

CZESŁAW KANAFOJSKI

## PRZYSPIESZENIE POLOWYCH PRAC MASZYNOWYCH W ROLNICTWIE

Przyspieszenie różnorodnych polowych prac maszynowych w rolnictwie stanowi poważny czynnik zwiększający produkcję ziemiopłodów. Przyspieszenie procesów technologicznych, niezbędnych przy uprawie zbóż, okopowych, kultur technicznych, przygotowaniu siana i innych umożliwia bowiem:

a) wykonanie prac w optymalnych agrotechnicznych terminach, co ma duże, a niekiedy decydujące znaczenie w sprawie zwiększenia lub polepszenia jakości plonów;

b) zwiększenie wydajności pracy ludzkiej;

c) obniżenie kosztów eksploatacji parku maszynowego;

d) częściowe zmniejszenie nakładów inwestycyjnych przy zaopatrzeniu rolnictwa w niektóre środki techniczne.

Przyspieszenie prac maszynowych osiąga się przez:

a) zwiększenie prędkości roboczych agregatów ciągnikowych;

b) zwiększenie szerokości roboczych ciągnikowych narzędzi lub maszyn rolniczych przy zachowaniu stałej prędkości;

c) agregatowanie kilku narzędzi lub maszyn roboczych, wykonujących równocześnie kilka rozmaitych lecz ściśle ze sobą związanych czynności;

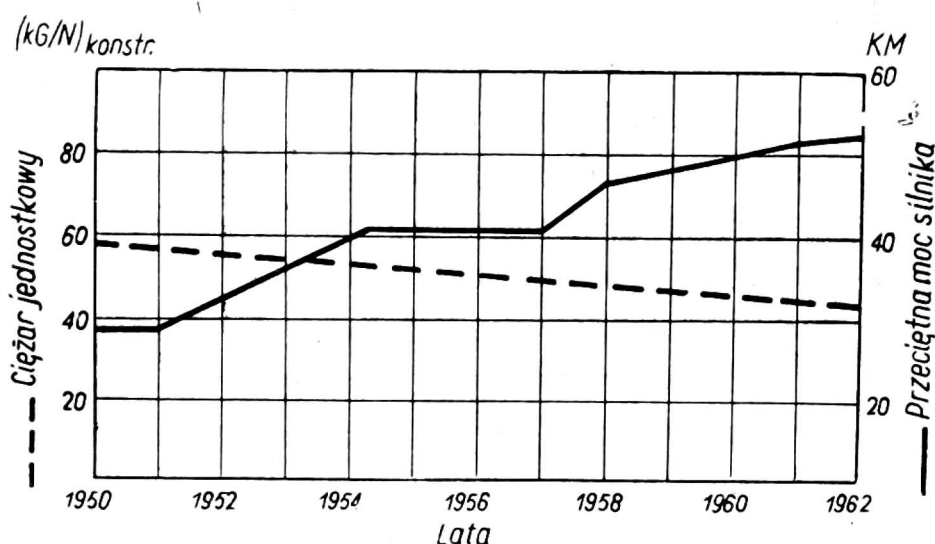
d) stosowanie złożonych maszyn (np. rozmaitego rodzaju kombajnów) wykonujących równocześnie szereg całkiem rozmaitych czynności.

Metody podane pod c i d tym się zasadniczo różnią między sobą, że w metodzie pod c czynności są rozczłonkowane, tzn. wykonywane przez maszyny pracujące niezależnie jedna od drugiej, natomiast w kombajnach wszystkie czynności są ze sobą ściśle związane w jednej maszynie.

Metody podane pod b, c i d są dość często stosowane (przynajmniej w krajach o wysoko rozwiniętej, intensywnej produkcji rolniczej), natomiast zwiększenie roboczych prędkości jest zagadnieniem stosunkowo nowym i równocześnie złożonym. Dlatego też postaram się naświetlić tylko to zagadnienie.

Ponieważ u nas liczba ciągników gąsienicowych stanowi i będzie stanowić jedynie około 10% ogółu ciągników, więc przy rozważaniach będę brać pod uwagę jedynie ciągniki kołowe.

Po drugiej wojnie światowej pojawiły się nowe rodzaje maszyn rolniczych, jak np. kombajny do zbioru okopowych (ziemniaków i buraków), silosokombajny, czyli maszyny do koszenia traw, zielonek, kukurydzy, z równoczesnym rozdrabnianiem skoszonej masy i wyrzucaniem pociętej masy na specjalnie obudowaną przyczepę. Poza tym po wojnie z powrotem „odżyła” sprawa stosowania glebogryzarek (zawieszanych na ciągniku w postaci tzw. „gryzującego ogona”) do upraw łąk i pól. Ruchome części wszystkich wymienionych maszyn są napędzane wałkiem przekładnikowym ciągnika i wymagają stosunkowo dużo mocy. Toteż do współpracy z tymi maszynami, jak również i z niektórymi innymi, są potrzebne ciągniki o większej mocy w silniku aniżeli w ciągnikach przedwojennych. W związku z tym od kilku lat wyraźnie zarysowuje się w światowej produkcji ciągników tendencja do stopniowego zwiększania mocy w silnikach ciągnikowych (rys. 1). Ze względu jednak



Rys. 1. Zwiększenie przeciętnej mocy w silnikach ciągnikowych w USA i zmniejszenie jednostkowych ciężarów ciągników

