są głównymi parametrami, w grupie cech geometrycznych, wpływającymi na straty przekładni z pasem zębatym, dlatego też istnieje potrzeba ich oddzielnej prezentacji.

2.1.1. Średnica zewnętrzna koła pasowego

Zgodnie z katalogami firmowymi [5, 6, 7], średnica zewnętrzna koła pasowego d_a związana jest z liczbą zębów koła pasowego z_p następującą zależnością:

$$d_a = \frac{P_p}{\pi} \cdot z_p - 2u \quad (1)$$

gdzie:

- p_b - podziałka pasa zębatego,
 z_p - liczba zębów koła pasowego,
 u - odległość między dnem wrębów pasa zębatego a osią jego linek nośnych.

Zależność (1) nie uwzględnia faktu wzrostu podziałki obciążonego pasa zębatego znajdującego się w ząbieniu z kołem pasowym. Z tego to powodu należy ją stosować tylko w tych przypadkach, gdzie występują nieznaczne siły obwodowe. W przypadku, gdy siły te przyjmują większe wartości, należy stosować wzór w zmienionej postaci [2] :

$$d_a = \frac{p_b}{\pi} \cdot z_p - 2u + \delta \quad (2)$$

gdzie:

δ - współczynnik korekcji.

Stosowanie współczynnika korekcji prowadzi do zwiększania średnicy zewnętrznej koła pasowego, a tym samym i jego podziałki. Jego wartość musi być tak dobrana, aby zapewnić w miarę równomierny rozkład siły obwodowej na poszczególne zęby pasa, w celu osiągnięcia podobnej deformacji jego zębów na łuku opasania. Współczynnik ten musi być także powiązany z wartością siły obwodowej, jako że jej zwiększenie wywołuje wzrost deformacji pasa zębatego, prowadząc w konsekwencji do zwiększenia poszczególnych podziałek pasa na łuku opasania. Deformacje te, uzależnione od rodzaju pasa zębatego, zależą w pasach poliuretanowych od deformacji materiału znajdującego się między dnem wrębu pasa a linkami nośnymi, a w pasach gumowych od wydłużenia linek nośnych.

Zwiększenie liczby zębów koła pasowego, będące równoznaczne ze zwiększeniem jego średnicy zewnętrznej, stwarza możliwość przenoszenia zwiększonych sił obwodowych, których wielkości są ograniczone wytrzymałością linek nośnych. Z punktu widzenia strat mocy przekładni, każdorazowe zwiększenie liczby zębów koła pasowego, bez równoległego zwiększania siły obwodowej (przy zachowaniu równości sumy podziałek pasa do sumy podziałek koła), prowadzi do zmniejszonego obciążenia poszczególnych zębów pasa zębatego. Wywołuje to zmiany wartości współczynnika tarcia μ , prowadzące w efekcie, szczególnie dla pasów poliuretanowych, do zwiększonego tarcia powierzchni bocznych zębów pasa przy wchodzeniu i wychodzeniu z ząbienia. Osiągamy również zmniejszoną deformację zębów pasa, która zmniejsza także straty spowodowane tarcie wewnętrznym materiału pasa zębatego.

Zwiększenie liczby zębów koła pasowego wywołuje także zwiększenie powierzchni kontaktu wierzchołków zębów koła z dnem wrębów pasa zębatego. Zachowanie niezminionej wartości obciążenia sprzyja spadkowi wartości jednostkowego nacisku, a tym samym zmniejszeniu deformacji materiału zawierającego się między dnem wrębu pasa zębatego a linkami nośnymi, co szczególnie odbija się na obniżeniu strat mocy w przekładni z pasem poliuretanowym.

Dużo mniejszy wpływ na ogólny poziom strat mocy przekładni mają straty wywołane zginaniem pasa zębatego, powstające przy jego wchodzeniu i wychodzeniu z koła pasowego. Zwiększenie średnicy koła pasowego tylko nieznacznie wpływa na zmniejszenie strat wywołanych tego rodzaju deformacją, które i tak są nieznaczne w porównaniu z innymi stratami, wywołanymi innym charakterem deformacji czy tarcia.

Projektując przekładnię z pasem zębatym należy pamiętać o tym, że istotne zwiększenie liczby zębów koła pasowego, przy złym doborze podziałek pasa i koła zębatego, może niekorzystnie wpłynąć na charakter współpracy ząbów.

2.1.2. Geometria zębów koła pasowego

Geometria zębów koła pasowego powinna być taka, aby ich wręby międzyzębne zapewniały możliwość pełnego zazębienia z zębami pasa. Szerokość samych wrębów musi odpowiadać wartości niezbędnej z tego powodu, że jej zwiększanie ponad tę wartość prowadzi do takich niekorzystnych zjawisk jak: zmniejszenie rzeczywistej podziałki koła pasowego, zwiększenie nacisku wierzchołków zębów koła pasowego na dno wrębów pasa, zwiększenie zjawiska osiadania pasa na wieloboku oraz zmniejszenie kinematycznej dokładności transmisji ruchu.

Profile samych zębów koła powinny zapewniać możliwość wślizgiwania się zębów pasa w koło pasowe, z możliwie najmniejszym współczynnikiem tarcia. Powinny one zapewniać korzystne przekazywanie sił z zębów kół na zęby pasów, a w szczególności maksymalne odciążenie podstawy zęba pasa. W praktyce odciążenie podstawy zęba pasa można osiągnąć poprzez: dodatnią różnicę między kątem wrębu zęba koła pasowego a kątem zęba pasa, zwiększony promień wierzchołka zęba koła czy też ewolwentowy profil zęba koła [2]. Profile stosowanych zębów kół pasowych powinny także zapewniać taką współpracę koła z pasem, gdzie zjawisko osiadania pasa na wieloboku występuje w minimalnym stopniu.

Jak wykazały badania, wymagania stawiane geometrii zębów koła pasowego są bardzo istotne z punktu widzenia dokładności kinematycznej, trwałości czy obciążalności przekładni. Nie dotyczą one w równym stopniu strat powstających w przekładni. Okazało się, że geometria zębów koła pasowego wpływa tylko w nieznaczny sposób na deformację zębów pasa, zazębionych z kołem pasowym. Tym samym nie decyduje ona o wielkości strat mocy przekładni z pasem zębatym.

2.1.3. Długość pasa zębatego

Teoretyczna długość pasa zębatego związana jest z jego podziałką następującą zależnością:

$$L_p = z_b \cdot p_b \quad (3)$$

gdzie:

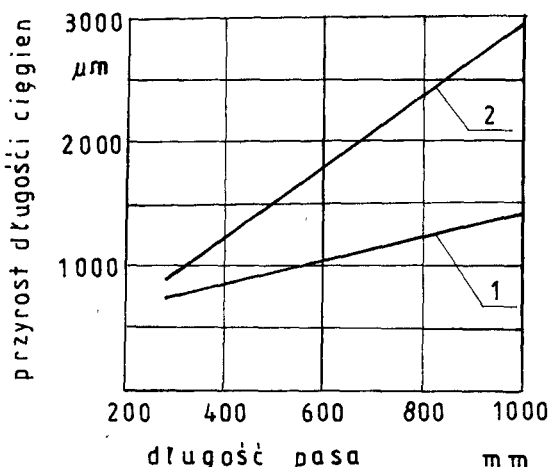
p_b - podziałka pasa zębatego,

z_b - liczba zębów pasa zębatego.

Wielkość ta nie odpowiada rzeczywistej długości i musi zostać uzupełniona o jej odchyłkę [9].

Podczas pracy przekładni ma miejsce ciągle naprężanie i odprężanie odcinków pasa zębatego, prowadzące wskutek występowania histerezy sprężystej do strat mocy. Zwiększenie długości pasa zębatego powoduje, że w czasie jednego obrotu dłuższy odcinek pasa zostaje naprężony i odprężony. Prowadzi to do zwiększonego tarcia wewnętrznego, a tym samym i do zwiększonych strat mocy.

Wielkość deformacji wzdłużnej pasa zębatego uzależniona jest między innymi od rodzaju zastosowanego pasa. Poliuretanowe pasy zębate charakteryzują się, w porównaniu z gumowymi, mniejszym wydłużeniem. Wynika to przede wszystkim z małego wydłużenia materiału (tj. stali), z którego są wykonane linki nośne. Różnice w przyroście długości cięgna gumowego, w porównaniu do przyrostu długości cięgna poliuretanowego, w funkcji ich długości wyjściowych, dla siły napinającej 60 N, przedstawiono na rysunku 2.



Rys.2. Przyrost długości pasa zębatego w funkcji jego długości wyjściowej przy sile napinającej 60 N

Zwiększone wydłużenie, szczególnie cięgna biernego pasa zębatego, ma istotny wpływ na pogorszenie warunków zazębienia z napędzanym kołem pasowym. Prowadzi to do wzrostu sił tarcia, a tym samym i wzrostu strat mocy. Wielkości tych strat, przy istotnych wartościach wydłużenia cięgna biernego, są dominujące. W celu przeciwdziałania znacznemu wzrostowi strat mocy, wywołanych zwiększaniem długości pasa zębatego, należy wraz z jego rosnącą długością zwiększać siłę napięcia wstępnego.

2.1.4. Szerokość pasa zębatego

Szerokość pasa zębatego określona jest liczbą jego linek nośnych oraz skokiem ich nawinięcia w procesie wytwarzania.

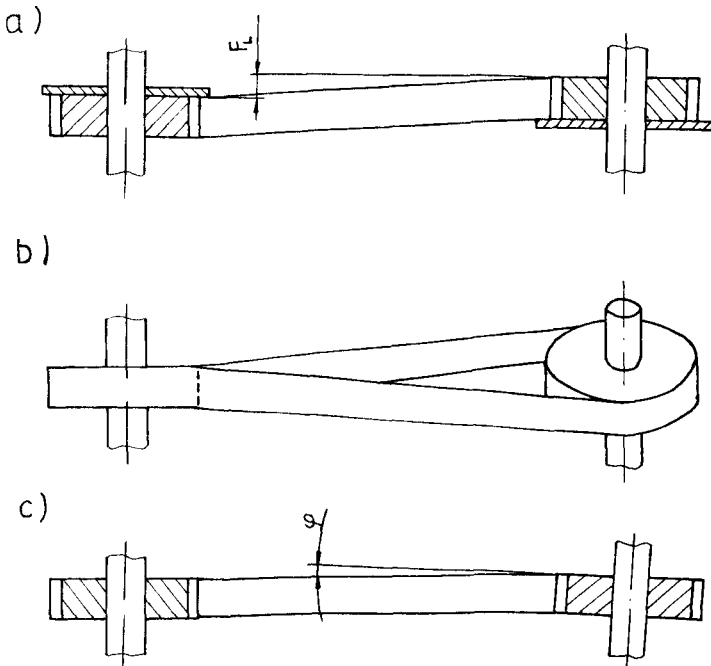
Zwiększenie szerokości pasa zębatego powoduje:

- a) zwiększanie strat mocy przekładni wywołane rosnącą wielkością tarcia wewnętrznego, związanego z nieprzerwanym jego zginaniem. Straty mocy wywołane zginaniem nie zależą przy tym od wielkości przekazywanego momentu obrotowego, a jedynie od rodzaju zastosowanego pasa (w szczególności od podatności materiałów użytych do jego produkcji),
- b) zwiększenie strat mocy przekładni wywołane wzrostem tarcia między uzębieniem koła i pasa zębatego, w związku ze wzrostem współczynnika tarcia, przy malejącej wartości nacisku powierzchniowego,
- c) zmniejszenie strat mocy przekładni wywołane poprawionymi warunkami ząbkowania się koła i pasa zębatego,
- d) zmniejszenie strat mocy przekładni wywołane malejącą deformacją materiału zawierającego się między dnem wrębu pasa a jego linkami nośnymi.

2.1.5. Odchyłki wykonania i montażu

Wskutek nieprawidłowego montażu powstają w przekładni z pasem zębatym odchyłki pogarszające jakość jej pracy. Mają one istotny wpływ na obniżenie trwałości samej przekładni, a także na zwiększone straty mocy. Takie odchyłki montażu jak przedstawione na rysunku 3:

- błąd prostoliniowości (ustawienie pasa w linii),
- nachylenie osi,
- wichrowatość osi



Rys.3. Odchyłki montażu:

- a) błąd prostoliniowości, b) nachylenie osi, c) wichrowatość osi

obciążają w szczególności krawędź brzegową pasa zębatego, która trze, w zależności od wielkości odchyłki, z różną siłą o kołnierz koła pasowego, zwiększając straty przekładni oraz obniżając jej trwałość.

Wśród odchyłek wykonania na szczególną uwagę zasługują odchyłki długości pasa i średnicy zewnętrznej koła pasowego. Odchyłki długości pasa, przekraczające dopuszczalne wielkości, mają istotny wpływ na deformację materiału zawierającego się między dnem wrębu pasa, a jego linkami nośnymi. Deformacja ta, szczególnie w pasach poliuretanowych, ma decydujący udział w ogólnych stratach mocy przekładni. Niedopuszczalnie duże odchyłki średnicy zewnętrznej koła pasowego prowadzą do zakłóceń powstających podczas zazębiania się koła z pasem zębatym, co znajduje ponownie swoje odbicie w zwiększonych stratach.

3. WARUNKI PRACY

Wielkości sił obwodowych i napięcia wstępnego oraz rodzaj materiału smarującego mają istotny wpływ na wielkość strat w przekładni z pasem zębatym i dlatego też wymagają specjalnego omówienia.

3.1. Siła obwodowa

Zgodnie z pracą [3], wartość przenoszona siły obwodowej można określić w stosunkowo prosty sposób, posługując się następującą zależnością matematyczną:

$$F_u = F_1 (b_D - 0,3 b_D) \cdot z_e \cdot K \cdot \frac{1}{S_D} \quad (4)$$

gdzie:

- F_1 - dopuszczalna siła obwodowa w N na cm szerokości pasa i jeden jego zazębiony ząb,
- b_D - szerokość pasa,
- z_e - liczba zazębionych zębów,
- K - współczynnik w funkcji obrotów,
- S_D - współczynnik bezpieczeństwa.

Przekładnia z pasem zębatym może znajdować się w jednym z trzech stanów obciążenia:

- niedociążenia,
- obciążenia momentem zbliżonym do nominalnego,
- przeciążenia.

Pracę przekładni niedociążonej można w dużym przybliżeniu porównać z zachowaniem się teoretycznego modelu przekładni obciążonego tylko niewielkim napięciem wstępnym. Dla tego modelu charakterystyczne jest bezślizgowe wchodzenie zębów pasa we wręby koła pasowego (przy zachowaniu równości podziałek koła i pasa zębatego). Zęby pasa nie podlegają przy tym deformacji, jako że nie są obciążane siłą obwodową. Powstające w ten

sposób straty mocy przekładni uwarunkowane są tylko tarcie wewnętrzny, wynikającym z deformacji materiału zawierającego się między dnem wrębów pasa a linkami nośnymi oraz zginania pasa zębatego.

Wraz ze zwiększaniem obciążenia w kierunku nominalnej wartości momentu obrotowego zaznacza się istotny wzrost strat mocy przekładni, wywołany tarcie ślizgowym zazębiających się powierzchni bocznych zębów pasa i koła. Tarcie to jest efektem przesunięcia zębów pasa w stosunku do zębów koła (wskutek deformacji zębów pasa na łuku opasania).

Dalsze przeciążanie przekładni pogłębia zakłócenia powstające podczas zazębiania i prowadzi do tego, iż praca przekładni staje się niemożliwa.

3.2. Siła napięcia wstępnego

Siła napięcia wstępnego niezbędna jest do wyeliminowania nabiegania zębów biernego cięgna pasa na wierzchołki zębów napędzanego koła pasowego. Zgodnie z pracą [4] wartość tej siły powinna być ustalona na poziomie określonym następującą zależnością:

$$F_V \approx \frac{z_b}{100} \cdot F_u \quad (5)$$

gdzie:

- F_V - siła napięcia wstępnego,
- F_u - siła obwodowa,
- z_b - liczba zębów pasa.

Zwiększanie siły napięcia wstępnego wywołuje dwie przeciwstawne sobie tendencje. Pierwsza z nich prowadzi do poprawienia warunków zazębiania cięgna biernego z napędzanym kołem pasowym i obniżenia strat mocy przekładni wywołanych tarcie ślizgowym. Druga natomiast wzmacnia straty mocy wywołane zwiększoną deformacją materiału zawierającego się między dnem wrębu pasa a linkami nośnymi. Tendencje te powodują, że zmiany wartości siły napięcia wstępnego mają tylko nieznaczny wpływ na sprawność przekładni.

3.3. Materiał smarujący

Gumowe pasy zębate nie wymagają smarowania. Stosując je należy unikać wszelkiego kontaktu z olejami, gdyż pasy te nie są na nie odporne. W przypadkach, gdzie jest to nieuniknione, należy korzystać ze specjalnych gatunków pasów wykonanych z olejoodpornych mieszanek gumowych.

Niesmarowane zęby pasów poliuretanowych ulegają przyspieszonemu zużyciu oraz charakteryzują się zwiększonymi wartościami strat mocy. Stosując takie środki smarne jak: smar łożyskowy, pasty - MoS_2 , czy pasty grafitowe, wydłuża się znacznie czas pracy przekładni, przez co staje się on porównywalny z czasem pracy przekładni gumowych. Dopuszczalne jest również smarowanie olejowe, z tym, że w przeciwieństwie do uprzednio wymienionych środków stosowanych jednokrotnie, należy się liczyć z koniecznością kilkakrotnego smarowania w procesie eksploatacji.

4. UWAGI KOŃCOWE

Przeprowadzona charakterystyka podstawowych parametrów wpływających na sprawność przekładni z pasem zębatym wskazuje na ich różnorodność. Znajomość tych parametrów jest niezwykle istotna, gdyż mają one wpływ nie tylko na sprawność, lecz również na trwałość przekładni, a także, w mniejszym lub większym stopniu, na dokładność kinematyczną oraz obciążalność. Konieczność przeprowadzenia powyższej analizy podyktowana została stwierdzoną zależnością między wymienionymi elementami a sprawnością przekładni.