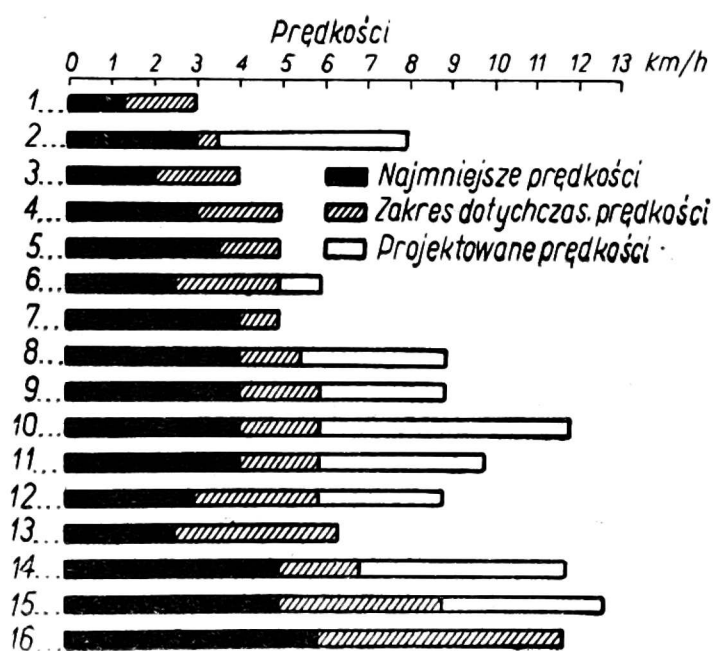
na obniżenie kosztu produkcji ciągników, jak też ze względu na jak najmniejsze niszczenie struktury gleby lub roli, ciężar ciągników w porównaniu ze zwiększeniem mocy wzrasta nieznacznie. Można więc zaobserwować jednoczesne zmniejszenie jednostkowego ciężaru (kG/KM) nowoczesnych ciągników.

Ponieważ w kołowych ciągnikach o dużej mocy w silniku lecz stosunkowo lekkich siła uciągu, jak wiadomo, jest ograniczona przyczepnością napędowych kół ciągnika do podłoża, więc ze zwiększeniem mocy silnika przy danym stałym ciężarze ciągnika nie zwiększa się siła uciągu. We wszystkich zatem pracach rolniczych wymagających wyłącznie siły uciągu (jak np. przy narzędziach uprawowych) szerokość robocza jest ograniczona wielkością oporów. W takich wypadkach nadmiar mocy w silniku można wykorzystać zwiększając roboczą prędkość

ciągnikowego agregatu z zachowaniem potrzebnej siły uciągu przy zwiększonej prędkości.

Na rys. 2 przedstawiono dotychczasowe i projektowane maksymalne prędkości robocze dla rozmaitych narzędzi i maszyn rolniczych.

1) sadzenie rozsąd warzyw (zależnie od odległości w rzędach); 2) międzyrzędowe uprawy (zależnie od konstr. automatyki i prostoliniowości siewu); 3) zbiór ziemniaków kombajnem (zależnie od konstrukcji, stanu gleby oraz pola); 4) zbiór buraków kombajnem (zależnie od konstrukcji, rodzaju, stanu gleby i zachwaszczenia); 5) siew precyzyjny, jednoziarnkowy (zależnie od konstrukcji i dokładności przygotowania roli); 6) zbiór prasami zbierającymi (zależnie od konstrukcji i grubości wałów); 7) sadzenie ziemniaków (zależnie od konstrukcji, wielkości sadzeniaków i stanu roli); 8) wałowanie (zależnie od konstrukcji, rodzaju i stanu roli); 9) orka normalna średnia głębokość 25 cm (zależnie od konstrukcji, rodzaju i stanu gleby); 10) kultywatorowanie (zależnie od konstrukcji łap, rodzaju i stanu gleby); 11) telerzowanie (zależnie od konstrukcji i ustawienia talerzy); 12) zbiór zielonek kombajnem (zależnie od konstrukcji, rodzaju i stanu zbieranych roślin); 13) zbiór kombajnami (zależnie od konstrukcji, gęstości i stanu zboża); 14) siew rzędowy (zależnie od konstrukcji redlic i przygotowania roli pod siew); 15) koszenie traw i zielonek (zależnie od konstrukcji, zachwaszczenia i nierówności pola); 16) przetrząsanie skoszonej masy z równoczesnym zgrabianiem



Rys. 2. Zestawienie dotychczasowych i projektowanych zakresów roboczych prędkości rozmaitych maszyn rolniczych

Zagadnienie zwiększenia prędkości roboczych nie ma znaczenia w gospodarstwach drobnotowarowych (niewielkie powierzchnie pól uprawnych), a więc w większości krajów zachodnio-europejskich, w wielu fermach USA i Kanady i w naszych kółkach rolniczych.

Prace naukowo-badawcze poświęcone przyspieszonej orce były prowadzone w NRF (Braunschweig-Völkenrode). Niektóre niemieckie fabryki rozpoczęły już seryjną produkcję szybkoorażących pługów. Ze względu jednak na rozdrobnienie niemieckich gospodarstw, wydaje się wątpliwe, aby sprawa przyspieszenia prędkości prac miała tam większe znaczenie praktyczne.

Z krajów należących do obozu socjalistycznego (poza ZSRR) obecnie jedynie w Polsce, a ściślej mówiąc w Instytucie Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa, od kilku lat prowadzi się planowe prace naukowe i badania mające na celu danie założeń konstrukcyjnych dla produkcji „szybkoorażących” korpusów pługów i kosiarek. Dotychczasowe nasze osiągnięcia uzyskane przy pomocy śmiesznie małej liczby pracowników

postawiły nas jednak na równi z osiągnięciami radzieckimi (przynajmniej jeżeli chodzi o przyspieszoną orkę).

Zwiększenie prędkości roboczej agregatów ciągnikowych wymaga jednak badań w zakresie dynamiki ciągników (np. pokonywanie zwiększonych sił bezwładności agregatu podczas jego rozruchu, zastosowanie odpowiednich sprzęgieł, hydraulicznego układu kierowania, bezstopniowych przekładni itp.), warunków pracy traktorzysty, które znacznie pogarszają się ze zwiększeniem prędkości przy pracach polowych oraz w zakresie aspektów ekonomicznych, jak np. zużycie paliwa, zużywanie się części składowych itp. Poza tym zwiększenie prędkości roboczych wymaga również wnikliwych, wszechstronnych badań i zmian konstrukcyjnych w narzędziach i maszynach roboczych. Chodzi o to, aby przy zwiększonych prędkościach uzyskać skutek agrotechniczny nie gorszy, a niekiedy nawet lepszy od skutku uzyskiwanego dobrymi narzędziami i maszynami pracującymi z dotychczasowymi prędkościami. W niektórych wypadkach, jak np. przy orce, podorywce lub siewie, nie jest to łatwo osiągnąć. Wreszcie trzeba również uzględnić ewentualne szybsze zużywanie się poszczególnych części roboczych współpracujących maszyn.

Omówię pokrótce sprawę pługów przeznaczonych do przyspieszonej orki, tzn. do orki wykonywanej z prędkością  $8 \div 10$  km/h. Na wstępie trzeba zaznaczyć, że takie korpusy pługów powinny również zadowalająco pod względem agrotechnicznym pracować z mniejszymi prędkościami ( $5 \div 6$  km/h).

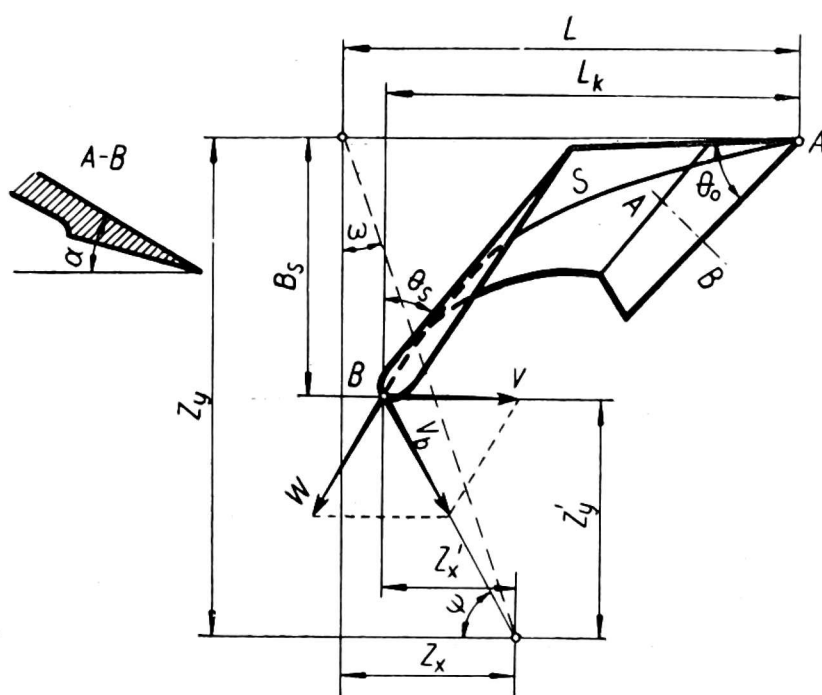
Przede wszystkim trzeba wyjaśnić, że dotychczasowymi naszymi standardowymi pługami można zazwyczaj orać z prędkością od 5 do 7 km/h, bez wywoływania ujemnych skutków agrotechnicznych. Przy większych prędkościach nie tylko znacznie wzrasta opór orki lecz, co ważniejsze, wyraźnie pogarsza się jej jakość. To pogorszenie przejawia się w zbyt dalekim odrzucie skiby, powodując częściowe odsłanianie dna bruzdy, nierównomierną głębokość spulchnionej warstwy roli i niewyrównaną jej powierzchnię, wreszcie nienależyte przykrycie przeorywanej roślinności warstwą roli. Stopień pogorszenia orki zależy oczywiście od rodzaju i stanu gleby. W każdym bądź razie dla orki z prędkością powyżej 7 km/h konieczne jest, ze względów energetycznych i agrotechnicznych, użycie specjalnych korpusów.

Teoretyczna wydajność pracy, jak wiadomo, jest iloczynem szerokości roboczej i prędkości, a więc przy zmiennych parametrach stanowi funkcję prostoliniową. Chcąc zatem utrzymać się przy stałej sile uciągu i zwiększonej prędkości, konieczne jest nie tylko odpowiednie zmniejszenie szerokości roboczej pługa, lecz również jego jednostkowego oporu ( $\text{kG}/\text{dcem}^2$ ). Tłumaczy się to tym, że ze zwiększeniem prędkości pługa



zwiększa się opór odkształcenia skib (opory skrawania i energia kinetyczna odrzuconej skrzydłem odkładnicy części skiby). Zmniejszenie zaś jednostkowych oporów z równoczesnym zadośćuczynieniem agrotechnicznym wymaganiom stwarza trudny problem dla konstruktora powierzchni roboczych pługa.

Jakość orki, jak również w pewnym stopniu wielkość oporów, zależą od wielkości przemieszczania masy skiby, a zwłaszcza od długości drogi wzdłużnego jej przemieszczania (rys. 3), a ta z kolei — od kąta  $\Theta_s$  ustawienia skrzydła odkładnicy. Poza tym powyższe wskaźniki zależą od wielkości kątów skrawania  $\Theta_o$  i przyłożenia lemiesza ( $\alpha$ ) oraz od ustawienia piersi odkładnicy (więcej lub mniej stromo). Zmniejszenie obu tych kątów powoduje wprawdzie zmniejszenie oporów pługa, lecz równocześnie osłabia dziób lemiesza, zwiększa gabaryty korpusu pługa oraz zmienia optymalne ustawienie jego powierzchni roboczej. Wynika zatem, że zmniejszenie obu tych kątów musi być ograniczone kosztem zwiększenia wytrzymałości lemiesza i oporów.