LITERATURA

- [1] ISO 5288-1982
- [2] Metzner D.: Konstruktive Gestaltung von Zahnriemenscheiben. Maschinenbautechnik 32, 3 (1983)
- [3] Metzner D.: Belastbarkeit von Zahnriemen. Maschinenbautechnik 32, 2 (1983)
- [4] Metzner D., Urbansky N.: Vorspannkraft bei Zahnriemengetrieben. Maschinenbautechnik 33, 12 (1984)
- [5] Opis firmowy: Technisches Handbuch für Optibelt-Zahnflachriemen. Firma Optibelt, RFN 1981
- [6] Opis firmowy: Synchrobelt Zahnriemen. Firma Continental, RFN 1984
- [7] Opis firmowy: Power Grip Berechnungsunterlagen für Zahnriemen. Firma Uniroyal, RFN 1976
- [8] Rak J.: Wirkungsgrad von Zahnriemengetrieben. Praca doktorska. Uniwersytet Techniczny, Drezno 1983
- [9] Spensberger A.: Optimale Bemessung und Standardisierung von Zahnriemenscheiben. Praca doktorska. Uniwersytet Techniczny, Drezno 1986

CHARACTERIZATION OF BASIC PARAMETERS
DETERMINING EFFICIENCY OF TOOTHED BELT DRIVES

Summary

The paper contains an analysis of parameters determining the efficiency of toothed belt drives. These parameters are divided into two groups: geometric characteristics and conditions of work. A detailed characteristics of the two groups is presented and the effects of the parameters on the power losses of the drive given. There were also found connections between efficiency and durability, kinematic exactness and load-carrying capacity of toothed belt drives.

ХАРАКТЕРИСТИКА ОСНОВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ВЛИЯЮЩИХ НА КОЭФФИЦИЕНТ ПОЛЕЗНОГО ДЕЙСТВИЯ ПЕРЕДАЧИ С ЗУБЧАТЫМ РЕМНЕМ

Резюме

В работе проведен анализ параметров влияющих на к.п.д. зубчато-ременной передачи. Параметры эти разделены на две группы: геометрические свойства и условия работы. Определено влияние их на потери мощности передачи. Установлен факт существования зависимости между к.п.д. и прочностью, кинематической точностью и нагрузочной способностью передачи с зубчатым колесом.

Marian Bogusz

IDENTYFIKACJA CECH KONSTRUKCYJNO-DYNAMICZNYCH HYDRAULICZNEGO WZBUDNIKA DRGAŃ

W opracowaniu podjęto próbę identyfikacji cech konstrukcyjno-dynamicznych prototypowego wzbudnika drgań sterowanego obrotowym zaworem rozdzielczym. Dokonano wnikliwej analizy czynników opisujących badany obiekt. W oparciu o wyniki badań eksperymentalnych, analizowano jaki wpływ na wartość i charakter generowanego sygnału przemieszczenia mają: objętościowe natężenie przepływu, kąt maksymalnego tłoczenia, częstotliwość wymuszeń i inne. Opracowano wnioski i ustalenia do dalszych badań.

1. WSTĘP

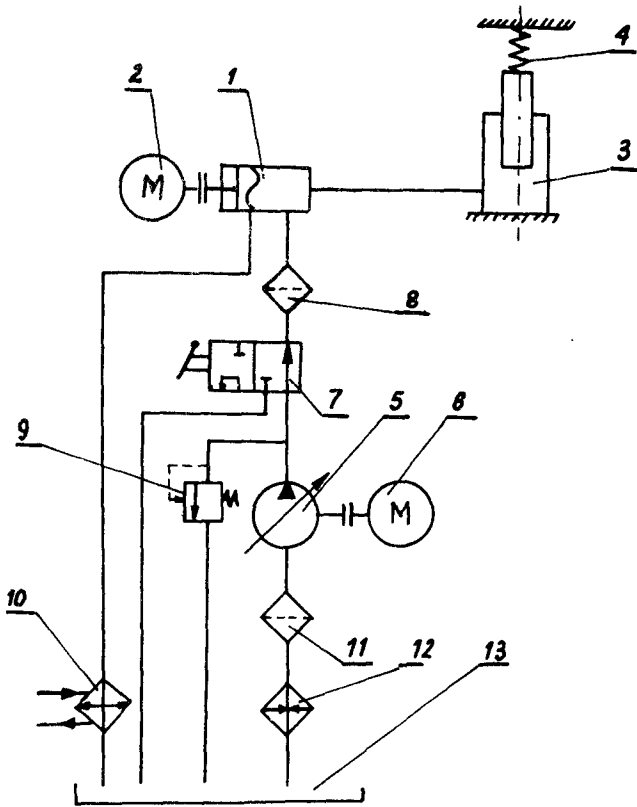
Identyfikacja cech konstrukcyjno-dynamicznych badanego obiektu jest niezbędna dla sterowania jego pracą. Poznanie wpływu wybranych czynników na pracę badanego urządzenia to droga do badań symulacyjnych opartych na poprawnie zbudowanym modelu matematycznym, opisującym zachodzące w nim procesy dynamiczne. Powyższe stwierdzenie jest szczególnie istotne w przypadku identyfikacji cech konstrukcyjno-dynamicznych wzbudników drgań będących źródłem sygnałów wymuszających w programowanych badaniach maszyn [3].

W niniejszym opracowaniu podjęto próbę określenia wpływu wybranych parametrów wzbudnika drgań sterowanego obrotowym zaworem rozdzielczym na wartość i charakter generowanego sygnału przemieszczenia.

2. CHARAKTERYSTYKA WZBUDNIKA DRGAŃ

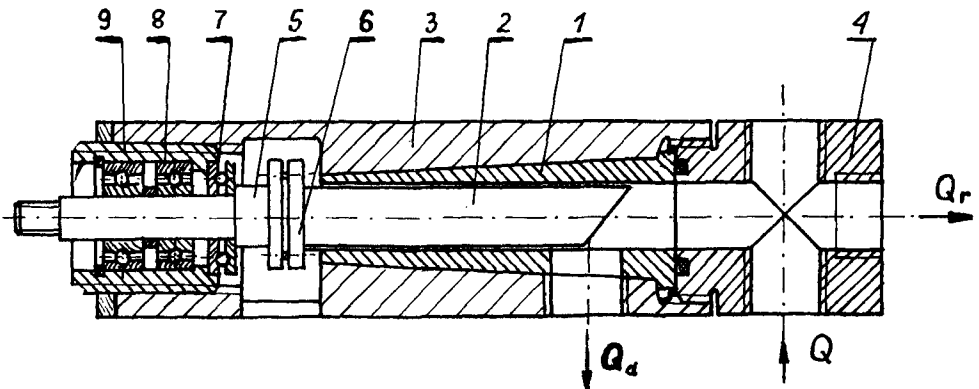
Przedmiotem badań był prototypowy hydrauliczny wzbudnik drgań sterowany obrotowym zaworem rozdzielczym. Konstrukcję wzbudnika oparto częściowo na elementach produkowanych seryjnie przez przemysł krajowy - głównie hydraulicznych układów zasilających. Pozostałe elementy wzbudnika wykonano wg własnych opracowań [2].

Schemat ideowy badanego obiektu przedstawiono na rysunku 1. Podstawowym zespołem wzbudnika był obrotowy zawór rozdzielczy 1. Zadaniem zaworu była zamiana strumienia cieczy o stałym objętościowym natężeniu przepływu na strumień pulsujący, który skierowany do siłownika hydraulicznego 2, był zamieniany na sygnał przemieszczenia. Schemat budowy zaworu przedstawiono na rysunku 2.



Rys.1. Schemat ideowy prototypowego wzbudnika drgań:

1 - obrotowy zawór rozdzielczy, 2 - silnik elektryczny, 3 - siłownik hydrauliczny, 4 - sprężyna obciążająca, 5 - pompa wyporowa PTO2-40R, 6 - silnik elektryczny, 7 - rozdzielacz suwakowy, 8 - filtr, 9 - zawór przelewowy, 10 - chłodnica, 11 - filtr ssawny, 12 - grzejnik, 13 - zbiornik oleju



Rys.2. Przekrój obrotowego zaworu rozdzielczego:

1 - tuleja, 2 - tłoczek, 3 - korpus, 4 - kostka przyłączeniowa, 5 - wałek napędowy, 6 - sprężło, 7 - łożysko oporowe, 8 - łożysko promieniowe, 9 - piasta

Podzespół dławiący, składający się z tulei 1 i obrotowego tłoczka 2, umieszczono w korpusie 3. Obciążenie osiowe od ciśnienia cieczy roboczej, wywierane na obrotowy tłoczek, przejmowało łożysko oporowe 7. Do zmiany położenia osiowego tłoczka służyła piasta 9. Szczelinę dławiącą w bocznej powierzchni tulei oraz zarys krawędzi sterującej na tłoczku wykonano metodą elektrodrażenia. Podzespół dławiący był elementem wymiennym obrotowego zaworu rozdzielczego. Do badań przygotowano cztery podzespoły dławiące z tłoczkami o różnych zarysach. Źródłem strumienia cieczy o stałym natężeniu przepływu był zespół zasilający z wielotłoczkową pompą wyporową typu PTOZ-40R.

Obciążenie sprężyste dla siłownika stanowiły dwie śrubowe sprężyny o łącznej sztywności C . Energia skumulowana w sprężynach służyła do wykonania ruchu powrotnego murnika. Stałą temperaturę cieczy roboczej utrzymywano przy pomocy chłodnicy wodnej i grzejnika (zamontowanych w zbiorniku).

3. ANALIZA CZYNNIKÓW OPISUJĄCYCH PRZEDMIOT BADAŃ

Określenie funkcji obiektu badań, której koncepcja ma być doświadczalnie sprawdzona, wymagało szczegółowej analizy czynników opisujących badany obiekt.

Zbiór czynników opisujących wzbudnik drgań podzielono na cztery grupy:

1. Czynniki badane - podlegające celowej zmianie zgodnie z przyjętym programem badań:
 - objętościowe natężenie przepływu cieczy roboczej $Q = 0,16 \dots \dots \dots 0,63 \text{ [dm}^3/\text{s]}$,
 - prędkość obrotowa tłoczka $\omega = 20 \dots \dots 60 \text{ [1/s]}$,
 - kąt maksymalnego tłoczenia przy minimalnym polu powierzchni szczeliny dławiącej $\beta = 0,5 \dots \dots 2,0 \text{ [rad]}$,
 - maksymalne pole powierzchni szczeliny dławiącej $S_d = 13 \dots \dots 33 \text{ [mm}^2\text{]}$,
 - długość przewodu łączącego obrotowy zawór rozdzielczy z siłownikiem hydraulicznym $L = 0 \dots \dots 2,0 \text{ [m]}$.

Zbiór czynników badanych oznaczono:

$$X(Q, \omega, \beta, S_d, L)$$

2. Czynniki wynikowe - pozwalające ocenić stan obiektu badań oraz decydujące o jego własnościach w sensie aspektów poznawczych i użytkowych:

- przemieszczenie murnika $A \text{ [mm]}$,
- ciśnienie w komorze siłownika $P_s \text{ [MPa]}$,
- różnica ciśnień przed i za zaworem dławiącym $\Delta P \text{ [MPa]}$,
- kąt przesunięcia fazowego $\psi \text{ [rad]}$,

Zbiór czynników zależnych oznaczono:

$$Z(A, P_s, \Delta P, \psi)$$

3. Czynniki stałe - oznaczone zbiorem C, stanowiły niezmiennie warunki badań:

- temperatura czynnika roboczego $T = 323 \text{ K}$,
- lepkość $\nu = 41 - 45 \text{ [mm}^2/\text{s]}$,
- obciążenie zewnętrzne charakteryzowane stałą sprężystości $C = 143\,400 \text{ [N/m]}$,
- średnica nurnika w siłowniku $d = 18 \text{ [mm]}$,
- szerokość szczeliny dławiącej $b = 2 \text{ [mm]}$.

4. Czynniki zakłócające - oznaczone zbiorem H, trudne do określenia w trakcie badań, wpływające na rozrzut wyników badań:

- zmienny charakter przepływu czynnika roboczego w szczelinie dławiącej Re ,
- drgania własne układu n_w i inne.

Z powyższej analizy czynników wynika funkcja obiektu badań postaci

$$F_2(X, Z, C, H) \quad (1)$$

lub

$$Z = Z(X, C, H) \quad (2)$$

W dalszych rozważaniach przyjęto, że zakłócenia przebiegały na stałym poziomie dla wszystkich pomiarów i traktowano je jak czynniki stałe ze zbioru C.

Ostatecznie przyjęto funkcję postaci:

$$Z = Z(X) \quad (3)$$

4. BADANIA WZBUDNIKA DRGAŃ

Wybór techniki pomiarowej uwarunkowany był przyjętą formą numerycznej analizy wyników badań. Mierzone wartości czynników wynikowych i badanych rejestrowano metodą cyfrową, za pomocą automatycznego systemu przetwarzania i rejestracji danych, zbudowanego w Katedrze Maszyn i Pojazdów Rolniczych Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy. System umożliwiał rejestrację przebiegu analogowego i przetwarzanie na cyfrową postać w szybkim przetworniku analogowo-cyfrowym oraz rejestrację przebiegów wielkości fizycznych dających się przetworzyć na postać impulsową [1].

Przed przystąpieniem do badań zasadniczych przeprowadzono badania wstępne, w których:

- sprawdzono wydatek pompy zasilającej w funkcji prędkości obrotowej,
- przeprowadzono wzorcowanie torów pomiarowych przemieszczenia i ciśnień,
- określono ilość pomiarów w badaniach zasadniczych niezbędnych dla właściwego wnioskowania.

Badania zasadnicze prowadzono dla określenia wpływu czynników badanych na wartość czynników wynikowych w funkcji kąta obrotu tłoczka dławiącego zaworu rozdzielczego.

Badania prowadzono zgodnie z wcześniej opracowanym programem. Po każdej serii pomiarów (20 powtórzeń) sprawdzono wskazania przetworników ciśnienia i przemieszczenia w stanie spoczynku. W razie potrzeby dokonywano odpowiednich korekt w aparaturze, aby wskazania były zgodne z pierwotną charakterystyką.

5. ANALIZA WYNIKÓW BADAŃ

Mając na uwadze to, że badany obiekt był układem drgającym, pracującym w polu zakłóceń determinujących przebieg generowanego sygnału, dokonano analizy harmonicznej dla przebiegu sygnału ciśnienia i przemieszczenia.

Uzyskane przebiegi ciśnienia i przemieszczeń aproksymowano szeregiem Fouriera postaci:

$$A = A_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^A \cos nt + b_n^A \sin nt) \quad (4)$$

$$P = P_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^P \cos nt + b_n^P \sin nt) \quad (5)$$

$$\Delta p = \Delta p_0 + \sum_{n=1}^{\infty} (a_n^{\Delta p} \cos nt + b_n^{\Delta p} \sin nt) \quad (6)$$

Szeregi (4) - (6) można przedstawić w prostszej postaci:

$$A = \frac{A_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} h_n^A \sin(n\omega_1 t + \varphi_n^A) \quad (4a)$$

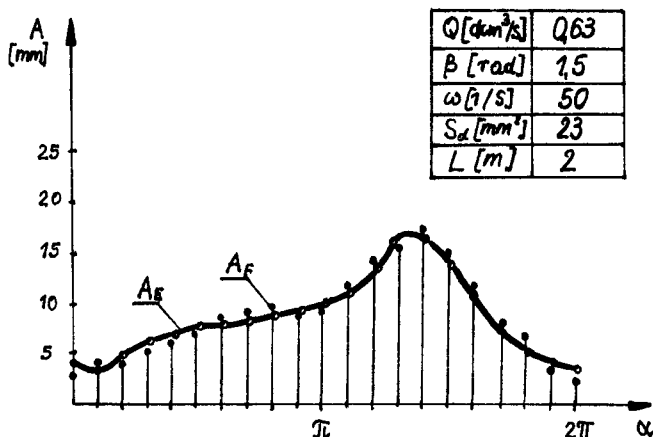
$$P = \frac{P_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} h_n^P \sin(n\omega_1 t + \varphi_n^P) \quad (5a)$$

$$\Delta p = \frac{\Delta p_0}{2} + \sum_{n=1}^{\infty} h_n^{\Delta p} \sin(n\omega_1 t + \varphi_n^{\Delta p}) \quad (6a)$$

Wyznaczono wyrazy wolne A_0 , P_0 , Δp_0 , współczynniki a_n^A , b_n^A , a_n^P , b_n^P , $a_n^{\Delta p}$, $b_n^{\Delta p}$ oraz odpowiednie wartości h_n i φ_n do siódmej harmonicznej.

Na rysunku 3 zamieszczono wykres przedstawiający wynik analizy. Analiza poszczególnych serii prób wykazała znaczące wartości przemieszczenia i ciśnienia do czwartej harmonicznej. Nie stwierdzono istotnego wpływu badanych parametrów (Q , ω , β , S_d , L) na wartość poszczególnych harmonicznych oraz ich ilość.

Z powyższego rozważania można sformułować wniosek ogólny postaci: wzbudnik drgań sterowany obrotowym zaworem rozdzielczym generuje sygnały o przebiegu harmonicznym.



Rys.3. Przebieg przemieszczenia eksperymentalnego i przemieszczenia wyrażonego szeregiem Fouriera:

A_E - średnie przemieszczenie eksperymentalne,

A_F - przemieszczenie aproksymowane szeregiem Fouriera

Dla ustalenia związków jakościowo-ilościowych zachodzących pomiędzy badanymi czynnikami dokonano analizy regresji wielokrotnej. Analizy regresji dokonano dla przebiegów eksperymentalnych przemieszczenia. Był to wg autora najbardziej interesujący czynnik wynikowy [2].

Postawiony cel poznawczy, jak i użyteczny, uznawał za niecelowe szukanie regresji dla całego przedziału zmienności od 0 do 2π (jednego cyklu pracy). Szukano więc regresji dla ekstremalnych wartości przemieszczeń oraz ich różnicy dla każdego cyklu pracy (jednego obrotu elementu dzwającego), tj. dla A_{\max} , A_{\min} , ΔA . Dla zmierzonych wartości A_{\max} , A_{\min} , ΔA (dla wszystkich powtórzeń w poszczególnych seriach prób) wyznaczono równania regresji w funkcji Q , ω , β , S_d , L oraz ich kwadratów.