Rys. 3. Kierunki przemieszczenia skiby

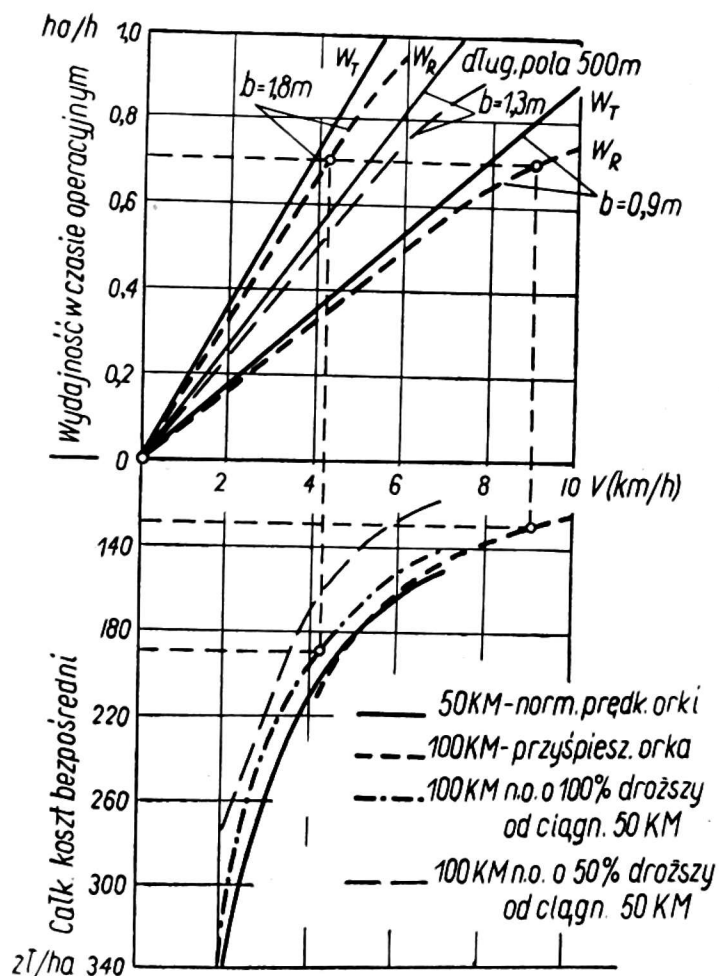
Dotychczasowe wyniki naszych badań, wskazują, że przy odpowiednim zmniejszeniu kątów  $\Theta_o$ ,  $\Theta_s$  i  $\alpha$  oraz odpowiednim skróceniu skrzydła można uzyskać takie same jednostkowe opory przy przyspieszonej orce, jakie dają dotychczas stosowane pługi orzące z prędkością 5 ÷ 6 km/h. Została zatem potwierdzona słuszność ogólnego wzoru podanego przez naszego pracownika, prof. dr Bernackiego, na współczynnik dynamicznego oporu pługa:

$$\varepsilon = \frac{\gamma}{g} \zeta (1 - \cos \Theta_s) \left[ \frac{\text{kG sek}^2}{\text{m}^4} \right]$$

gdzie:

- $\gamma$  — ciężar objętościowy gleby,
- $\zeta$  — współczynnik bezwymiarowy uwzględniający wpływ pozostałych parametrów kształtu powierzchni odkładnicy, jak również oporów tarcia.

Nadmierne zmniejszenie kąta  $\Theta_s$  i skrócenie długości odkładnicy powoduje jednak, jak wykazały nasze badania przeprowadzone z szeregiem doświadczalnych korpusów pługów, zmniejszenie kąta usypiskowego skiby oraz zwięźnienie otwartego dna bruzdy. Jest to niepożądany objaw, ponieważ w wąskim dnie bruzdy nie mieści się opona prawego napędzanego koła ciągnika. Poza tym im większa prędkość orki, tym wyżej jest unoszona skiba do góry na powierzchni odkładnicy. Przy wysokim



Rys. 4. Nomogram prędkości orki i kosztów jej wykonania:  $b$  — szerokość pługa

uniesieniu dolna część skiby traci kontakt z dnem bruzdy, wskutek czego obrót skiby jest bardzo utrudniony (dowolny). W rezultacie znacznie pogarsza się przyoranie roślin. Stwierdziliśmy, że wysokość unoszenia skiby jest mniejsza przy stromo ustawionych odkładnicach, a większa przy łagodnie ustawionej piersi odkładnicy. Widzimy zatem sprzeczność między zadośćuczynieniem warunkom agrotechnicznym, a warunkami zmniejszającymi opory. Jak zwykle w takich wypadkach trzeba na razie zadowolić się pewnym kompromisem.

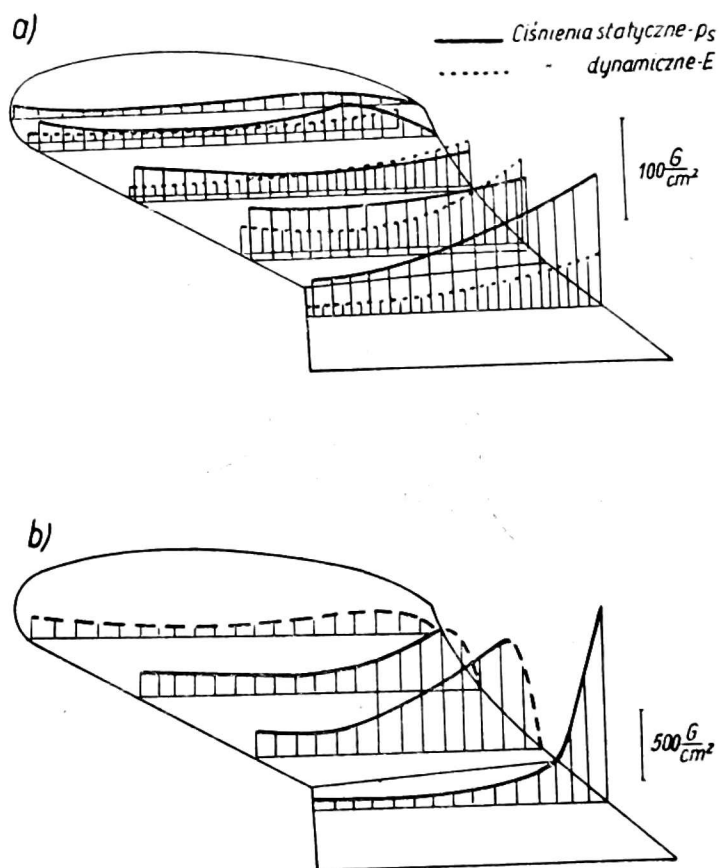
W wyniku naszych badań zostały opracowane wytyczne konstrukcyjne dla polskich szybkooszczędzających korpusów, które zadowalająco pra-

cują również przy mniejszych prędkościach orki. W końcu bieżącego roku przemysł maszyn rolniczych, w oparciu o nasze założenia, ma wyprodukować prototypy nowych korpusów pługów.

Na rys. 4 przedstawiono wykresnie zależności między prędkością orki, wydajnością pracy i kosztami orki dla dwu wariantów ciągnika ze 100-konnym silnikiem, w porównaniu z ciągnikiem 50 KM. Na tym wykresie łatwo można stwierdzić, że przy tej samej wydajności orki koszt pracy 3-skibowca orzącego z prędkością około 9 km/h jest niższy od kosztu orki wykonanej 6-skibowcem z prędkością około 4 km/h.

Ponieważ 3-skibowcem orzącym z prędkością około 9 km/h można uzyskać taką samą wydajność pracy, jaką uzyskuje się przy orce 4-skibowcem orzącym wolniej, więc na każdym pługu zaoszczędza się około 130 kG stali, a w skali PGR 6 000 ton.

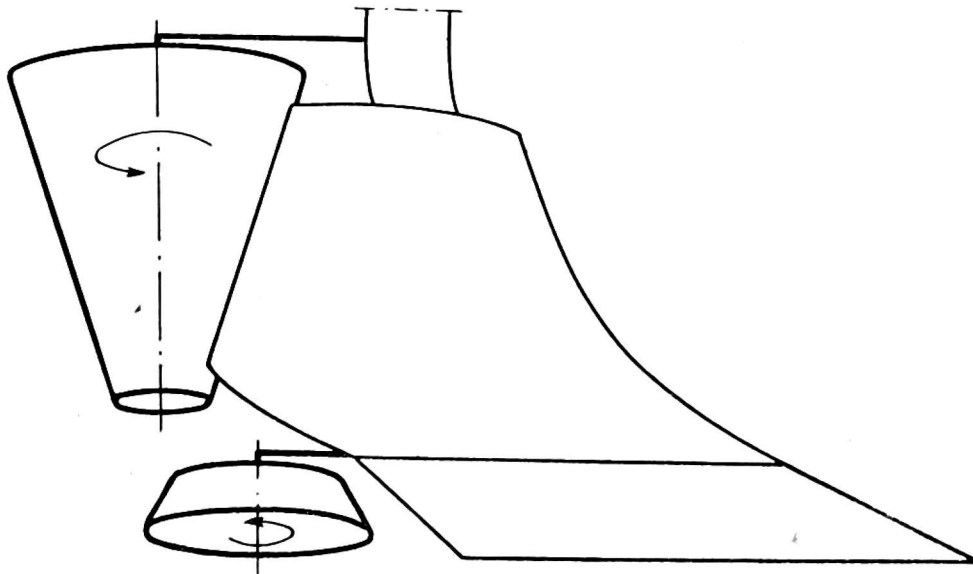
Korzyści uzyskane z powodu możliwości wykonania orki w optymalnych fizyko-mechanicznych warunkach gleby nie dadzą się określić złotówkami, pomimo że takie korzyści niewątpliwie istnieją.



Rys. 5. Rozkład ciśnień statycznych i dynamicznych wywieranych przez skibę na powierzchni odkładnicy pług: a) — w warunkach laboratoryjnych, b) — w warunkach polowych

Nasze laboratoryjne i polowe badania dotyczące wielkości i rozkładu statycznych i dynamicznych nacisków skiby na powierzchnię odkładnicy (rys. 5)(dr Pawlik) wykazały, że około 50% oporów, jakie musi pokonać korpus pług, przypada na tarcie skiby o powierzchnię odkładnicy. Z tego wypływa jasny wniosek, że w celu uzyskania dalszego zmniejszenia jednostkowych oporów trzeba przede wszystkim dążyć do zmniejszenia tarcia.

W wielu krajach poszukuje się sposobów zmniejszenia w pługach oporów tarcia. We Francji, np. próbowano zwilżać powierzchnię odkładnicy wodą. Uzyskano wprawdzie zmniejszenie współczynnika tarcia, jednak praktyczne zastosowanie jest połączone z tak dużymi trudnościami, że musiano zrezygnować z tego sposobu. Na Węgrzech inż. Szabo zastosował zamiast skrzydła odkładnicy obracający się stożkowy element (rys. 6). Poza tym tarcie posuwiste, występujące przy bocznym nacisku płozu na ścianę bruzdową, zastąpił tarciem potoczystym przez zastąpienie płaskownika stożkowym walcem obrotowym. W rezultacie uzyskał rzeczywiście zmniejszenie oporów pługa w granicach 10 do 20%. Można jednak mieć pewne wątpliwości czy takie zmniejszenie oporów jest bardziej opłacalne aniżeli zwiększenie kosztów wytwarzania narzędzia.



Rys. 6. Węgierski pług Szabo

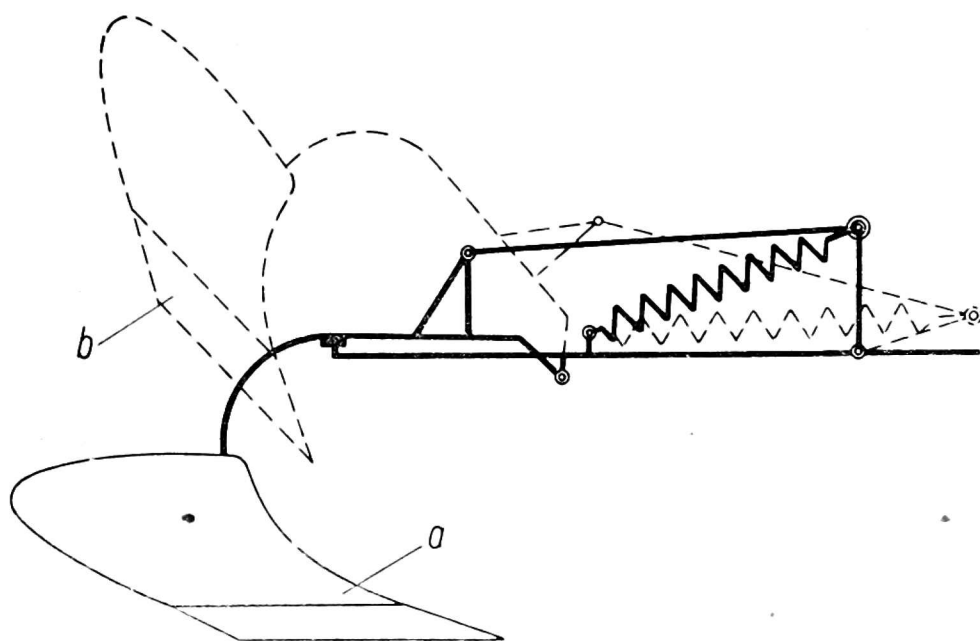
Można również szukać takich powłok pokrywających robocze powierzchnie pługa, które by z jednej strony znacznie zmniejszały współczynnik tarcia, z drugiej zaś były dostatecznie trwałe i tanie. Ewentualne zastosowanie zamiast części odkładnicy elementu lub elementów ruchomych, napędzanych wałkiem przekąźnikowym, również spowodują zmiany w agrotechnicznym efekcie, jak również w wielkościach oporów. Te i rozmaite inne metody muszą być, oczywiście, wszechstronnie zbadane. Jest tu duże pole do działania dla badaczy, koncepcyjnych konstruktorów i wynalazców.