Otrzymano równania regresji, dla których współczynniki przy zmiennych były istotne na poziomie 0,05. Równania miały postać:

$$A_{\max} = b_0 + b_1 \omega + b_2 \beta + b_4 \cdot Q + b_6 \omega^2 + b_8 \cdot S_d^2 + b_{10} \cdot L^2 \quad (7)$$

$$A_{\min} = b_0 + b_3 \cdot S_d \quad (8)$$

$$\Delta A = b_0 + b_2 \beta + b_4 \cdot Q \quad (9)$$

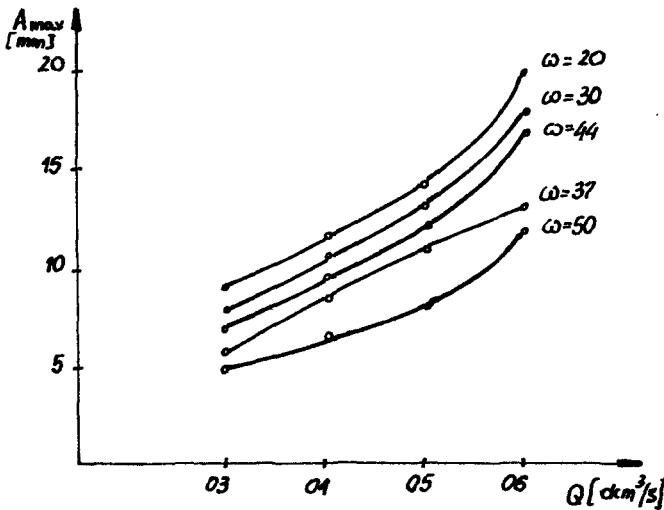
Wartości współczynników przy zmiennych badanych ω , β , S_d , Q , L , ω^2 , β^2 , S_d^2 , Q^2 , L^2 dla zmiennych wynikowych A_{\max} , A_{\min} , ΔA podano w tabeli 1.

Przeprowadzona analiza wykazała, że w badanym zakresie czynników, decydujący wpływ na wartość generowanego sygnału przemieszczenia maksymalnego mają: objętościowe natężenie przepływu czynnika roboczego oraz kąt maksymalnego tłoczenia. Zależność tę przedstawiono graficznie na rysunkach 4 i 5.

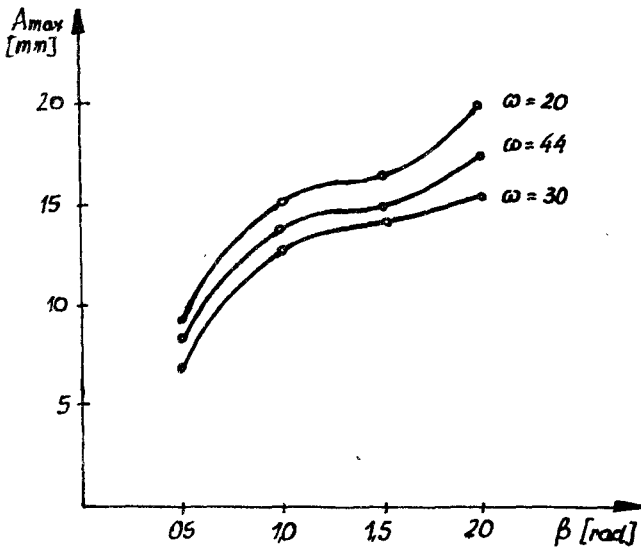
Tabela 1

Współczynniki równania regresji wielokrotnej

Współczynnik zmiennych badanych \ Zmienne wynikowe	A_{max}	A_{min}	ΔA
b_0	$-3,7 \cdot 10^{-4}$	$9,4 \cdot 10^{-3}$	$8,0 \cdot 10^{-3}$
b_1	$-6,73 \cdot 10^{-4}$		
b_2	$3,67 \cdot 10^{-3}$		$3,05 \cdot 10^{-3}$
b_3		$-3,28 \cdot 10^{-2}$	
b_4	$3,21 \cdot 10^{-2}$		$2,29 \cdot 10^{-2}$
b_5			
b_6	$1,02 \cdot 10^{-5}$		
b_7			
b_8	$-3,89 \cdot 10^{-6}$		
b_9			
b_{10}	$-6,5 \cdot 10^{-4}$		



Rys.4. Wpływ objętościowego natężenia przepływu na przemieszczenie maksymalne



Rys. 5. Wpływ kąta maksymalnego tłoczenia na przemieszczenia maksymalne

Przemieszczenie maksymalne malało ze wzrostem częstotliwości wymuszeń ω , choć wpływ tego parametru nie był tak silny jak wpływ β i Q . Wpływy pozostałych badanych czynników były małe. Przemieszczenie minimalne zależy tylko od powierzchni szczeliny dławiącej, co potwierdza bardzo silna korelacja pomiędzy tymi wielkościami ($R^2 = 0,896$).

Amplituda przemieszczenia, jako różnica A_{max} i A_{min} , podobnie jak przemieszczenie maksymalne, zależy głównie od parametrów β i Q . Z wydruku EMC wynika jednak, że parametry S_d , L^2 , ω , ω^2 istotne przy A_{max} , zostały skreślone dopiero na poziomie istotności 0,06.

6. WNIOSKI

Na podstawie analizy wyników badań stwierdzono, że:

1. Na wartość przemieszczenia generowanego przez hydrauliczny wzbudnik drgań sterowany obrotowym zaworem rozdzielczym, w warunkach sprężystego obciążenia zewnętrznego, decydujący wpływ mają: objętościowe natężenie przepływu i kąt maksymalnego tłoczenia. Wpływ pozostałych parametrów, tj. częstotliwości wymuszeń, powierzchni szczeliny dławiącej oraz odległości zespołu wymuszającego od zaworu rozdzielczego jest w badanym zakresie parametrów zdecydowanie mniejszy.

2. Wzbudnik drgań sterowany obrotowym zaworem rozdzielczym może być źródłem sygnału przemieszczenia lub siły w badaniach trwałościowych elementów sprężystych.

3. Jeżeli nie jest konieczne generowanie sygnału sinusoidalnego, a może być to przebieg trapezowy lub zbliżony, to mniej energochłonnym jest wzrost przemieszczenia przez zwiększenie kąta maksymalnego tłoczenia w stosunku do objętościowego natężenia przepływu.

4. Dla ograniczenia przesunięcia fazowego pomiędzy sygnałem wejściowym a sygnałem wyjściowym oraz dla uniknięcia wpływu elastyczności przewodów na wartość i charakter generowanego sygnału należy zawór rozdzielczy zamontować przy zespole wykonawczym.

Dalsze badania należałoby kontynuować w kierunku:

1. Badań teoretyczno-eksperymentalnych wzбудnika przy masowo-sprężystym obciążeniu zewnętrznym.

2. Opracowania konstrukcji wzбудnika drgań z obrotowym zaworem rozdzielczym, generującym pseudolosowy sygnał przemieszczenia.

LITERATURA

- [1] Bogusz M., Flizikowski J., Woliński A.: Pomiar szybkozmiennych sygnałów generowanych przez hydrauliczny wzbudnik drgań. *Maszyny i Ciągniki Rolnicze* 6/1983
- [2] Bogusz M.: Dynamika procesu realizowanego przez wzbudnik drgań sterowany obrotowym zaworem rozdzielczym. Praca doktorska. *Politechnika Poznańska* 1984
- [3] Schmidt J.: Zastosowanie systemów elektrohydraulicznych we współczesnych metodach badawczych. *Zeszyty Naukowe Politechniki Poznańskiej, Maszyny Robocze i Pojazdy* 23, Poznań 1982

IDENTIFICATION OF CONSTRUCTIONAL AND DYNAMIC FEATURES OF HYDRAULIC VIBRATION INDUCTOR

Summary

In the paper, there was made an attempt at identifying constructional and dynamic features of a prototype vibration inductor steered by a rotative distribution valve. There was made a thorough analysis of factors defining the object examined. On the basis of the tests results, an effect of volumetric rate of flow, maximum angle of crushing, frequency of extortions on the valve and the nature of the generated displacement signal was analysed. In the final part of the paper, conclusions for further research were formulated.

ИДЕНТИФИКАЦИЯ КОНСТРУКЦИОННО-ДИНАМИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ГИДРАВЛИЧЕСКОГО ИНДУКТОРА КОЛЕБАНИЙ

Резюме

Устройствами дающими возможность отображения степени нагрузки в запрограммированных исследованиях машин могут быть индукторы колебаний.

В работе описана попытка идентификации конструкционно-динамических свойств прототипа возбудителя колебаний управляемого вращающимся распределительным клапаном. Проведён серьёзный анализ факторов описывающих исследуемый объект. На основании результатов экспериментальных исследований проанализировано, какое влияние на значение и характер образуемых сигналов имеют перемещения: объёмный расход течения, максимальный угол прессования, частота воздействий и другие. В заключение работы сформулированы выводы и планы будущих исследований.

Mariusz Chalamoński

REGENERACYJNE POWŁOKI NIKŁOWE NA PODŁOŻU ALUMINIOWYM
NAKLADANE METODAMI CHEMICZNYMI

W artykule opisano wyniki badań właściwości fizycznych i wybranych cech użytkowych nikłowych powłok regeneracyjnych, otrzymanych metodą chemiczną zwaną również nikłowaniem chemicznym. Szczególnie zwrócono uwagę na możliwość wykorzystania opisywanej metody nakładania powłok w procesie regeneracji aluminiowych części maszyn.

1. WSTĘP

W nowoczesnych konstrukcjach coraz częściej wykorzystuje się metale lekkie. Wśród nich istotne znaczenie posiada aluminium i jego stopy. W Polsce, z uwagi na sytuację gospodarczą, nastąpił znaczny spadek produkcji i importu aluminium, toteż celowym wydaje się podjęcie badań mających na celu zwiększenie trwałości eksploatacyjnej i poprawę cech użytkowych części maszyn wykonanych z aluminium, zwłaszcza w procesie odnowy wspomnianych części.

Spośród wielu procesów technologicznych regeneracji części maszyn, jednym jest nakładanie powłok metalowych bez zewnętrznego źródła prądu elektrycznego. Powłoki takie nazywane są chemicznymi. Proces wytwarzania powłok chemicznych wykazuje liczne zalety w stosunku do procesu wytwarzania powłok galwanicznych. Ważniejsze z nich są następujące [7]:

- mniej skomplikowany proces technologiczny,
- duża równomierność grubości powłoki, niezależna od kształtu przedmiotu oraz duża głębokość krycia,
- możliwość modyfikacji właściwości fizykalnych i cech użytkowych w trakcie procesu technologicznego,
- możliwość nakładania powłok wielostopowych,
- możliwość nakładania na podłoża z różnych metali,
- po odpowiedniej obróbce cieplnej powłoki chemiczne charakteryzują się dużą odpornością na zużycie ściernie oraz wysoką mikrotwardością,
- pokrywać powłokami chemicznymi można dielektryki (tworzywa sztuczne, ceramika, szkło) oraz półprzewodniki (german, krzem, itp.).

Należy podkreślić, że przy zastosowaniu powłok chemicznych do regeneracji kwalifikują się te elementy maszyn, których zużycie nie przekracza

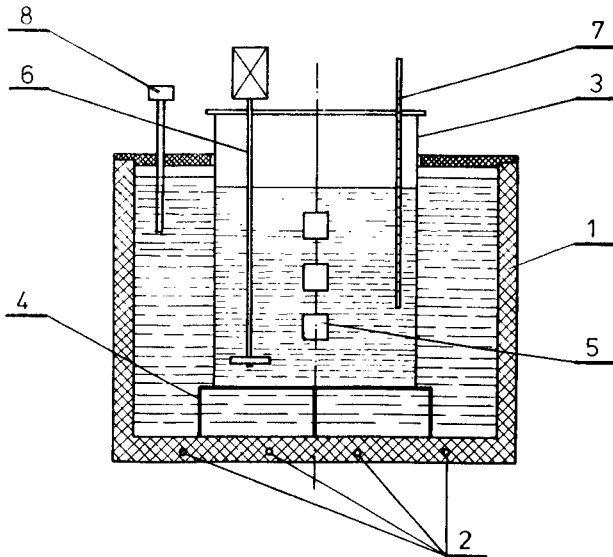
warstwy wierzchniej, a rozległość zużycia wynosi poniżej 100 μm . Wynika stąd, iż przyjęta metoda regeneracji decyduje o stopniu zużycia granicznego (naprawialność) i stopniu zużycia niszczonego (nienaprawialność).

Z uwagi na istotne zalety wspomnianego procesu technologicznego oraz uzyskiwane efekty, przede wszystkim w postaci właściwości fizykalnych powłok, w Katedrze Maszyn Rolniczych i Pojazdów Wydziału Mechanicznego ATR w Bydgoszczy wykonano badania mające stwierdzić ewentualną przydatność powłok niklowych, nakładanych metodą chemiczną, do regeneracji aluminiowych elementów maszyn.

2. PROGRAM I METODYKA BADAŃ

Do badań zastosowano próbki wykonane z blachy aluminiowej gatunku PA1 o następującym składzie chemicznym: Al oraz Fe - 0,48%, Si - 0,24%, Cu - 0,01%, Mn - 1,05%, Cr - 0,01%, Ti - 0,02%, Zn - 0,03%.

Próbki odtłuszczone wstępnie w parach trójchloroetylenu, a następnie w kąpeli chemicznej, po czym wytrawiono je oraz ocynkowano. Każda z wymienionych operacji poprzedzona została intensywnym płukaniem w wodzie destylowanej. Proces technologiczny przygotowania powierzchni próbek z podaniem składu kąpeli chemicznych opisano szczegółowo w [1]. Próbki poddano procesowi chemicznego niklowania w kąpeli kwaśnej, w specjalnym zestawie do niklowania, którego schemat przedstawiono na rysunku 1.



Rys.1. Schemat zestawu do nakładania powłok chemicznych: 1 - izolacja termiczna, 2 - elementy grzejne, 3 - naczynie szklane, 4 - stojak, 5 - próbki, 6 - mieszadło, 7 - termometr rtęciowy, 8 - termometr kontaktowy

Następnie poniklowane próbki wypłukano w wodzie destylowanej i poddano wygrzewaniu w piecu elektrycznym, w temperaturze 473-673 K co 50 deg, przez okres 1 h, w pojemniku zawierającym piasek kwarcowy wyprażony w temperaturze 1073 K.

Po obróbce cieplnej, próbki poddano oględzinom mikroskopowym na mikroskopie metalograficznym NU-2, następnie badaniom chemicznym i strukturalnym na dyfraktometrze rentgenowskim DRON-1,5 oraz wykonano pomiary mikro-twardości otrzymanych powłok na mikro-twardościomierzu PMI-3. Wykonano także badania odporności na zużycie ścierne na maszynie tribologicznej Taber-Abraser.

Tabela 1

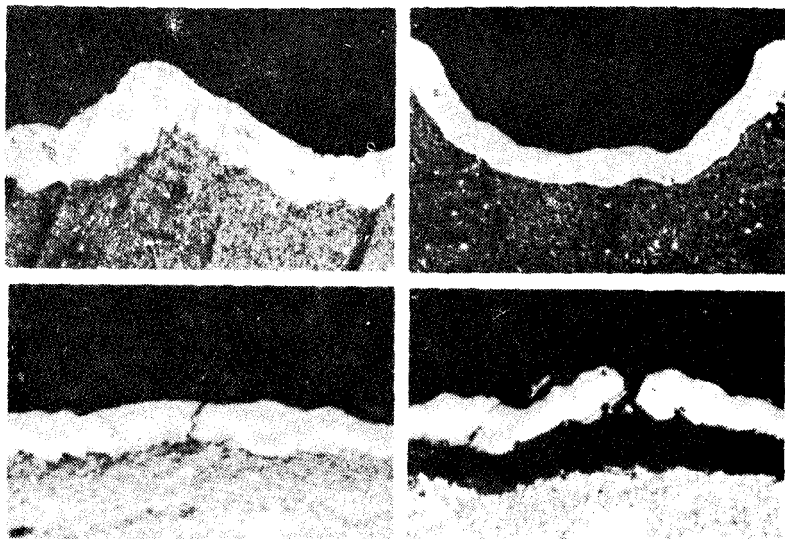
Skład chemiczny kąpielii oraz parametry procesu chemicznego niklowania aluminium [7]

Lp.	Nazwa składnika	Wzór chemiczny	Zawartość g/dm ³
1	Siarczan niklawy	$\text{NiSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	25
2	Podfosforyn sodowy	$\text{NaH}_2\text{PO}_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$	24
3	Cytrynian sodowy	$\text{Na}_3\text{C}_6\text{H}_5\text{O}_7 \cdot 2 \text{H}_2\text{O}$	20
4	Kwas mlekowy	$\text{CH}_3\text{CH}(\text{OH})\text{COOH}$	34
5	Kwas bursztynowy	$\text{C}_2\text{H}_4(\text{COOH})_2$	5
6	Kwas borowy	H_3BO_3	5
7	Tiosiarczan sodowy	$\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$	0,0037
8	Wodorotlenek sodowy	NaOH	do regulowania pH
Parametry robocze			
	Kwasowość kąpielii, pH		- 4 + 5
	Obciążenie kąpielii S/V, dm ² /dm ³		- 1 + 1,2
	Temperatura pracy, K		- 361
	Czas nakładania powłoki, h		- 3

3. WYNIKI BADAŃ I ICH ANALIZA

Fotografie otrzymanych powłok wykonano przed trawieniem, celem wizualnego określenia przyczepności powłoki do podłoża oraz po trawieniu, w celu określenia struktury przed i po obróbce cieplnej oraz dla obserwacji zmian strukturalnych. Mikrostruktury pokazano na rysunkach 2 i 3. Widać na nich wyraźnie, że chemiczne powłoki niklowe zaklinowują się mechanicznie w podłożu aluminiowym, czego nie stwierdza się w przypadku podłoża stalowego. Jest to wynikiem dużego rozwinięcia wrażliwego na trawienie podłoża. Z analizy fotografii wynika, iż istnieje wyraźna granicą pomiędzy powłoką a aluminiowym podłożem. Zauważono także, iż wygrzewanie powłok w temperaturze 473 K nie powoduje zmian, które mogłyby być widoczne w mikroskopie optycznym. Powłoki niewygrzewane charakteryzują się pasmowym rozmieszcze-

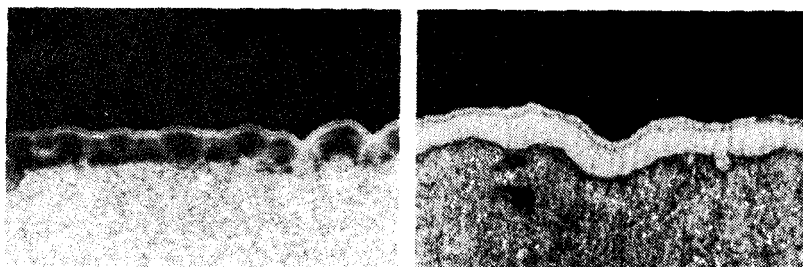
niem fosforu (rys.3). Pochodzenie pasm związane jest z ilościowymi zmianami fosforu w powłoce. W temperaturze 573 K powstają w powłoce mikropełknięcia, a w temperaturze 673 K - pełknięcia i rozwarstwienia powłoki. Przyczyną pęknięć jest różnica współczynników rozszerzalności liniowej powłoki i aluminiowego podłoża (współczynnik rozszerzalności liniowej aluminium jest mniej więcej dwukrotnie większy od współczynnika rozszerzalności liniowej powłoki niklowej). Z otrzymanych fotografii wynika, iż maksymalna temperatura obróbki cieplnej wynosi 473 K (zachowana jest ciągłość powłoki).