Pługi przeznaczone do przyspieszonej orki muszą nie tylko mieć korpusy z powierzchniami roboczymi odpowiedniego kształtu i odpowiednio ustawione w przestrzeni, lecz ich konstrukcja musi uwzględniać działanie zwiększonych sił uderzenia narzędzia przy natrafieniu na kamień. W tym celu sposób połączenia korpusów z ramą powinien umożliwiać odchylenie ich do tyłu przy natrafieniu na kamień. Po



wyminięciu zaś przeszkody korpusy muszą z powrotem jak najszybciej przyjąć normalne położenie (rys. 7).

Przy wytrzymałościowych obliczeniach ramy pługa konstruktor powinien również uwzględnić zwiększenie działania samowzbudnych drgań narzędzia wywołanych zmiennymi oporami gleby i odpowiednio usztywnić ramę. To usztywnienie nie powinno być uzyskane kosztem zwiększenia wymiarów przekroji, a więc kosztem zwiększenia ciężaru pługa, lecz przez zastosowanie odpowiedniego materiału, odpowiednich przekroji (kształtówek) i sposobów połączeń poszczególnych części.



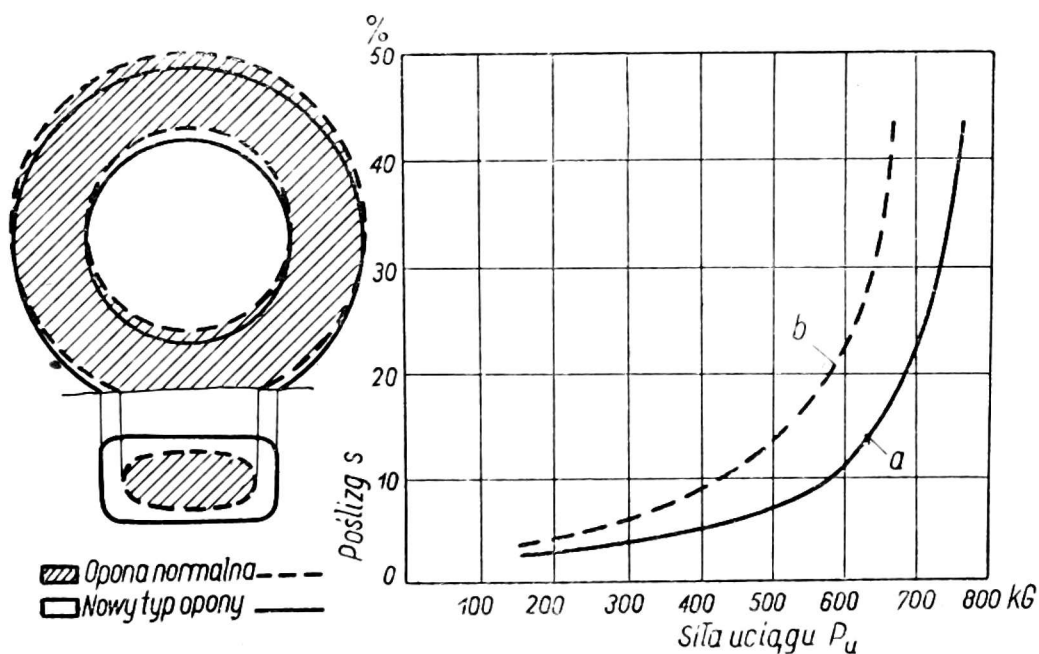
Rys. 7. Przykład połączenia korpusu pługa przeznaczonego do przyspieszonej orki: a) — położenie normalne, b) — położenie przy natrafieniu na przeszkodę

Równoległe z zagadnieniem oporów przyspieszonej orki wyłania się mało dotychczas zbadane zagadnienie polepszenia współpracy napędzanych kół ciągnika z podłożem. Tę współpracę określiłem nazwą przekładni glebowej. Wielkość współczynnika sprawności przekładni glebowej decyduje przecież o wielkości siły uciągu. Istnieją wprawdzie techniczne możliwości dwukrotnego zwiększenia przyczepności przez zastosowanie napędu na 4 koła lub zwiększenie o około 50% przy pomocy półgąsienic elastycznych zakładanych na opony tylnych kół ciągnika, jednak 4-kołowy napęd wydatnie podraża konstrukcję ciągnika, natomiast półgąsienice niszczą opony kół i podczas pracy częstokroć spadają, a elastyczne płytki półgąsienic szybko się zużywają.

Najbardziej obecnie rozpowszechnionym sposobem zwiększenia przyczepności tylnych kół ciągnika jest, jak wiadomo, dociążanie ich zawieszonym podczas pracy narzędziem, łącznie z ciężarem ziemi znajdującej

się na jego roboczych powierzchniach. W takim wypadku znika nacisk pługa na dno bruzdy, a prowadzenie narzędzia musi być przejęte przez ciągnik. Nie zawsze jednak ten sposób zapewnia dostateczną siłę obwodową na napędzanych kołach ciągnika (np. przy uprawach gleb lekkich, piaszczystych). Wiemy, że przyczepność kół nie tylko zależy od ich obciążenia pionowego, lecz również od wielkości płaszczyzny przylegania opony z podłożem.

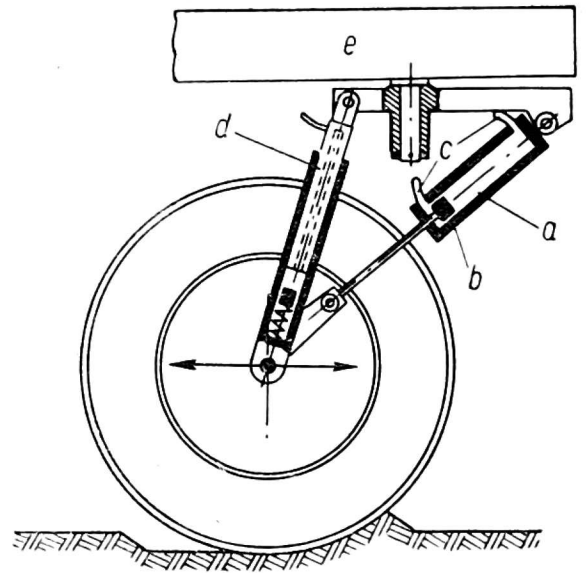
Ostatnio np. inż. Pirelli we Włoszech przedstawił nowy typ opony, w której zastosował w jej bocznych płaszczyznach jednokierunkowy układ kordonu z dodatkowymi nakładkami. Ta zmieniona opona ma większą powierzchnię przylegania do podłoża aniżeli tych samych wymiarów i tak samo obciążona opona normalna. W rezultacie uzyskano zwiększenie siły uciągu o około 20% (rys. 8).



Rys. 8. Opona Pirelli'ego: a) siła uciągu i wielkość poślizgu przy oponie Pirelli, b) — siła uciągu i wielkości poślizgu przy oponie normalnej

Gdy mowa o przyczepności kół z podłożem, warto wspomnieć o niemieckim (NRF) modelu ciągnika „kroczącego”. W tym ciągniku osie kół są osadzone na ramionach (rys. 9) wykonujących ruch wahadłowy do przodu. Podczas tego ruchu napędzające ramię 1 (układ hydraulicznego cylindra) zmienia, oczywiście, swą długość. Dla zapobieżenia kolejnym podnoszeniom i opuszczaniem ciągnika służy drugi układ hydrauliczny 2 o zmiennej amortyzacji. Gdy koło znajduje się w przednim skrajnym położeniu, wówczas jest ono zablokowane, a ruch tłoka do góry w cylindrze 1 powoduje przesunięcie ramy ciągnika do przodu. Po osiągnięciu przez zablokowane koło tylnego skrajnego położenia względem ramy, następuje automatyczne odblokowanie i koło ponownie przetacza się do przodu. Podany sposób poruszania się ciągnika jest analogiczny do poruszającego się człowieka krokiem posuwistym.

Z teorii przekładni glebowej wiadomo, że wielkość naprężeń ściskających  $\tau_{\max}$  zależy od ciśnienia pionowego  $p$ , działającego na glebę i od jej odkształcenia poziomego  $j$ .

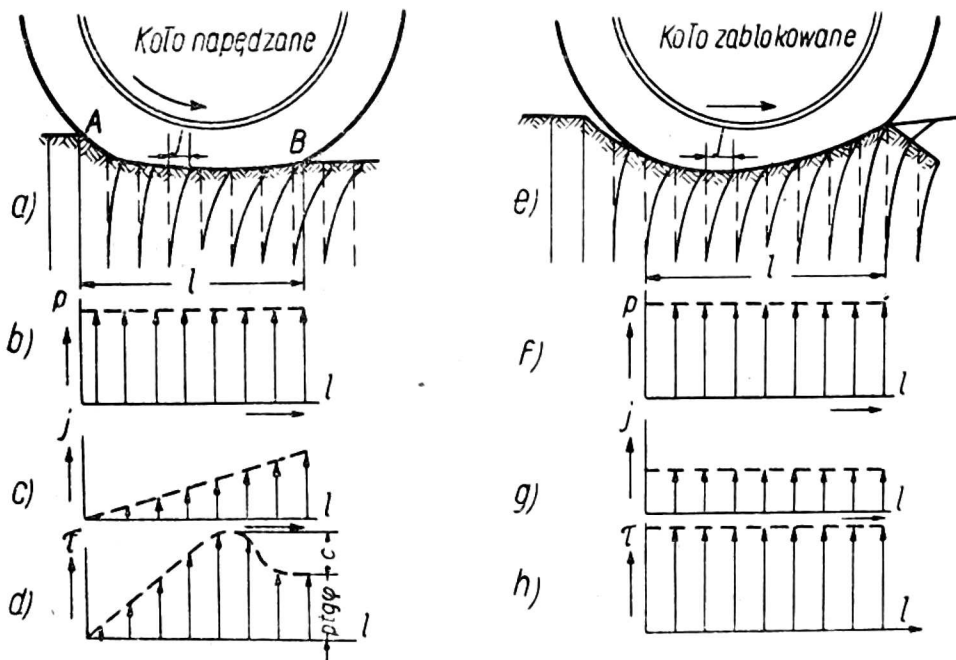


Rys. 9. Zasada działania ciągnika kroczącego:  
a) cylinder hydrauliczny napędzający; b) tłok; c) dopływ i odpływ oleju; d) cylinder hydrauliczny amortyzujący i wyrównujący położenie ramy ciągnika; e) rama ciągnika

Równanie Coulomba:

$$\tau_{\max} = C + p \operatorname{tg} \varphi_1;$$

$C$  — spójność;  $\varphi_1$  — kąt wewnętrznego tarcia gleby;  
wskazuje, że po pokonaniu spójności  $C$  naprężenia styczne raptownie maleją.



Rys. 10. Porównanie odkształcenia podłoża przy kole obracającym się i kole zahamowanym

Podczas ruchu koła napędzanego (rys. 10) poszczególne elementy jego powierzchni kolejno wchodzi w styczność z podłożem, wywołując coraz większe odkształcenia poziome ( $j$ ). Równocześnie zwiększają się stopniowo naprężenia styczne, a po osiągnięciu pewnych maksymalnych

wielkości, zależnych od rodzaju i stanu gleby oraz od czynnej długości, opory  $l$  maleją.

Przy kole zablokowanym wszystkie punkty czynnej powierzchni koła jednocześnie kontaktują się z glebą i odkształcenie jej wszystkich pasm pionowych jest mniej więcej jednakowe. Wskazuje to na szybki wzrost stycznych naprężeń. Z chwilą ścięcia gleby albo nie występuje spadek naprężeń stycznych, lub ten spadek jest niewielki, ponieważ przed przesuwającym się kołem tworzy się klin glebowy, który zwiększa wytrzymałość gleby.

Doświadczalny model był zbudowany jako 6-kołowy pojazd o przeciwbieżnych ruchach „kołowych nóg”.

Tak zwiększona przyczepność kół pozwoliła uzyskać  $P_k : G = 1$  ( $P_k$  — siła na obwodzie koła;  $G$  — obciążenie koła). Taka wielkość jednostkowej siły jazdy nie da się osiągnąć w normalnych kołowych ciągnikach.