Rys.2. Struktura nietrawionej powłoki niklowej:

1 - powłoka, 2 - międzywarstewka,
3 - podłoże, powiększenie 500 x

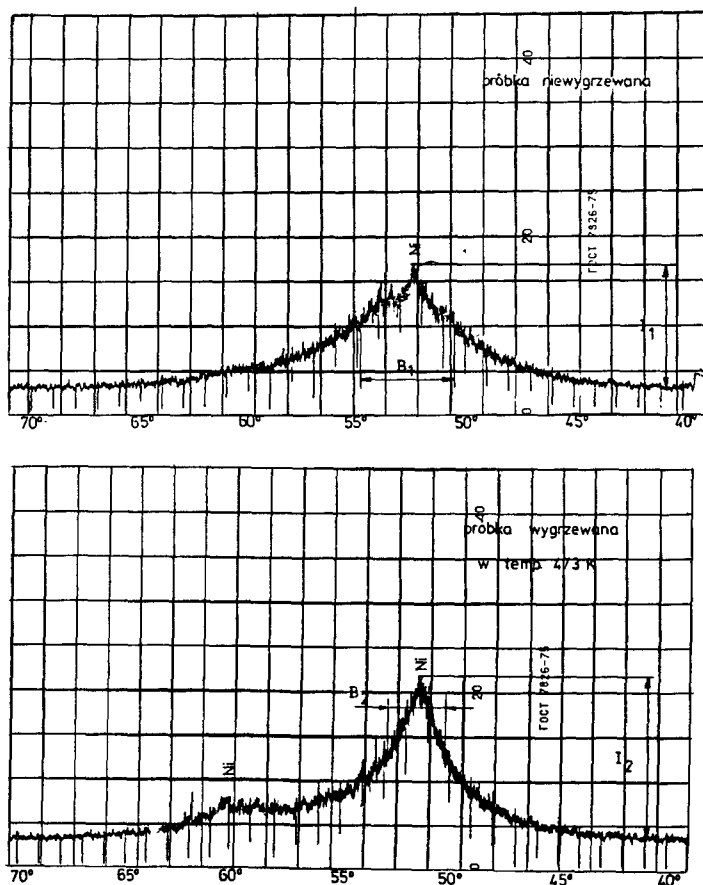
- a) powłoka niewygrzewana,
- b) powłoka wygrzewana w $T = 473$ K,
- c) powłoka wygrzewana w $T = 573$ K,
- d) powłoka wygrzewana w $T = 673$ K.



Rys.3. Struktura trawionej powłoki niklowej:

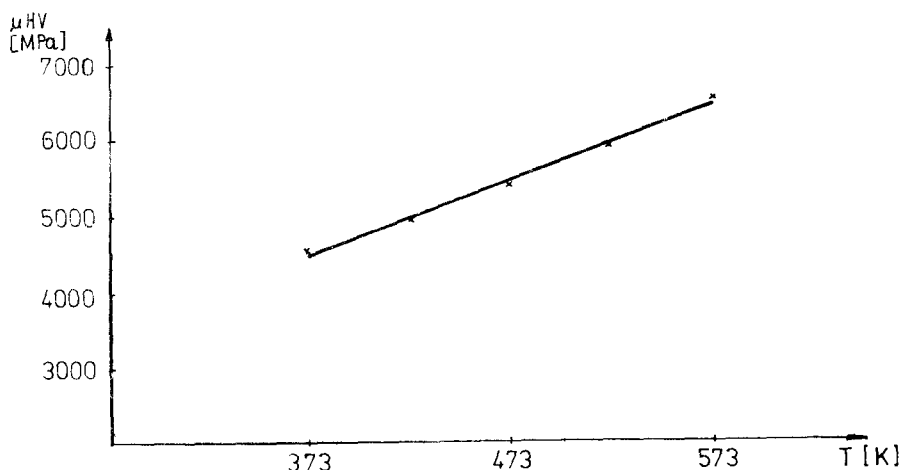
- a) powłoka niewygrzewana,
- b) powłoka wygrzewana w $T = 473$ K.

Wnioski wynikające z otrzymanych dyfraktogramów potwierdziły przypuszczenia, iż powłoki otrzymane metodą chemicznego niklowania, bez obróbki cieplnej, są ciałami bezpostaciowymi. Wyrzutowanie powłok w temperaturze 473 K w czasie 1 h nie powoduje zauważalnych zmian w strukturze. Dyfraktogramy badanych powłok pokazano na rysunku 4.



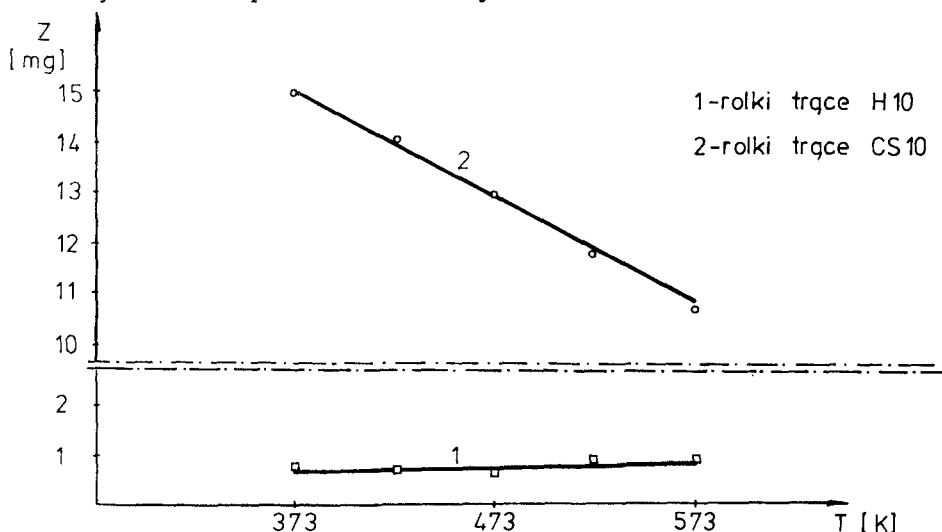
Rys.4. Dyfraktogramy powłoki

Zaobserwowane zmiany mikrotwardości (rys.5), w badanym zakresie temperatury 373 - 573 K, nie są w pełni zgodne z wynikami podanymi przez Hirtha i Speckhardta [2], Randina i Hintermanna [4], Wiszenkova [6]. Występujące różnice można wytłumaczyć innym składem kąpieli do chemicznego niklowania używanych przez wspomnianych autorów oraz odmiennymi metodami pomiarów mikrotwardości (Vickers, Knoop). Wzrost mikrotwardości (patrz rys.5) spowodowany został najprawdopodobniej zmianami wskutek przeprowadzonej obróbki cieplnej. Co do istoty tych zmian, trudno z powodu braku większej liczby danych cokolwiek stwierdzić, poza tym, iż należy wykonać dodatkowe badania w celu wyjaśnienia tego zjawiska.



Rys.5. Wpływ temperatury obróbki cieplnej na mikrotwierdź powłoki chemicznej

Badania ścieralności zostały przeprowadzone na maszynie tribologicznej Taber-Abraser. Przyjęto następujące parametry pracy urządzenia: obroty próbki $n = 1 \text{ s}^{-1}$, liczba obrotów - 5000, obciążenie rolek trących 9,81 N. Do badań użyto oryginalnych rolek trących oznaczonych symbolami CS 10 oraz H 10. Wyniki badań przedstawiono na rysunku 6.



Rys.6. Wpływ temperatury obróbki cieplnej na zużycie ścierne powłoki chemicznej

Różnice w oddziaływaniu ściernym rolek H 10 oraz CS 10 można wytłumaczyć faktem, iż w wyniku działania rolki H 10 (rolka o wiązaniu ceramicznym) na powierzchni badanej powłoki dominuje odkształcenie plastyczne obszarów styku (bruzdowanie), obok mikroskrawania i rysowania. W przypadku

działania rolki CS 10 (rolka o wiązaniu elastomerowym) na powłokę niklową, dominuje mikroskrawanie i rysowanie obok występującego w mniejszym stopniu bruzdowania.

Stwierdzono również, że wygrzewanie w temperaturze 373 - 573 K w czasie 1 h polepsza odporność na zużycie ściernie powłoki niklowej.

4. WNIOSKI

1. Nakładanie powłoki niklowej metodą chemiczną na aluminium wymaga stosowania cynkowej warstwy pośredniej, z uwagi na łatwość utleniania się aluminium.

2. Z uwagi na różne wartości współczynników rozszerzalności liniowej niklowej powłoki i aluminiowego podłoża, temperatura obróbki cieplnej nie powinna przekraczać 473 K.

3. Fosfor w powłoce występuje w postaci niezwiązanej, co jest konsekwencją niskiej temperatury obróbki cieplnej.

4. Obróbka cieplna powoduje wzrost mikrotwardości oraz wzrost odporności na ścieranie.

5. Uzyskane wyniki badań potwierdzają możliwość wykorzystania chemicznych powłok niklowych w procesie regeneracji aluminiowych części maszyn.

Celowe jest prowadzenie dalszych prac badawczych zmierzających do:

- pełniejszego poznania mechanizmów współdziałania pary: powłoka - podłoże elementu zużytego,
- usprawnienia procesu technologicznego nakładania powłok metodami chemicznymi, zwłaszcza z pominięciem warstwy pośredniej, w aspekcie optymalizacji składu i parametrów roboczych kąpieli oraz obniżenia kosztów procesu.

LITERATURA

- [1] Chalamoński M.: Badania wybranych właściwości powłok regeneracyjnych nakładanych metodami chemicznymi. Rozprawa doktorska, Gdańsk 1987
- [2] Hirth F.W., Speckhardt H.: Die stromose Abscheidung von Nickel auf Metallen. Metaloberfläche nr 7, 1974
- [3] Praca zbiorowa: Aluminium. WNT, Warszawa 1967
- [4] Randin J.P., Hintermann H.E.: Nikiel nałożony bezprądowo przy kontrolowanym pH. Własności mechaniczne jako funkcja zawartości fosforu. Plating, 1977
- [5] Wirbilis S.: Niklowanie. Mechanik nr 4, 1986

- [6] Wiszenkow S.A.: Chemiczeskije i elektrochimiczeskije sposoby osazhdienia metalopolerytij. Maszynostrojenie, Moskwa 1975
- [7] Wojdak J.: Podstawy odnowy elementów maszyn przy użyciu powłok chemicznych. Rozprawa nr 88, AR Szczecin 1983

REGENERATIVE Ni-P COATINGS ON ELEMENTS OF ALUMINIUM DRESSED
BY CHEMICAL METHODS

Summary

The work presents investigation results of physical properties and selected usable features of Ni-P coatings dressed by chemical methods. The results confirmed the usability of the coatings considered for regeneration of aluminium parts of machines.

РЕГЕНЕРАЦИОННЫЕ НИ-П ОБОЛОЧКИ НА АЛЮМИНИЕВОЙ ПОДКЛАДКЕ НАНОСИМЫЕ ХИМИЧЕСКИМИ МЕТОДАМИ

Резюме

В статье представлены результаты исследований физических свойств и некоторых эксплуатационных свойств никелевых оболочек регенерирующих полученных химическими методами. Обращено особое внимание на возможность использования описываемых оболочек в процессе регенерации алюминиевых частей машин.

Zenon Ćwik

PROBLEMATYKA BADAŃ NARZĘDZI ROLNICZYCH W KANAŁE GLEBOWYM

Badania maszyn i narzędzi uprawowych, przeprowadzane w kanale glebowym, pozwalają na ustalenie i optymalizację ich cech konstrukcyjno-eksploatacyjnych. W artykule omówiono możliwości i warunki prowadzenia takich badań i scharakteryzowano istniejące w Polsce kanały glebowe.

1. MOŻLIWOŚCI I WARUNKI BADAŃ NARZĘDZI UPRAWOWYCH

Potrzeba doskonalenia i optymalizacji konstrukcji narzędzi uprawowych wymaga prowadzenia badań układów narzędzie uprawowe - gleba. Mimo, iż powszechnie stosowane narzędzia rolnicze są na ogół przebadane i odpowiednio teoretycznie opracowane, potrzeby ich rozwoju idące w kierunku zwiększenia efektywności i zmniejszenia energochłonności procesu uprawowego powodują, że pojawiają się nowe rozwiązania elementów roboczych, ich układów lub kompletnych maszyn i narzędzi, co w konsekwencji wymaga przebadania ich parametrów konstrukcyjnych i możliwości eksploatacyjnych.

Istnieją następujące możliwości prowadzenia badań układów narzędzie - gleba:

- badania w warunkach naturalnych,
- badania w kanałach glebowych,
- badania w wannach glebowych,
- badania symulacyjne z wykorzystaniem techniki komputerowej.

Badania w wannach glebowych mogą być prowadzone głównie jako modelowe lub ogólnopodstawowe, np.: badanie tarcia - zużycia próbek w glebie, badania oporów pracy modeli elementów roboczych, itp. Wymiary wanien glebowych są na ogół niewielkie i nie pozwalają na badanie narzędzi naturalnej wielkości.

Prowadzenie badań w warunkach naturalnych napotyka na szereg trudności:

- wymaga odpowiednio dużego poligomu doświadczalnego,
- stałe, powtarzalne własności gleby są trudne do utrzymania ze względu na wpływ warunków atmosferycznych, naturalną niejednorodność gleby, itp.,
- utrzymanie dokładnych parametrów pracy narzędzia jest praktycznie niemożliwe,
- przeprowadzenie i rejestracja pomiarów są mocno utrudnione.

Z powyższych powodów badania dokładnych parametrów konstrukcyjnych i eksploatacyjnych narzędzi uprawowych w warunkach naturalnych przeprowadza się rzadko. Prowadzi się natomiast badania ogólnie-eksploatacyjne (na ogół w dłuższym okresie użytkowania), np.: badania trwałości eksploatacyjnej, energochłonności eksploatacyjnej, skuteczności oddziaływania na plonowanie roślin itp.

Nowoczesna technika badawcza daje szerokie możliwości prowadzenia badań symulacyjnych - stosunkowo szybkich, wszechstronnych i wieloparametrowych, i to przy niewielkich nakładach czasu i pracy. Trudny i pracochłonny jest jedynie proces przygotowania takich badań, wymagający niekiedy stworzenia odpowiedniego modelu matematycznego badanego narzędzia czy procesu. Badania symulacyjne, mające dać szereg cennych wskazówek konstruktorowi narzędzia, wymagają jednak potwierdzenia w warunkach: naturalne narzędzie - naturalne (lub zbliżone do naturalnych) warunki pracy.

Jedną z metod stosowanych do oceny maszyn i narzędzi rolniczych są pomiary parametrów roboczych i konstrukcyjnych w kanałach glebowych. Kanały glebowe buduje się na ogół w pomieszczeniach zamkniętych, co pozwala na prowadzenie badań niezależnie od warunków klimatycznych i glebowych.

W kanałach glebowych można prowadzić następujące badania:

- badania sprawdzające i optymalizacyjne elementów roboczych narzędzi uprawowych w postaci modelowej lub naturalnej,
- badania kompletnych narzędzi uprawowych lub zestawów narzędziowych,
- badania aktywnych narzędzi uprawowych,
- badania elementów jezdnych maszyn i narzędzi rolniczych ze względu na ich pracę w glebie,
- badania parametrów, jak wymieniono wyżej, dla różnych warunków glebowych, na drodze zmiany struktury gleby, tj.: granulacji, zwartości, wilgotności lub zmiany rodzaju gleby, albo badania w kanałach zwielokrotnionych, o różnych warunkach glebowych.

Oprócz niewątpliwych zalet, wynikających między innymi z wyżej podanych możliwości ich prowadzenia, badania w kanałach glebowych posiadają także pewne wady wynikające z:

- rozbieżności warunków glebowych w porównaniu z warunkami naturalnymi na skutek odizolowania kanału od wpływu naturalnego środowiska przyrodniczego,
- trudności w utrzymaniu powtarzalnych własności gleby przy prowadzeniu badań długotrwałych,
- trudności w technicznym rozwiązaniu układu utrzymującego i poruszającego narzędzie w kanale,
- faktu, że kanał zajmuje stosunkowo dużą przestrzeń laboratoryjną.

Pomimo pewnych, wyżej wspomnianych mankamentów, osiągnięcie w kanałach glebowych wyniki badań z punktu widzenia ich wartości technicznej, całkowicie odpowiadają stawianym przed nimi wymaganiom.

Teoretycy i konstruktorzy narzędzi uprawowych od dawna posługują się kanałami glebowymi. Obecnie czołowe firmy i placówki naukowo-badawcze używają kanałów glebowych wyposażonych w najnowocześniejszą aparaturę pomia-

rową. Uzyskane na tej drodze wyniki pozwalają na szybkie wyciągnięcie wniosków dotyczących właściwości eksploatacyjnych maszyn i narzędzi rolniczych, co jest szczególnie ważne przy wprowadzaniu nowych konstrukcji organów roboczych. Zapotrzebowanie na takie badania występuje aktualnie (1987 r.) np. w Fabryce Narzędzi Rolniczych AGROMA-UNIA w Grudziądzu.

Posiadanie kanału glebowego przez wyższą uczelnię, kształcąca studentów w zakresie techniki rolniczej, pozwala na znaczne wzbogacenie procesu dydaktycznego w pokazy pracy różnych narzędzi rolniczych. Daje to również możliwość przeprowadzenia szeregu ćwiczeń laboratoryjnych, a także przeprowadzania badań w ramach prac dyplomowych.

2. CHARAKTERYSTYKA KANAŁÓW GLEBOWYCH

Zależnie od przeznaczenia, od planowanych do przeprowadzenia rodzajów badań, kanały glebowe można podzielić na:

- a) uniwersalne - przystosowane do prowadzenia różnego rodzaju badań różnych narzędzi,
- b) specjalne - przystosowane do prowadzenia jednego rodzaju badań lub badań jednego rodzaju narzędzia.

Według powyższego podziału ustala się wielkość i wyposażenie kanału glebowego. Ogólnie pod pojęciem kanału glebowego rozumie się:

- tor glebowy wypełniony glebą,
- wózek narzędziowo-pomiarowy,
- zestaw urządzeń do regenerowania struktury gleby.

Tor glebowy stanowi najczęściej betonowy zbiornik o prostokątnym kształcie i przekroju, wypełniony glebą na odpowiednim podłożu, wyposażony w urządzenie do nawilgacania gleby i odprowadzania nadmiaru wody. Typ gleby oraz sposób jej przygotowania zależy od rodzaju prowadzonych badań. Wymiary toru glebowego powinny zapewniać swobodny rozkład naprężeń w glebie oraz umożliwiać uzyskanie wymaganych prędkości pracy badanych narzędzi, przy zachowaniu niezbędnej długości odcinka pomiarowego.

Wózek narzędziowo-pomiarowy powinien mieć konstrukcję przystosowaną do planowanych badań. Konstrukcja wózka (a głównie sposób napędu) jest również uzależniona od wielkości kanału glebowego. Napęd wózka - zwykle od silnika elektrycznego - może być stacjonarny lub umieszczony na wózku. Sposób napędu wózka narzędziowego w dużym stopniu rzutuje na jego konstrukcję, uniwersalność i możliwość prowadzenia badań. Wg danych tabeli 1 istnieją dwa główne typy napędów wózków narzędziowych:

- napęd „linowy” - od silników elektrycznych na prąd stały lub zmienny, przekładnie zębate lub pasowe, rozbudowany układ bębnow linowych i zbloczy. Układ taki stanowi zespół zaciągarki linowej (stacjonarny), stanowiący napęd jazdy wózka i wózek narzędziowy z ewentualnym dodatkowym napędem badanych narzędzi;
- wózek samojezdny z napędem od silnika spalinowego (tylko dla kanałów na wolnym powietrzu) lub od silnika elektrycznego (najczęściej na prąd stały), zasilanego z sieci poprzez stacjonarny układ Leonarda.

Tabela 1

Charakterystyki kanałów glebowych

Lp	Miejsce zainstalowania	Wymiary długość x szerokość m	Wózek narzędziowy			Uwagi
			Rodzaj napędu	Moc sil- nika na- pędowego kW	Zakres prędkości ms ⁻¹	
1	IBMER Warszawa	22,0 x 2,0	Wózek samojezdny, sil- nik elektryczny - napęd od układu Leonarda	7,4	0,47 - 4,21	
2	IBMER Kłudzienko	19,5 x 3,0	Napęd liny od silni- ka prądu zmiennego przez skrzynię biegów i reduktor	17,0		Do badania siewników zbożowych, 3-punktowy układ zawieszania od ciągnika C-4011
3	ART Olsztyn	36,2 x 2,0	Napęd liny	13,0	0,1 - 3,5	Kanał zlikwidowany
4	AR Lublin	11,0 x 2,0	Wózek szynowy. Napęd zębatkowy		małe pręd- kości	Do badania kół jezd- nych w glebie
5	WJSHM Moskwa		Wózek samojezdny - szy- nowy			
6	FJSHM Rostow n/Donem		Wózek z napędem lino- wym - szynowy			
7	VUZS Praga	40,0 x 2,0	Wózek samojezdny od bloku napędowego ciąg- nika C-4011			Podnośnik hydraulicz- ny i 3-punktowy układ zawieszania od ciąg- nika C-4011
8	UDRA Auburn (USA)	60,0 x 6,0 76,0 x 6,0	Wózek samojezdny		0,09 - 4,47	Zespół kanałów na po- wietrzu
9	ATR Bydgoszcz	40,5 x 3,0	Wózek samojezdny - na- pęd od silnika prądu stałego przez skrzynię biegów Star-29	30,0	0,5 - 6,0	

Zakres prędkości jazdy wózków waha się w granicach od 0,1 do 4,5 m/s.

W skład urządzeń pomiarowych w wózkach o przeznaczeniu uniwersalnym wchodzi na ogół aparatura tensometryczna do pomiaru sił i ich momentów wraz z oprzyrządowaniem do pomiarów prędkości, obrotów, czasu, poślizgu itp.

Do mechanicznego przygotowanie gleby, która w czasie badań może być wielokrotnie poddawana działaniu badanego narzędzia, dla zachowania możliwie powtarzalnych jej parametrów fizykochemicznych, mogą być stosowane narzędzia specjalne - na stałe sprzężone z wózkiem lub też narzędzia uniwersalne - stosowane w normalnej uprawie gleby, przyczepiane do wózka narzędziowego lub wprowadzane do kanału okresowo, np. przy pomocy ciągnika. Najczęściej stosowane narzędzia to: wały uprawowe, glebogryzarki, brony, szufle do zgarniania i wyrównywania gleby itp.

W Akademii Techniczno-Rolniczej w Bydgoszczy, w Katedrze Maszyn Rolniczych i Pojazdów, w roku 1985 wraz z kompleksem budynków dydaktyczno-laboratoryjnych oddany został kanał glebowy, o długości roboczej 40,5 m, szerokości 3 m i głębokości 1 m. Kanał ten przeznaczony został do prowadzenia badań narzędzi uprawowych w możliwie szerokim zakresie. Przystępując do projektowania wyposażenia wspomnianego kanału glebowego zapoznano się najpierw z istniejącymi już rozwiązaniami tego problemu w kraju i za granicą. Ważniejsze dane charakterystyczne kanałów glebowych i ich wyposażenia znajdują się w tabeli 1. Z tabeli tej wynika, iż dysponowany przez ATR w Bydgoszczy tor kanału glebowego jest jednym z większych i przy odpowiednim wyposażeniu pozwoli na prowadzenie badań narzędzi uprawowych w szerokim zakresie.

3. WNIOSKI

Rozwój techniki rolniczej w zakresie narzędzi uprawowych wymaga przeprowadzania badań sprawdzających modyfikowanych konstrukcji tych narzędzi, co najwygodniej wykonać można dysponując odpowiednio wyposażonym kanałem glebowym.

Kanał glebowy znajdujący się w Katedrze Maszyn Rolniczych i Pojazdów ATR w Bydgoszczy - Osielesku, jest jednym z największych w kraju i daje możliwości prowadzenia badań narzędzi uprawowych, dla różnych warunków glebowych w szerokim zakresie parametrów pracy.

Kanał glebowy wraz z wyposażeniem stanowi wydatną pomoc dydaktyczną w przeprowadzaniu ćwiczeń laboratoryjnych i prac dyplomowych dla studentów specjalności mechanicznych i rolniczych.

LITERATURA

- [1] Kleister D., Żuchowski J.: Projekt wyposażenia kanału glebowego. Praca dyplomowa. Akademia Techniczno-Rolnicza, Bydgoszcz 1983

- [2] Kuczewski J., Buliński J.: Wpływ wybranych parametrów gleby na opory robocze modelowych zespołów uprawowych. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych nr 201, PWN, Warszawa 1978
- [3] Raczyński W., Jasiński B.: Metody pomiarowe i urządzenia do badania układów pojazd - narzędzie - gleba w warunkach laboratoryjnych. II Krajowe Sympozjum nt. Problemy budowy i eksploatacji maszyn i urządzeń rolniczych. Płock 1982

PROBLEMS OF TESTING AGRICULTURAL TOOLS IN SOIL CANAL

Summary

Testing machines and instruments for cultivation of plants in the soil canal allows to determine and optimize their constructional and exploata-tional characteristics. The paper discusses possibilities and conditions for conducting such tests and describes the soil canals existing in Poland.

ПРОБЛЕМЫ ИССЛЕДОВАНИЙ ЗЕМЛЕОБРАБАТЫВАЮЩИХ ОРУДИЙ В ПОЧВЕННОМ КАНАЛЕ

Резюме

Исследования сельскохозяйственных машин и землеобрабатывающих орудий в почвенном канале дают возможность определить и оптимизировать их кон-струкционно-эксплуатационные свойства. В статье рассматриваются возможнос-ти и условия проведения этих исследований и характеризуются существующие в Польше почвенные каналы.

Jerzy Chojnacki
Robert Rowiński

OCENA ROZPYLACZY WIROWYCH Z INDUKCYJNYM ELEKTRYZOWANIEM KROPEL W ASPEKTCIE CHEMICZNEJ OCHRONY ROŚLIN

W celu poprawy skuteczności zabiegów ochrony roślin, przez ograniczenie strat cieczy spowodowanych znoszeniem jej przez prądy powietrzne i odparowanie, podjęto badania nad przystosowaniem rozpylaczy do elektryzowania wytwarzanych kropeł. Wybrano metodę indukcji elektrostatycznej. Do badań użyto rozpylaczy wirowych stosowanych w opryskiwaczach „Śleza” i „Termit”. Wyniki badań wskazują na skuteczność metody.

1. WSTĘP

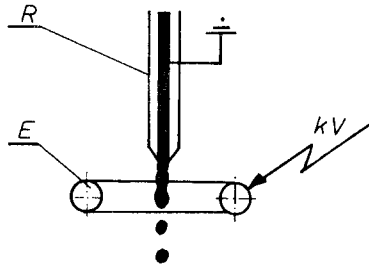
Podczas wykonywania zabiegów chemicznej ochrony roślin znaczna część rozpylonej cieczy jest tracona w wyniku znoszenia jej przez prądy powietrzne poza obszar poddany opryskiwaniu. Powoduje to pogorszenie skuteczności zabiegów, wzrost kosztów przeznaczonych na ochronę roślin, a także bardzo często skażenie środowiska.

Jednym ze sposobów, który może poprawić osadzanie się rozpylonej cieczy na roślinach, jest wykorzystanie właściwości pola elektrycznego. Rozpyloną ciecz elektryzuje się jednoimiennymi ładunkami. Siły pola elektrycznego znajdującego się wokół rośliny, pochodzącego od naelektryzowanych kropeł, będą ściągać krople ku roślinie z siłą odwrotnie proporcjonalną do kwadratu ich odległości od powierzchni liści. Potwierdziły to eksperymenty przeprowadzone w Anglii, RFN, USA i Związku Radzieckim. Eksperymenty te pozwoliły również określić wstępnie warunki agrotechniczne wpływające na skuteczność metody.

Badania Mozera i Ganzelmejera [2] oraz Lawa i Lane'a [3, 4] wykazały, że wzrost stopnia naelektryzowania chmury cieczy wpływa pozytywnie na zwiększenie masy osadzonych na roślinach naelektryzowanych płynów. Części cieczy posiadające ładunki elektryczne są w mniejszym stopniu znoszone przez wiatr niż obojętne, ze względu na większą prędkość przemieszczania się ku roślinie. Jednym z czynników, który powoduje osłabienie procesu elektrostatycznego osadzania kropeł na roślinach, jest wilgotność powietrza. Osłabienie procesu zaobserwowano również na roślinach o liściach ostrych, położonych blisko siebie. Zarówno wilgotność powietrza, jak i niekorzystna morfologia liści, nie negują dodatniego wpływu pola elektrycznego na osadzanie cieczy. Osłabienie procesu było tylko częściowe.

2. TEORETYCZNA ANALIZA PROCESU ELEKTRYZOWANIA CIECZY

Do ładowania elektrycznego kropeł można wykorzystać zjawisko indukcji elektrostatycznej (influencji), której przykład zastosowania przedstawiony jest na rys.1. Polega ona na gromadzeniu ładunków elektrycznych na powstających w rozpylaczu kropkach, pod wpływem pola elektrycznego.



Rys.1. Schemat rozpylacza elektryzującego kropłe metodą indukcji elektrostatycznej:
R - rozpylacz, E - elektroda z wysokim napięciem prądu

Pole elektryczne wywołane jest wysokim napięciem prądu przyłożonego do pierścieniowej elektrody, która otacza podawany przez rozpylacz strumień cieczy w pobliżu strefy tworzenia się kropeł. Znak indukowanych ładunków jest przeciwny do znaku napięcia na elektrodzie. Wielkość ładunku q naniesionego na kroplę w wyniku ładowania indukcyjnego można opisać wzorem:

$$q = \varrho_c \cdot s \quad (1)$$

gdzie:

$$\varrho_c - \text{gęstość powierzchniowa ładunku, } C/m^2,$$

$$s - \text{powierzchnia kropli, } m^2.$$

Gęstość rozłożenia ładunków na powierzchni cieczy w momencie tworzenia kropli wynika z prawa Gaussa:

$$\varrho_c = \epsilon_0 \cdot E_p \quad (2)$$

gdzie:

$$\epsilon_0 - \text{bezwzględna stała dielektryczna powietrza równa } 8,85 \cdot 10^{-12} \frac{C}{Nm^2}$$

$$E_p - \text{natężenie pola elektrycznego tuż nad powierzchnią strumienia cieczy, } V/m.$$

Przyjmując model rozpylacza jako kapilarę (rys.1), można wyprowadzić wzór na natężenie pola elektrycznego przy powierzchni strumienia cieczy wg [3]:

$$E_p = \frac{U}{r_s \cdot \ln \frac{r_c}{r_s}} \quad (3)$$

gdzie:

- U - wartość napięcia na elektrodzie, V,
 r_c - wewnętrzny promień pierścienia elektrody, m,
 r_s - promień strumienia cieczy, m.

Prąd ładunków elektrycznych indukowanych na rozpylanym strumieniu będzie opisywał wzór:

$$I_c = 2\pi r_s \cdot v \cdot \varrho_c \quad (4)$$

gdzie:

v - prędkość liniowa wypływu cieczy z rozpylacza, m/s

$$v = \frac{Q}{\pi r_s^2} \quad (5)$$

gdzie:

Q - objętościowe natężenie wypływu cieczy z rozpylacza, m³/s.

Stąd całkowity prąd ładunków przenoszonych przez naładowane krople będzie wynosić:

$$I_c = \frac{2\epsilon_0 \cdot Q \cdot U}{r_s \cdot \ln \frac{r_s}{r_c}} \quad (6)$$

Wartość natężenia prądu I_c będzie zbliżona do wartości rzeczywistej jedynie dla kropeł otrzymanych z kapilary o średnicach rzędu wartości średnicy otworu w rozpylaczu.

Nakładanie ładunków elektrycznych na powierzchni kropeł jest ograniczone możliwością wystąpienia zjawiska rozpylania cieczy pod wpływem sił elektrycznych, pochodzących od zgromadzonego na powierzchni cieczy ładunku i większych od sił napięcia powierzchniowego cieczy. Zjawisko to zostało opisane przez Rayleigha. Wyznaczył on wzór na graniczny ładunek na kropli q_{\max} , po przekroczeniu którego nastąpi elektrodynamiczne rozpylenie kropli:

$$q_{\max} = 8\pi \sqrt{\epsilon_0 \gamma} r_k^{3/2} \quad (7)$$

gdzie:

- γ - napięcie powierzchniowe cieczy, N/m,
 r_k - promień kropli, m.

Rozpylacze stosowane w aparatach do ochrony roślin różnią się od przyjętego w rozważaniach modelu teoretycznego, a także sam proces indukcyjnego elektryzowania kropeł będzie zakłócony przez różne zjawiska, takie jak:
 - przesunięcie się strefy formowania kropeł w stosunku do nieruchomej elektrody, które spowoduje zmianę natężenia pola elektrycznego w tej strefie,

- nadmierny wzrost napięcia na elektrodzie, zawilgocenie elektrody lub wzrost wilgotności ośrodka gazowego może spowodować przebicie i ulot w przestrzeni między elektrodą a cieczą. Ładunki na kropkach będą osłabione przez zjonizowane przeciwnym znakiem powietrze,
- osłabienie natężenia ładującego pola elektrycznego spowodowane przez pole elektryczne przeciwne do niego skierowane, pochodzące od ładunków zgromadzonych na chmurze kropeł w pobliżu rozpylacza,
- występowanie różnych zjawisk hydrodynamicznych i aerodynamicznych podczas rozpadu strugi, które oddziaływać będą na ilość odkładających się na kropkach ładunków.

Zróżnicowanie konstrukcji rozpylaczy oraz wpływ wielu czynników na proces elektryzowania kropeł nie pozwalają na jedynie teoretyczną analizę procesu. Każde rozwiązanie techniczne rozpylacza, w którym ciecz będzie ładowana elektrycznie, wymaga przeprowadzenia badań i ich analizy. Opryskiwacze do wykonywania zabiegów ochrony roślin naelektryzowaną cieczą można najprościej otrzymać przez przebudowę rozpylaczy istniejących już urządzeń. Metoda elektryzowania kropeł poprzez indukcję jest w takim przypadku najbardziej odpowiednia, gdyż nie wymaga zmian konstrukcji układu hydraulicznego zasilania rozpylacza, akceptuje ciecz na bazie wody dobrze przewodzącej prąd i nie wymaga dużej mocy źródeł prądu - teoretycznie może to być akumulator ciągnika.

3. CEL I METODYKA BADAŃ

Celem badań była wstępna ocena stopnia naelektryzowania cieczy w procesie ładowania indukcyjnego w rozpylaczach wirowych. Rozpylacze takie są powszechnie stosowane w krajowych opryskiwaczach polowych „Słęża” i „Termit”. Rozpylacz poddany badaniom przedstawiony jest na rysunku 2. Podczas badań nie ulegały zmianie parametry geometryczne przedstawionego modelu. Stały był również przepływ powietrza między elektrodą a rozpylaczem, który zapobiegał zamoczeniu się elektrody oraz utrudniał występowanie jonizacji w przestrzeni między elektrodą a cieczą. Ciśnienie dynamiczne, mierzone na wyjściu z dyszy powietrznej, wynosiło 10 cm słupa H_2O . Do badań przyjęte zostało założenie

$$I = f(U, p, \phi)$$

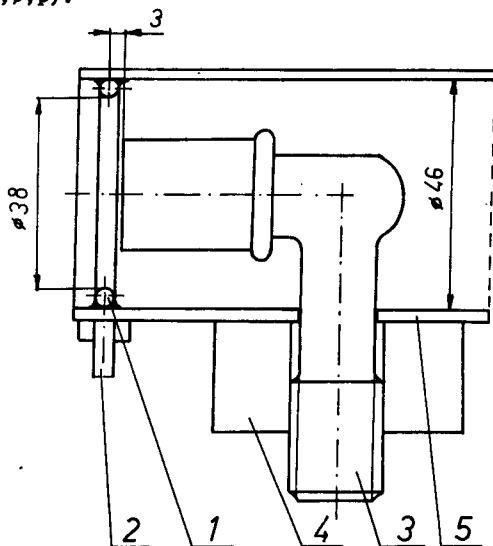
gdzie:

- I - mierzone natężenie prądu ładunków w rozpylonej chmurze cieczy,
- A ,
- p - ciśnienie cieczy w rozpylaczu, MPa ,
- ϕ - średnica otworu w dyszy rozpylacza, mm .

Stopień naelektryzowania kropeł α określony został wg wzoru:

$$\alpha = \frac{I}{Q}$$

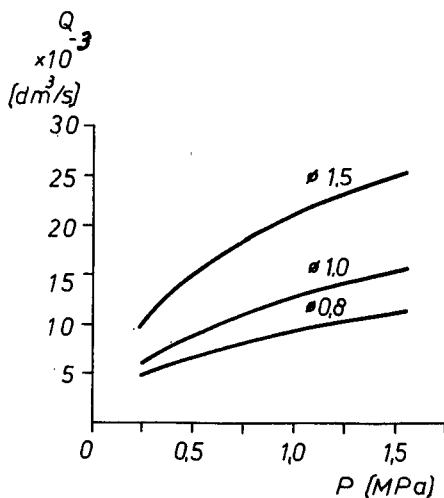
Na podstawie przyjętych założeń dla natężenia prądu I przyjęto również, że $\alpha = f(U, \phi, p)$.



Rys.2. Schemat rozpylacza użytego w badaniach:

- 1 - elektroda, 2 - przewód doprowadzający wysokie napięcie,
3 - rozpylacz wirowy, 4 - wspornik, 5 - przewód powietrzny

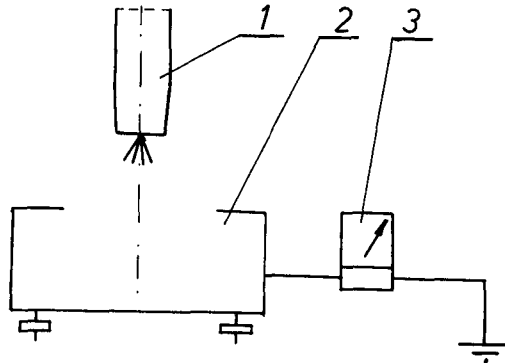
Natężenie przepływu wody Q , wyznaczone zostało z pomiarów dla przyjętych średnic otworów wylotowych dysz ϕ równych 0,8; 1,0 i 1,5 mm i szeregu ciśnień p równych 0,5; 1,0 i 1,5 MPa dla każdej ze średnic. Zależność wartości natężenia przepływu cieczy od ciśnienia i średnic otworów w dyszach wylotowych przedstawiona jest na rysunku 3.



Rys.3. Wpływ ciśnienia cieczy p i średnicy dyszy ϕ na natężenie wypływu cieczy z rozpylacza Q

Minimalne natężenie wypływu cieczy wynosiło $6,5 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3/\text{s}$ dla krążka o średnicy otworu 0,8 mm i ciśnieniu 0,5 MPa, a maksymalne $24,3 \cdot 10^{-3} \text{ dm}^3/\text{s}$ dla krążka o średnicy 1,5 mm i ciśnieniu 1,5 MPa. Wartości te dla belki polowej opryskiwacza i prędkości przejazdu opryskiwacza przyjętej 2 m/s, zapewniają zakres stosowanych dawek od 60 do 250 dm^3/ha .

Stanowisko do wyznaczania natężenia prądu chmury naelektryzowanych kropeł przedstawione jest na rysunku 4.



Rys.4. Schemat stanowiska do pomiaru prądu spływającego z chmury kropeł:
1 - rozpylacz, 2 - pojemnik, 3 - mikroamperomierz

Uziemiony mikroamperomierz wskazywał całkowity prąd ładunków spływających bezpośrednio z wody pochodzącej z chmury kropeł, która wtryskiwana była do miedzianego, odizolowanego od ziemi pojemnika.

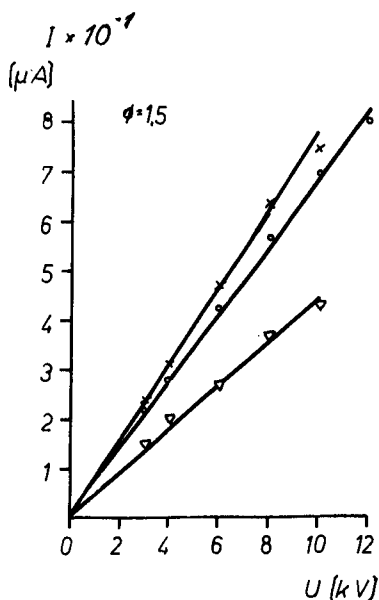
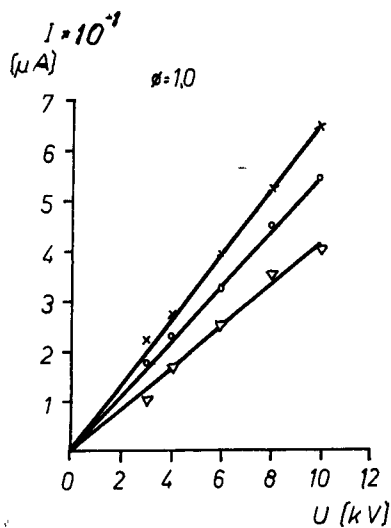
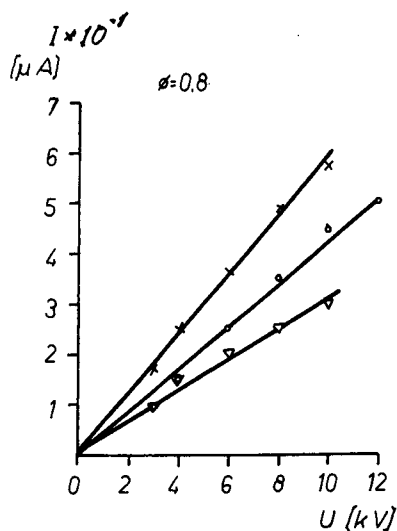
4. WYNIKI BADAŃ

Przebieg elektryzowania cieczy, uzyskany na podstawie zmierzonych wartości natężenia prądu chmury kropeł, napięcia na elektrodzie i ciśnienia cieczy, przedstawiony został na rysunku 5. Maksymalna wartość napięcia prądu U na elektrodzie wahała się od 10 do 12 kV i związana była z pojawiającym się, po przekroczeniu tych wartości, znacznym jonizowaniem powietrza. Jonizacja ta, wobec zbyt małej mocy generatora wysokiego napięcia, powodowała spadek napięcia na elektrodzie. Przedstawiony na wykresach (rys.5) przebieg natężenia prądu chmury naelektryzowanych kropeł, w zależności od wartości napięć na elektrodzie, ma przebieg liniowy (współczynnik korelacji dla wyników pomiarów zawierał się w przedziale 0,997 - 0,999).

Wpływ napięcia prądu na elektrodzie, ciśnienia cieczy i średnicy otworów w krążkach na stopień naelektryzowania cieczy- α przedstawiony jest na rysunku 6. Proste charakteryzujące $\alpha = f(U)$ dla poszczególnych średnic otworów dysz wykazują niezależność od ciśnienia. Powyższe ustalono na podstawie analizy statystycznej. Maksymalną wartość stopnia naelektryzowania cieczy $5,5 \cdot 10^{-5} \text{ C/dm}^3$ uzyskano przy średnicy otworu 0,8 mm i napięciu na elektrodzie równym 12 kV. Dla pozostałych średnic otworów uzyskano odpo-

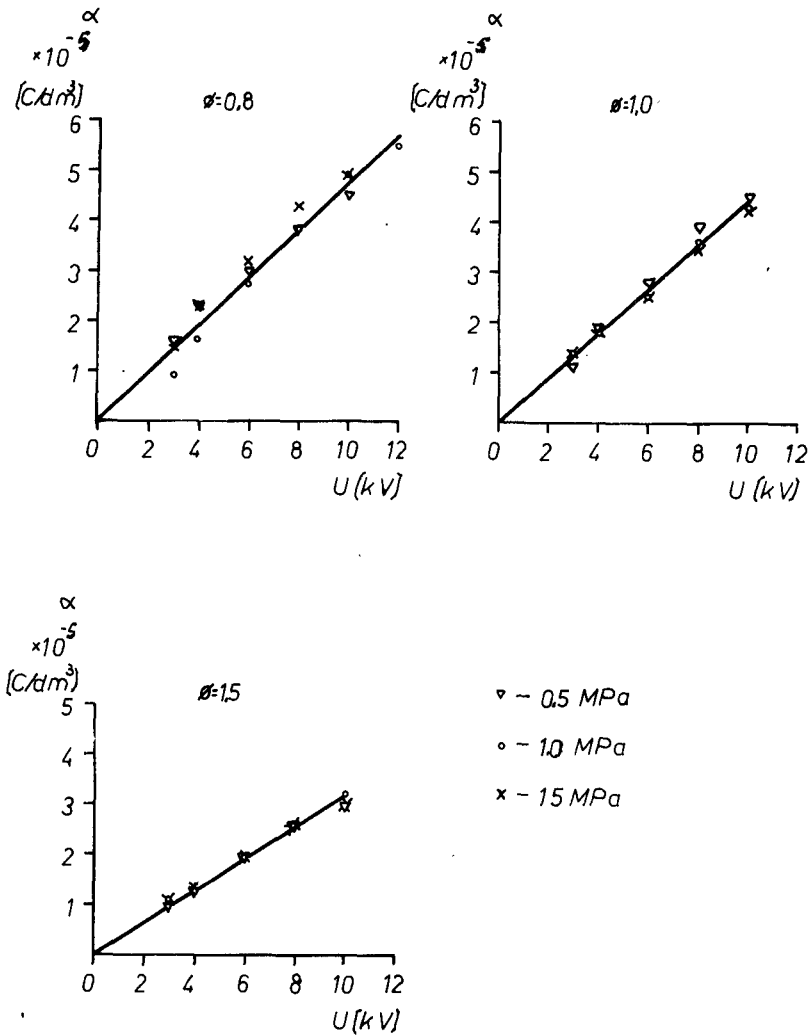
wiednio:

- dla średnicy otworu 1,0 mm - $4,5 \cdot 10^{-5}$ C/dm³,
- dla średnicy otworu 1,5 mm - $3,7 \cdot 10^{-5}$ C/dm³.



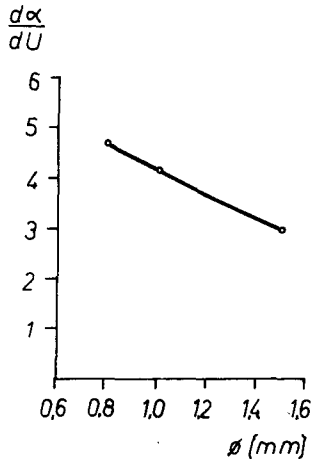
- ∇ - 0,5 MPa
- \circ - 1,0 MPa
- \times - 1,5 MPa

Rys.5. Wpływ napięcia U na elektrodzie, na wartość prądu ładunków chmury kropel w funkcji stosowanych ciśnień i średnic otworów



Rys.6. Wpływ napięcia U na elektrodzie, na wartość stopnia naelektryzowania cieczy- α w funkcji stosowanych ciśnień i średnic otworów wylotowych

Wpływ średnicy otworu dyszy na stopień naelektryzowania cieczy określony jest wielkością $\frac{d\alpha}{dU}$. Przebieg zmienności przedstawiony jest na rysunku 7.



Rys.7. Wpływ średnicy otworu dyszy rozpylacza na stopień naelektryzowania cieczy

5. WNIOSKI Z PRZEPROWADZONYCH BADAŃ

1. Badania eksperymentalne potwierdziły możliwość elektryzowania chmury kropeł wytworzonych ze standardowego rozpylacza stosowanego w opryskiwaczach.

2. Uzyskane wyniki potwierdziły, że natężenie prądu ładunków elektrycznych naniesionych na krople wzrasta dla większych natężeń wypływu cieczy z rozpylacza i większych wartości napięcia prądu na elektrodzie.

3. Udowodniono, że na stopień naelektryzowania cieczy wpływa korzystnie zmniejszenie średnicy otworu dyszy rozpylacza. W badanym zakresie, przy poziomie ufności 0,95, nie stwierdzono wpływu ciśnienia na stopień naelektryzowania cieczy.

4. Uzyskane wyniki wskazują na celowość dalszych badań w tym zakresie, z zastosowaniem typowych rozpylaczy drobnokroplistych w zabiegach, w których następują największe straty czynnika.

LITERATURA

- [1] Bernacki H., Hamann J., Kanafojski Cz.: Teoria i konstrukcja maszyn rolniczych. T. 1. PWRiL, Warszawa 1967
- [2] Ganzelmejer H., Mozer E.: Elektrostatische Aufladung von Spritzflüssigkeiten zur Verbesserung der Applikationstechnik. Grundl. Landtechnik Bd 30, nr 4, 1980

- [3] Law S.E.: Embedded - electrode electrostatic, induction spray charging nozzle: theoretical and engineering design. Transactions of the ASAE, nr 6, 1978
- [4] Law S.E., Lane M.D.: Electrostatic deposition of pesticide spray into foliar targets of varying morphologies. Transactions of the ASAE, nr 8, 1981

AN ESTIMATION OF SPRAYERS PRODUCING ELECTRICALLY CHARGED DROPS

Summary

In order to improve the effectiveness of protective sprayings by reducing liquid losses caused by wind deviations and evaporation, there was undertaken the work to adapt the existing sprayers for producing electrically charged drops. The induction method for electrical charging was taken. Spray producing units with rotating discs of the sprayers „Śleza" and „Termit" were chosen for the study. The tests results show the usefulness of the method.

ОЦЕНКА ЦЕНТРОВЕЖНЫХ ФОРСУНОК С ИНДУКЦИОННЫМ МЕТОДОМ ЭЛЕКТРИЗОВАНИЯ КАПЕЛЬ В АСПЕКТЕ ХИМИЧЕСКОЙ ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

Резюме

С целью повышения эффективности приёмов защиты растений, сокращением потерь жидкости сдуванием её воздухом и испарением, были проведены исследования над приспособлением распылителя для электрозирования капель. Был выбран метод электростатической индукции. Исследованиям были охвачены ротационные распылители применяемые в распылителях "Шльенза" и "Термит". Результаты исследований свидетельствуют о эффективности метода

Eugeniusz Jarmocik
Edmund Dulcet

ANALIZA TECHNOLOGII ZBIORU TRUDNOKISZĄCYCH SIĘ ZIELONEK
W GOSPODARSTWACH INDYWIDUALNYCH WOJEWÓDZTWA BYDGOSKIEGO

W artykule przedstawiono analizę technologii zbioru trudno-
kiszających się zielonek, przeznaczonych do zakiszania w gospodarstwach indywidualnych woj. bydgoskiego. Analizę oparto o dostępną literaturę oraz badania własne, prowadzone w ramach CPBR 10/17/II „Mechanizacja zbioru, konserwowania i przygotowania oraz przechowywania i uzdatniania pasz występujących w regionalnej bazie paszowej”.

Podsumowaniem analizy są uogólnienia wskazujące na możliwość wzrostu ilościowego produkcji kiszzonek, poprawę ich jakości i zmniejszenia strat.

1. WSTĘP

Konieczność obniżenia strat plonu oraz zmniejszenia nakładów energetycznych i kosztów zbioru, nakazuje weryfikację dotychczasowych sposobów zagospodarowania zielonki.

Wielu specjalistów wyraża opinię, że struktura konserwacji zielonek w Polsce jest daleka od optymalnej. Zbyt mało zielonek przeznaczają się do zakiszenia w postaci kiszonki czy też sianokiszonki [1, 3, 4, 9, 10]. W kraju 37 % zbioru zielonek przeznaczonych jest do zakiszania. W woj. bydgoskim odsetek ten jest znacznie niższy i wynosi 22 %, przy czym w PGR na kiszonki przeznaczają się 46 % zbioru, a w gospodarstwach indywidualnych 9 % zbioru [7].

Główna masa kiszzonek w woj. bydgoskim (około 80 %) jest wykonywana z liści i wysłodków buraczanych. Z roślin wysokobiałkowych tylko 3 % przeznaczają się do zakiszania [7].

Rośliny motylkowe, a w szczególności lucernę i koniczynę, uważa się za najważniejsze rośliny pastewne, bowiem zawierają najwięcej białka. Siano z lucerny i koniczyny jest najsmaczniejszą paszą dla zwierząt gospodarskich, lecz ich wysuszenie jest bardzo trudne z uwagi na znaczną grubość łodyg i ich woskową powłokę.

Podstawowym sposobem konserwacji pasz zielonych powinno być kiszenie, gdyż wymaga ono najmniejszych nakładów energetycznych, jest najtańsze i najmniej zależne od pogody. W związku z tym, wielu autorów proponuje przeznaczyć 55 - 65 % zbieranej zielonki na kiszonkę. Ponadto bilans strat pow-

stających przy zbiorze i konserwacji zielonek przemawia również za kiszonkami. Przy zbiorze siana tradycyjną metodą, straty ilościowe wynoszą 40 - 50 %, przy kiszaniu roślin świeżych w silosach przejazdowych 20 - 30 %, a przy kiszaniu roślin podwędniętych straty są niższe od 20 % [4]. Straty te można jeszcze obniżyć do 5 - 8 %, stosując kiszanie podsuszonych roślin wysokobiałkowych w silosach wieżowych [3, 4].

Rośliny motylkowe należą do trudnokiszających się zielonek z uwagi na dużą zawartość białka, a jednocześnie niską zawartość cukrów. Obecnie znane są dwa podstawowe sposoby polepszenia jakości kiszzonek z roślin motylkowych: stosowanie środków konserwujących i wstępne podsuszanie. Dotychczas znane wyniki badań nie przesądzają, który z wymienionych sposobów zapewnia optymalne efekty zarówno pod względem jakościowym, jak i ekonomicznym.

Przedstawione powyżej problemy związane z produkcją kiszzonek, stanowiły główną przesłankę do podjęcia w Katedrze Maszyn Rolniczych i Pojazdów ATR w Bydgoszczy tematu: „Mechanizacja zbioru, konserwacji i przygotowania oraz przechowywania i uzdatniania pasz występujących w regionalnej bazie paszowej”, w ramach CPBR 10/17/II.

Celem pracy jest określenie ogniwa linii technologicznej zbioru zielonek, w którym należy wprowadzić chemiczny środek konserwujący. W związku z tym zachodzi konieczność przeprowadzenia dokładnej analizy aktualnych technologii zbioru trudnokiszających się zielonek. Natomiast zagadnienia związane bezpośrednio z chemicznym zakiszeniem, będą stanowić oddzielne opracowanie.

2. STRUKTURA GOSPODARSTW INDYWIDUALNYCH

Wielkość powierzchni użytków rolnych gospodarstwa w istotny sposób determinuje możliwość mechanizacji pracy, a w szczególności efektywnego jej wykorzystania. Strukturę gospodarstw indywidualnych w woj. bydgoskim przedstawia tabela 1.

Tabela 1

Struktura gospodarstw indywidualnych w woj. bydgoskim
na tle kraju (1985 r.)

Grupy gospodarstw o ogólnej powierzchni w ha	Procentowy udział poszczególnych grup gospodarstw w ogólnej ich liczbie	
	w woj. bydgoskim	w kraju
0,5 - 2,0	28,9	30,2
2,1 - 7,0	22,5	40,5
7,1 - 10,0	12,0	12,7
ponad 10,0	36,6	16,6
Powierzchnia użytków rolnych na jedno gospodarstwo w ha	7,8	5,1

Dane zawarte w tabeli 1 pozwalają na sformułowanie następujących spostrzeżeń:

- w woj. bydgoskim liczba gospodarstw małych (do 7 ha) jest około 1,5 raza mniejsza niż średnio w kraju,
- liczba gospodarstw średnich (7 - 10 ha) w woj. bydgoskim jest prawie taka sama jak średnia krajowa,
- w grupie gospodarstw dużych (powyżej 10 ha) jest ich w woj. bydgoskim 2,3 raza więcej niż średnio w kraju,
- średnia wielkość gospodarstwa bydgoskiego jest większa od średniego krajowego gospodarstwa o ponad 50 %.

3. MASZYNY DO ZBIORU ZIELONEK PRZEZNACZONYCH DO ZAKISZANIA

Wybór technologii zbioru zielonek przeznaczonych do zakiszania uwarunkowany jest głównie:

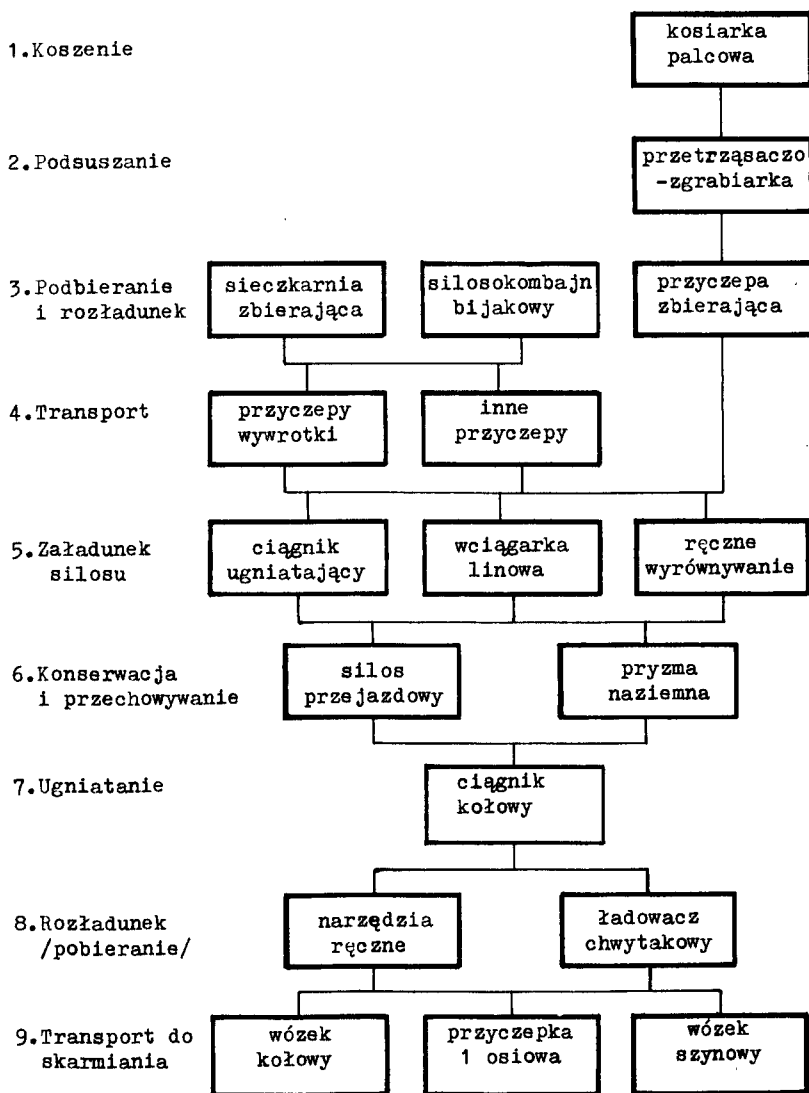
- asortymentem maszyn oferowanych przez przemysł,
- dostępnością maszyn w handlu bądź w usługach,
- ogólnym kosztem kompleksowej produkcji kiszzonek,
- kompleksowością mechanizacji pracy,
- lokalną tradycją i przyzwyczajeniami,
- wielkością powierzchni użytków rolnych gospodarstwa.

Rysunek 1 przedstawia blokowy schemat aktualnie stosowanych technologii zbioru roślin motylkowych do zakiszania. Analizę tychże technologii zbioru dokonano drogą przeglądu maszyn dostępnych na krajowym rynku. Uwzględniono ich przydatność dla gospodarstw małoobszarowych oraz ich zalety i wady, a w szczególności zastosowanie do zbioru roślin motylkowych.

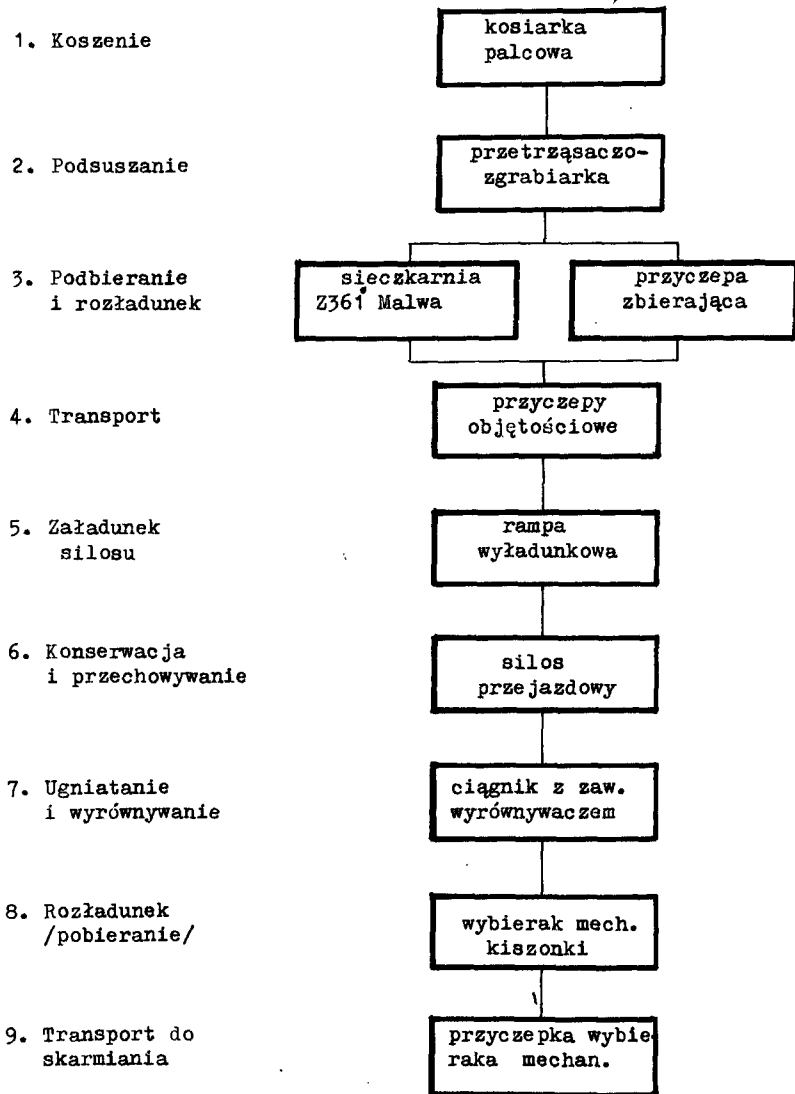
Zakończeniem analizy maszyn do zbioru jest opracowanie oczekiwanej technologii zbioru roślin motylkowych do zakiszania, przydatnej dla gospodarstw indywidualnych woj. bydgoskiego, co zostało przedstawione na rysunku 2. Propozycja ta jest zbieżna z głównymi zadaniami do realizacji w latach 1982 - 1987 [5].

3.1. Maszyny do koszenia

Dobór maszyn do koszenia zależy głównie od rodzaju roślin (nisko- i wysokołodygowych), od rodzaju zbioru (jedno- lub dwufazowy), a także od wielkości gospodarstwa. Do cięcia zielonek niskołodygowych przy zbiorze dwuetapowym są stosowane kosiarki palcowe Z 030 i Z 031 oraz kosiarki rotacyjne Z 070 i Z 036 [6]. Kosiarki rotacyjne, oprócz wyższej wydajności, charakteryzują się również większą pewnością technologiczną. Ich zdecydowana przewaga nad kosiarkami palcowymi uwidacznia się szczególnie przy wysokim plonie (>30 t/ha zielonej masy). Jednakże z powodu dużej awaryjności kosiarek rotacyjnych, powodowanej kamieniami występującymi na powierzchni pól, zaleca się je stosować na trwałe użytki zielone, a do zbioru roślin motylkowych z pól-używać kosiarki palcowe.



Rys.1. Schemat aktualnie stosowanych technologii zbioru roślin motylkowych do zakiszania



Rys.2. Schemat oczekiwanej technologii zbioru roślin motylkowych do zakiszania

Rolnictwo odczuwa brak dobrej kosiarki posiadającej nożycowy zespół tnący, zalecany do kiszzenia roślin motylkowych. Dobrymi parametrami charakteryzują się kosiarki bezpalcowe z dwulistwowym przyrządem tnącym, których produkcję przemysł zapowiada od kilku lat [2].

Kosiarki pokosowe, z uwagi na wysoki koszt tych maszyn, w zasadzie nie znajdują zastosowania w chłopskiej produkcji kiszzonek.

3.2. Maszyny do podsuszania zielonek na polu

Maszyny te są stosowane przy dwuetapowym zbiorze zielonek do zakiszenia. Przyspieszenie wysychania na polu skoszonych roślin jest w praktyce uzyskiwane najczęściej drogą dwukrotnego przetrząsania. Praktykuje się zakiszanie zielonki podwiedniętej (około 70 % wilgotności) i podsuszanej (około 60 % wilgotności). Zielonkę o takich wilgotnościach uzyskują rolnicy w drugim dniu po skoszeniu oraz dwukrotnym przetrząsaniu. Do przetrząsania stosowana jest szeroka gama maszyn, tj.: przetrząsacze widłowe, przetrząsaczo-zgrabiarki kołowo-palcowe beznapedowe i napędzane oraz przetrząsacze karuzelowe [6]. W gospodarstwach indywidualnych najbardziej rozpowszechnione są obecnie przetrząsaczo-zgrabiarki kołowo-palcowe. Analizując jakość pracy przetrząsaczy, ich wydajność i przydatność do pracy przy wysokim plonie, należy stwierdzić, że najkorzystniejsza ocena wypada dla maszyn karuzelowych [1, 10].

Innym sposobem uzyskania szybszego wysychania skoszonych roślin i zmniejszenia strat jakościowych jest mechaniczne uszkodzenie zewnętrznej warstwy roślin. Z doświadczeń krajowych znane są dotychczas dwa sposoby mechanicznej obróbki skoszonych roślin, tj. zgniatanie walcami i łamanie łądyg elementami szybko obrotowymi. Łamanie i zgniatanie łądyg jest zabiegiem szczególnie przydatnym przy zbiorze roślin motylkowych, gdyż skraca czas schnięcia o 30 - 50 % [1, 10]. Przemysł aktualnie nie produkuje żadnych łamaczy lub zgniataczy łądyg, w związku z czym rolnicy nie mogą obniżyć strat wynikających ze skrócenia czasu podsuszania zielonki. Jest to niewątpliwa strata w bilansie paszowym poszczególnych gospodarstw, jak i kraju.

Do zgrabiania podsuszonych zielonek, oprócz maszyn wymienionych przy przetrząsaniu, w bydgoskim rolnictwie pojawiają się zgrabiarki karuzelowe. Są to nowoczesne maszyny i jak dowodzą liczne badania, uzyskują one wysoką wydajność przy najmniejszych stratach. W grupie maszyn do przetrząsania i zgrabiania najbliższa przyszłość należy do maszyn karuzelowych.

3.3. Maszyny do zbierania i załadunku

Czynności związane ze zbiorem roślin na kiszzonkę stanowią 32 - 40 % ogólnych nakładów energetycznych przy produkcji kiszzonek i zajmują drugie miejsce po transporcie [2].

Podstawową maszyną w technologii zbioru zielonek na kiszzonkę powinna być siewczarnia polowa. Jest ona stosowana do zbioru roślin z pnia i z po-

kosu. Na polach rolników indywidualnych bywają stosowane sieczkarnie przy-
czepiane Z 305, z reguły przy zbiorze jednoetapowym, gdzie odpadają koszty
prac maszyn użytych do cięcia i podsuszania roślin. Ze względu na wysoki
koszt usługi, udział sieczkarni polowych w ogólnym zbiorze zielonek do za-
kiszania jest niewielki.

Aktualnie produkowane sieczkarnie polowe (zbierające), ze względu na
wysoką wydajność i specjalistyczny sprzęt towarzyszący, nie nadają się dla
gospodarstw indywidualnych. Asortyment sieczkarni zbierających powinna
wzbogacić sieczkarnia polowa Z-361 „Malwa”, wykonana w POM w Braniewie.
Masowa produkcja sieczkarni typu Z-361 doprowadziłaby do wzrostu produkcji
kiszonek.

Innym rodzajem maszyn zbierających są silosokombajny, wyposażone w bi-
jakowy zespół tnący („Orkan-2”). Względnie niska cena tej maszyny powoduje
szerokie jej stosowanie w gospodarstwach indywidualnych, mimo gorszej ja-
kości cięcia i powstających przy tym strat ścierniskowych.

Przyczepy zbierające umożliwiają zebranie materiału i jednocześnie u-
łożenie jego w skrzyni ładunkowej oraz rozładunek przy zbiorze dwuetapo-
wym. W gospodarstwach indywidualnych woj. bydgoskiego jest to często sto-
sowany sposób zbioru podsuszonych zielonek niskołodygowych na kiszonkę lub
sianokiszonkę. Wynika to głównie z wielofunkcyjnego zastosowania przyczep
zbierających. Asortyment ich jest wyjątkowo duży i składa się z dziewięciu
typów przyczep [6]. Mankamentem w pracy przyczep zbierających, sygnalizowa-
ny przez rolników jak i badaczy, jest nieodpowiednie ogumienie. Wprowa-
dzenie ogumienia rolniczego zapobiegłoby niszczeniu struktury gleby oraz
grzeźnięciu kół w zielonkę na pryzmie.

Mając na uwadze wyżej przedstawione spostrzeżenia, należy wyeliminować
ze zbioru roślin motylkowych silosokombajny „Orkan-2”. Natomiast można by-
łoby wprowadzić sieczkarnię polową Z-361 „Malwa”, tak przydatną dla gospo-
darstw małoobszarowych. Jako rozwiązanie alternatywne można przyjąć stoso-
wanie przyczep zbierających, wyposażonych w urządzenia tnące i ogumienie
rolnicze. Główną zaletą przyczep zbierających jest mniejsze zapotrzebowa-
nie mocy. Obie propozycje mają tę zaletę, że można je zrealizować w krót-
kim czasie (uruchomić produkcję opracowanej i sprawdzonej konstrukcji).

4. URZĄDZENIA DO TRANSPORTU I PRZEŁADUNKU ZIELONEK PRZEZNACZONYCH DO ZAKI- SZANIA

Jak wynika z krajowych badań, najbardziej pracochłonny przy produkcji
kiszonek jest transport wynoszący 40 - 51 % ogólnych nakładów energetycz-
nych [2].

4.1. Środki transportowe

W przypadku pracy maszynami zbierającymi, nie posiadającymi wbudowa-
nych skrzyń ładunkowych, do transportu zielonki najczęściej stosowane są

ciągniki wraz z przyczepami wywrotkami, przyczepami z przenośnikami podłogowymi i przyczepami skrzyniowymi. Maszyny zbierające z przewidzianymi konstrukcyjnie skrzyniami ładunkowymi pełnią jednocześnie rolę środka transportu.

Oferta handlu w zakresie przyczep objętościowych jest bardzo skromna. W tej sytuacji, w gospodarstwach indywidualnych do transportu zielonek najwięcej wykorzystuje się przyczepy wywrotki trójstronne D 55 z nadstawkami oraz roztrząsacze obornika, również z nadstawkami, np.: N 235 i N 218.

Organizacja transportu w każdym przypadku winna zapewniać maksymalną wydajność maszyn zbierających. Obecny rozwój techniki rolniczej i organizacji pracy w tym zakresie zmierza w kierunku zwiększania objętości skrzyń ładunkowych oraz stosowania metod szybkiego wyładunku. W związku z tym konieczne jest uruchomienie produkcji kilku typów przyczep objętościowych w zakresie 15 - 25 m³ (6 - 10 t zielonki). Na dzień dzisiejszy jedyną przyczepą, która częściowo może zaspokoić potrzeby rolników w zakresie transportu zielonki, jest przyczepa D 732 (ładowność 4 t) produkcji SFA w Sano-ku.

Według ogólnie przyjętych zasad produkcji kiszzonek, organizacja pracy powinna zapewniać załadunek silosu w czasie nie przekraczającym trzech dni. Warunek ten stanowi podstawę doboru sprzętu do kompleksowego zbioru. Ponadto jest on niezbędnym wskaźnikiem przy projektowaniu typoszeregu maszyn do zbioru zielonek na kiszonkę, przydatnych dla zróżnicowanej wielkości gospodarstw indywidualnych. Projekt w/w typoszeregu przedstawiony zostanie w kolejnym opracowaniu.

4.2. Maszyny i urządzenia do załadunku silosów

Wybór maszyn i urządzeń do załadunku silosów jest uzależniony od rodzaju przewidywanego zbiornika do zakiszania zielonek. W gospodarstwach indywidualnych najczęściej stosowane jest wciąganie przyczep za pomocą dwóch ciągników, a czasem wciągarką linową. W pierwszej fazie napełniania do wciągnięcia przyczepy na silos wystarcza ciągnik transportowy. W późniejszej fazie napełniania, gdy wzrastają opory wywołane grzeźnięciem kół w zielonce, do wciągania stosuje się drugi ciągnik - jest to z zasady ciągnik ugniatający.

Opróżnianie przyczep, zależnie od ich konstrukcji, bywa następujące: samoczynny rozładunek przyczep zbierających przy użyciu przenośnika, samoczynny rozładunek przyczep wywrotek oraz rozładunek ręczny innych przyczep.

Przedstawiona metoda napełniania zbiorników nastrocza rolnikom wiele kłopotów, między innymi:

- duże opory przetaczania na miękkim podłożu sprzyjają częstym awariom sprzętu (zdarzają się rozrywania ciągników i uszkodzenia przyczep),
- istnieje niebezpieczeństwo wywrotki pojazdu,
- stosunkowo długi czas rozładunku,
- zanieczyszczanie zielonki ziemią, nanoszoną kołami ciągnika i przyczepy.

Inny sposób załadunku silosów przejazdowych, bardziej efektywny, bezpieczny i czysty, stworzy zastosowanie zgarniaczy widłowych konstrukcji IBMER, których produkcję uruchomi POM Pułtusk. Napełnianie silosów w tej metodzie polega na rozładunku zielonki ze środków transportu na płytę betonową przed silosem oraz wgarnięciu zielonki za pomocą zgarniacza do silosu. Jednocześnie ten sam ciągnik, na którym jest zawieszony zgarniacz, ugniata w międzyczasie zielonkę w silosie. SKR-y wyposażone w tego typu sprzęt mogłyby świadczyć usługi w gospodarstwach indywidualnych.

Wydaje się, że na dzień dzisiejszy najprostszą, bezpieczną i dostępną dla gospodarstw małych, jest metoda rozładunku przyczepy z rampy, umieszczonej wzdłuż ścian bocznych silosu przejazdowego. Ta metoda jest stosowana w niedużej części gospodarstw indywidualnych i są oznaki wzrastającej jej popularności.

5. URZĄDZENIA DO ZAKISZANIA ZIELONEK

5.1. Rodzaje zbiorników (silosów) do zakiszania

Rodzaj zbiornika do zakiszania narzuca wybór całej linii technologicznej zbioru i konserwacji pasz. Pojemność zbiorników ustalana jest w zależności od zapotrzebowania na kiszonkę i przewidywanego ciężaru objętościowego 1 m^3 kiszonki. Ciężar objętościowy 1 m^3 kiszonki zależy z kolei od rodzaju i wilgotności zielonki, dojrzałości roślin, stopnia rozdrobnienia i ubicia zakiszanej masy oraz wysokości warstwy. Tę wartość można odczytać w odpowiednich tabelach [2].

Wśród rozpowszechnionych zbiorników poziomych występuje wiele odmian. Najbardziej prymitywne są przyzmy naziemne, gdzie straty dochodzą do 30 %. Nadają się one do zakiszania produktów łatwo zakiszających się. Drugą odmianą są silosy stałe przejazdowe na utwardzonym gruncie, w których straty są znacznie mniejsze. Jest to najczęściej spotykany rodzaj silosu w gospodarstwach indywidualnych. Oprócz zbiorników przejazdowych stałych, spotykane są u bydgoskich rolników również rozbieralne urządzenia segmentowe do budowy zbiorników przejazdowych. Inną odmianą silosu przejazdowego jest dwukomorowy silos z rampą stałą, umieszczoną wzdłuż ścian bocznych. Mimo większego kosztu i zajęcia większej powierzchni, silos z rampą można uważać aktualnie za jedno z lepszych rozwiązań dla gospodarstw małoobszarowych. Kolejną odmianą silosu przejazdowego jest silos komorowy, przed którym wybetonowany jest plac rozładunkowy o powierzchni dochodzącej do 100 m^2 . Ten typ może rozpowszechnić się u rolników indywidualnych pod warunkiem dostępności w handlu wydajnych ładowarek widłowych i ciągników typu URSUS-1204. Ten typ silosu z wymienionym sprzętem zapewnia kompleksową mechanizację oraz wysoką wydajność pracy.

Zbiorniki pionowe, ze względu na wysoki koszt inwestycji i eksploatacji, nie są spotykane w gospodarstwach indywidualnych, mimo że zapewniają najniższe straty oraz najwyższą jakość kiszonki.

Według dostępnych danych liczba silosów o konstrukcji trwałej w gospodarstwach indywidualnych woj. bydgoskiego wynosi 7 293 sztuki o łącznej pojemności 378 181 m³, natomiast w PGR odpowiednio 7 844 sztuki o łącznej pojemności 1 224 393 m³. Ponadto występują jeszcze płyty silosowe: w gospodarstwach chłopskich 36 sztuk o powierzchni 1 010 m², a w PGR 55 sztuk płyt o powierzchni 12 636 m² [8]. Poza tym występuje bliżej nieokreślona liczba przyzłaz naziemnych. Jak dotychczas brak jest w woj. bydgoskim silosów budowanych z drobnowymiarowych elementów prefabrykowanych, których katalog z dwunastoma typowymi parametrami opracował IBMER. Wydaje się, że przyczyną tego stanu jest mała popularyzacja tej niewątpliwie efektywnej metody budowy silosów. Katalog IBMER obejmuje silosy przeznaczone dla 6, 8, 9, 12, 16, 20, 25, 30, 35, 40, 45 i 55 SD, wznoszone z elementów prefabrykowanych „BS”. Podstawową zaletą w budowie silosów z prefabrykatów jest eliminacja szalunku drewnianego oraz mniejsze zużycie cementu. Przy obecnej znajomości procesu zakiszania są realne możliwości uzyskania dobrej jakości kiszonki w silosach przejazdowych, przy stratach składników pokarmowych poniżej 17 %. Wymaga to stosowania właściwej technologii zakiszania, czyli rozdrobnionej zielonki i krótkiego czasu jej wykonania. Jest to możliwe przy użyciu wysokowydajnych maszyn, zapewniających kompleksową i niezawodną pracę oraz czystą zielonkę do zakiszania.

Lokalizacja zbiorników w gospodarstwie nie zawsze spełnia konieczne wymogi i bywa przyczyną dodatkowych strat oraz utrudnień przy wykonywaniu kiszonki.

5.2. Urządzenia do rozgarniania i ugniatania zielonek

Ugniatanie i rozgarnianie zielonek w zbiornikach przejazdowych stanowi 17 - 27 % ogólnych nakładów energetycznych przy produkcji kiszonek, w zależności od rodzaju stosowanych ciągników i urządzeń rozgarniających.

Do rozgarniania zielonek zakiszanych w zbiornikach przejazdowych stosowane są proste urządzenia, wykonane sposobem gospodarczym. Najczęściej jednak w gospodarstwach indywidualnych zielonka jest rozgarniana widłami, gdyż przemysł nie produkuje do tego celu żadnych urządzeń. Środkiem zastępczym może być kultywator uprawowy, zawieszany na układzie hydraulicznym ciągnika ugniatającego.

Czynnikiem decydującym o jakości kiszonki jest dokładne i ciągłe ugniatanie dowożonej zielonki. Niedostatecznie ubita zielonka, szczególnie podsuszona, ulega procesowi wtórnej fermentacji. Do ugniatania zielonek w zbiornikach poziomych stosowane są ciągniki kołowe, głównie ze względu na uniwersalność ich zastosowania w gospodarce chłopskiej. Zastosowanie kół bliźniaczych w ciągniku ugniatającym zapobiega grzęźnięciu i poślizgowi kół. Pocięcie zielonki na sieczkę ułatwia jej ubicie w zbiorniku. Zielonka podsuszona ale nie pocięta na sieczkę ubija się trudniej i wymaga dłuższego oraz staranniejszego ugniatania.

Każdy rodzaj zakiszanej masy deformuje się do określonego stopnia. Po-tem deformacja jest już niewielka. W czasie badań własnych stwierdzono, że

sieczkę ze świeżo skoszonej lucerny bądź koniczyny trwale deformuje 3-4 -krotny przejazd ciągnika kołowego. Deformacja sprężysta, jaka występuje przy podsuszanej zielonce, powoduje zwiększenie o 30 % nakładu niezbędnej pracy dla uzyskania trwałej deformacji.

Skuteczność ugniatania wiąże się z czasem zgniatania masy. Trwała deformacja nastąpi szybciej, jeżeli wydłużony będzie czas zgniatania masy, poprzez powolne przejeżdżanie ugniatającym ciągnikiem.

Nieprawidłowością często spotykaną przy produkcji kiszzonek jest wyciskanie soków podczas ugniatania masy. Prowadzi to do obniżenia wartości pokarmowej kiszzonek. Dla zatrzymania wyciśniętych soków zaleca się dodawanie sieczki ze słomy. Podnosi to o 25 - 30 % zawartość suchej masy [2], co stwarza warunki dla prawidłowego przebiegu fermentacji mlekowej.

Najbardziej skutecznym materiałem do okrycia i zabezpieczenia kiszzonek jest folia. Przy odpowiednim ułożeniu folii na krawędziach zbiorników, umożliwi ona szczelne przykrycie. Ze względu na małą wytrzymałość mechaniczną folii, w gospodarstwach chłopskich rozpowszechnione jest dodatkowe okrywanie kiszzonek balotami słomy i warstwą ziemi.

5.3. Urządzenia do rozładunku silosów

Ze względu na ubicie kiszzonek, pobieranie jej jest bardzo uciążliwe, a przy tym bywa często przyczyną jej strat jakościowych. Sposób wybierania kiszzonek jest uwarunkowany typem zbiornika na zakiszenie, fizykomechanicznymi właściwościami paszy, wymogami co do strat ilościowych i jakościowych, wydajnością urządzenia wybierającego i jego energochłonnością oraz możliwością kompleksowej mechanizacji rozładunku silosu.

Ze względu na sposób odspajania kiszzonek, maszyny do tego przeznaczone można podzielić na: wrywające, frezujące i odcinające. Niezależnie od sposobu pracy w/w maszynom stawiane są dwa główne wymogi:

- urządzenie wybierające paszę z silosu powinno pozostawiać powierzchnię kiszzonek gładką i niespulchnioną,
- nie powodować strat ilościowych wybranej kiszzonek.

Do urządzeń wrywających zaliczamy ładowarki uniwersalne, chwytakowe lub czołowe, stosowane bez specjalnej adaptacji do załadunku kiszzonek. Ta uniwersalność jest główną zaletą ładowarek. Wadą takiego sposobu odspajania kiszzonek jest tworzenie poszarpanej powierzchni ułatwiającej głębsze utlenianie, co powoduje wtórną fermentację. Siła potrzebna do oderwania kiszzonek jest, w zależności od rodzaju i rozdrobnienia kiszzonek, większa o 50 - 300 % od ciężaru podnoszonego kęsa [2].

Wybierak kiszzonek WK-09, konstrukcji IEMER, jest narzędziem prostym i przystosowanym do gospodarstw o małej obsadzie zwierząt (5 - 10 sztuk). Głównym jego zespołem roboczym są grabie mechaniczne, uruchamiane hydraulicznie ciągnikiem URSUS C 330 lub C 360 oraz mała przyczepka doczepiana do ciągnika.

Ładowarki frezujące są maszynami specjalnie przeznaczonymi do odspajania i załadunku kiszzonek na środki transportu. Powierzchnia po przeje-

ściu freza jest równa, w związku z czym powietrze nie może wnikać do głębszych warstw. Prędkość organów roboczych wynosi 7-30 m/s. Energia potrzebna do cięcia i odrzucania kiszonki jest zależna od jej spoistości, prędkości skrawania oraz grubości skrawanej warstwy,

Zużycie energii przez różne typy ładowarek zależy głównie od systemu transportu kiszonki. Dla ładowarek wyposażonych w przenośniki taśmowe, nakład energii na odcięcie i załadunek kiszonki wynosi 0,3 kWh/t, natomiast ładowarki wyposażone w rzutniki pobierają 0,8-1,0 kWh/t [2].

Dla gospodarstw o obsadzie 10-50 DJP opracowano w IBMER pojemnikowo-wybierak WP-2, zawieszany na podnośniku hydraulicznym ciągnika URSUS C 360 lub MF 235 i napędzany od WOM. Maszyna ta służy do skrawania, załadunku, transportu i rozdzielania kiszonki do żłobów.

Urządzenia wycinające przydatne są w niewielkich gospodarstwach o obsadzie 5-10 sztuk zwierząt. Są to urządzenia zawieszane na podnośniku hydraulicznym lub ramionach ładowarki czołowej. Maszyna składa się z wideł wbijanych poziomo w warstwę kiszonki i noża - piły, poruszającego się na wysięgniku lub prowadnicach, który odcina blok kiszonki o masie 200-300 kg [2]. Odcięty blok kiszonki jest przewożony na miejsce skarmiania i jest ręcznie rozdzielany do żłobów.

Przemysł nie produkuje jakichkolwiek wybieraczy kiszonek, przydatnych dla gospodarstw małoobszarowych. Na dzień dzisiejszy przy wybieraniu kiszonek dominują wszelkiego typu narzędzia ręczne odcinające kiszonkę (szpadle, tasaki) wspólnie z widłami i wózkiem lub taczka.

Przy większej obsadzie zwierząt w nowych oborach chłopskich do transportu kiszonki na miejsce skarmiania stosowane są wózki szynowe, bądź jednoosiowe przyczepy skrzyniowe (najczęściej własnej konstrukcji).

6. PODSUMOWANIE

Analiza technologii zbioru i konserwacji zielonek upoważnia do następujących uogólnień:

1. Stosunkowo niska wartość pokarmowa kiszonek w woj. bydgoskim wynika z faktu wykonywania kiszonek głównie z liści i wysłodków buraczanych (około 80 %), przy niewielkim udziale roślin wysokobiałkowych (3 %).
2. Niewystarczająca podaż i skromny asortyment maszyn jest przyczyną stosowania w gospodarstwach indywidualnych uproszczonych technologii zbioru i konserwacji zielonek. Do dwufazowego zbioru zielonek na kiszonkę lub sianokiszonkę stosowane są głównie kosiarki i przyczepy zbierające. Przy zbiorze jednofazowym rozpowszechniony jest ścinacz zielonek „Orkan-2” wraz z przyczepami skrzyniowymi, wyposażonymi w nadstawki lub siatki.
3. Wśród silosów spotykane są wyłącznie silosy poziome, głównie przejazdowe na utwardzonym gruncie. Unowocześnienie silosów w zakresie budowy i sposobu ich napełniania (punkt 5), przyczyniłoby się do poprawy jakości kiszonek i uzyskania pożądaných efektów ekonomicznych.

4. Na terenie woj. bydgoskiego największą grupę tworzą gospodarstwa o powierzchni powyżej 10 ha (około 37 %). Taka struktura stanowi potencjalną możliwość zwielokrotnienia produkcji kiszzonek i sianokiszzonek. Nieodzownym jednak warunkiem jest uruchomienie produkcji maszyn, użytecznych w gospodarstwach chłopskich. W szczególności chodzi o małe siewczkarnie polowe, przyczepy objętościowe, ładowarki widłowe i wybieraki kiszonki.

Realizacja wniosków zawartych w podsumowaniu przyczyniłaby się do istotnego ograniczenia strat przy zbiorze, konserwacji i skarmianiu kiszzonek.

LITERATURA

- [1] Krzeziński J.: Nowoczesne metody produkcji pasz. Maszyny i Ciągniki Rolnicze, nr 8, 1980
- [2] Labotka J., Olszewski T., Pankowski Z., Roszkowski A.: Materiały konferencyjne SITR, Bydgoszcz 1984
- [3] Olszewski T.: Efektywność produkcji pasz z zielonek. Mechanizacja Rolnictwa, nr 5-6, 1982
- 4 Olszewski T.: Możliwość zmniejszenia strat przy zbiorze i konserwacji pasz. Mechanizacja Rolnictwa, nr 2-3, 1986
- [5] Opracowanie zbiorowe: System maszyn rolniczych. Część VIII, Warszawa 1982
- [6] Opracowanie zbiorowe: Informator Agromy 1986/87
- [7] Opracowanie zbiorowe: Pasze soczyste wg sposobów skarmiania BP-4. Dane dla woj. bydgoskiego z gospodarki nieuspołecznionej za rok 1986. Opracowanie Państwowej Inspekcji Produkcji Rolnej WUS w Bydgoszczy
- [8] Opracowanie zbiorowe: Roczne sprawozdanie jednostkowe ze stanu silosów i konserwacji pasz 1986 r. Opracowanie Państwowej Inspekcji Produkcji Rolnej WUS w Bydgoszczy
- [9] Podkówka W.: Nowoczesne metody kiszzenia pasz. PWRiL, Warszawa 1978
- [10] Roszkowski A.: Mechanizacja zbioru i konserwacji pasz zielonych. PWRiL, Warszawa 1979

AN ANALYSIS OF HARVESTING TECHNOLOGY OF GREEN FORAGE FOR SILAGING
ON PRIVATE FARMS IN BYDGOSZCZ PROVINCE

Summary

In the paper, an analysis of green forage harvesting technology is presented. The crops were designed for silaging on individual farms in the Bydgoszcz Province. The analysis is based on the available literature, as well as on our own research which was carried out within CPBR 10/17/II "The Mechanization of Harvest, Maintenance, Preparations, Storing and Treatment of Feeding Stuff Existing in Regional Feeding Stuff Base".

In the conclusion of the analysis, there are some statements indicating the possibilities of an increase of silage production, improvement of its quality and a decrease of losses.

АНАЛИЗ ТЕХНОЛОГИИ УБОРКИ ТЯЖЕЛОЗАЗЕЛЕНИВАЮЩИХСЯ ЗЕЛЁНЫХ КОРМОВ В ЧАСТНЫХ ХО-
ЗЯЙСТВАХ БЫДГОСКОГО ВОЕВОДСТВА

Резюме

В статье представлен анализ технологии уборки зелёных кормов, предназначенных для силосования в частных хозяйствах быдгощского воеводства. Анализ проведён на основе доступной литературы и личных опытов, проводимых по теме CPBR 10/17/2 "Механизация уборки: консервирование, подготовка и хранение кормов в районных кормовых базах

Программированием анализов являются выводы указывающие на возможность увеличения количества производства силоса, улучшение их качества и сокращение потерь.

**Biblioteka Główna ATR
w Bydgoszczy**

1006

Gz

32

1988

EN 0208-6395