Nie wiadomo, czy omawiany sposób napędu elementów jezdnych będzie opłacalny i czy przy jego zastosowaniu uzyska się potrzebne prędkości dla prac rolniczych. Chodziło jedynie o podanie przykładu jednego z nowych rozwiązań konstrukcyjnych mających na celu zwiększenie przyczepności kół z podłożem.

Sprawa przyspieszenia pracy innych narzędzi służących do popłużnej uprawy, jak np. kultywatorów, bron talerzowych lub rozmaitego rodzaju wałów, jest znacznie prostsza i łatwiejsza do rozwiązania.

Przy pracy ze zwiększoną prędkością (około 12 km/h) zwykłymi dotychczasowymi kultywatorami opór ich łap wprawdzie zwiększa się, lecz nie tak znacznie jak przy pługach. Natomiast częstokroć pogarsza się równomierność głębokości spulchnienia. Poza tym można zaobserwować wyciąganie na powierzchnię roli wilgotnych bryłek ziemi z dolnych warstw, co jest nader niepożądane (szkodliwe wysuszenie roli). Wreszcie przy zwiększonej prędkości dotychczasowe łapy nie podcinają należycie wszystkich chwastów.

W ZSRR zastosowano nowy typ łap z dwustronnymi nożami o odpowiednich kątach  $2\gamma$  rozwarcia ostrzy. Najlepsze wyniki pracy i najmniejsze opory uzyskano przy  $2\gamma = 50 \div 60^\circ$ . Kultywator z takimi zębami pracował zadowalająco z prędkością 12  $\div$  13 km/h. Stwierdzono, że ze zmniejszeniem szerokości  $b$  zęba zmniejsza się opór gleby, co jest zupełnie zrozumiałe. Natomiast trudno sobie wytłumaczyć, dlaczego opór zmniejszał się również przy zwiększeniu kąta rozwarcia ostrzy. Przecież wiadomo, że wówczas prędkość ślizgowego cięcia  $v$ , zmniejsza się, co utrudnia podcinanie gleby i korzeni chwastów.

Ponieważ kultywátorem o szerokości roboczej 2,5 m, poruszającym się z prędkością około 10 km/h, można uzyskać taką samą wydajność



pracy (ha/h) jak kultywatorem o szerokości roboczej 4 m, pracującym z prędkością  $5 \div 6$  km/h, więc uzyskuje się oszczędność około 150 kG stali na każdym narzędziu. W skali całego naszego rolnictwa, a nawet tylko w skali PGR, daje to poważne oszczędności materiału.

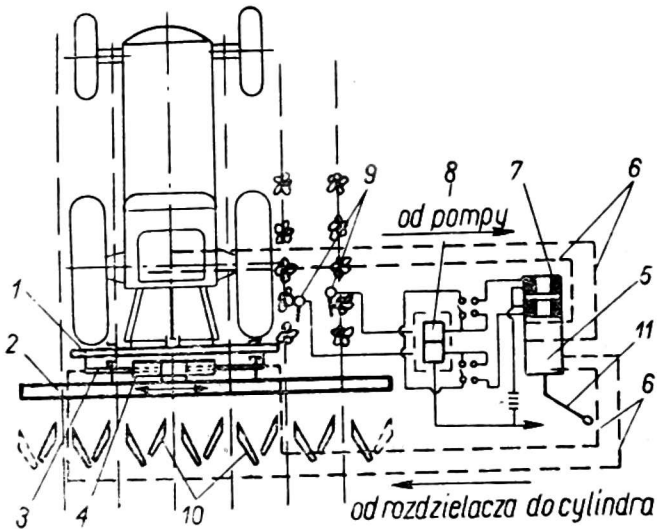
Przyspieszenie pracy bron talerzowych (sferycznych) z  $5 \div 6$  km/h do  $9 \div 10$  km/h powoduje zbyt energiczne odrzucanie skibek na bok. W rezultacie są odsłonięte dna bruzd tworzonych przez dwa sąsiednie wewnętrzne środkowe talerze. W celu uniknięcia tego mankamentu trzeba zmniejszyć kąt ustawienia talerzy z  $35 \div 40^\circ$  do  $24 \div 30^\circ$  oraz zmniejszyć odległości między poszczególnymi sąsiednimi talerzami. Taka zmiana nie tylko polepsza jakość pracy przy zwiększonej prędkości lecz również zmniejsza przyrost oporów.

Przymując, jak poprzednio, jednakową wydajność pracy dla szerszej i węższej brony pracujących z różnymi prędkościami, uzyskuje się około 150 kG oszczędności stali dla jednego narzędzia.

O ile przy przyspieszonych popłużnych pracach zadośćuczynienie agrotechnicznym wymaganiom nie nastęrcza dużych trudności, to przy międzyrzędowych uprawach buraków wypielaczami sprawa jest już bardziej skomplikowana. Trzeba pamiętać, że dla zniszczenia jak największej ilości chwastów rosnących w międzyrzędziach końce noży podżynaczy powinny pracować możliwie jak najbliżej rzędów buraków. Niewielkie odchylenia na boki podżynaczy ( $2 \div 3$  cm) mogą łatwo spowodować wycięcie buraków na dłuższych lub krótszych odcinkach. Powtarzające się od czasu do czasu boczne odchylenia organów roboczych wypielacza mogą spowodować ogromne szkody. Toteż kierowanie wypielaczami wymaga ze strony traktorzysty lub robotnika (załcznie od miejsca zawieszenia wypielacza na ciągniku) stałej uwagi i szybkiego refleksu, co jest oczywiście męczące. Z tego powodu robocza prędkość wypielaczy jest stosunkowo mała ( $v_m = 3 \div 3,5$  km/h). Wprawdzie z obu stron każdego wypielającego organu są najczęściej umieszczone tarcze ochronne, lecz takie zabezpieczenie nie gwarantuje zboczenia podżynaczy przy szybkiej pracy i jednoosobowej obsłudze, zwłaszcza przy niezbyt starannym zasianiu.

Wykonanie międzyrzędowej uprawy w należytym i krótkim czasie ma specjalnie ważne znaczenie dla rozwoju buraków. Toteż zwiększenie wydajności pracy jest bardzo pożądane. Ponieważ szerokość robocza wypielacza powinna być dostosowana do szerokości roboczej siewnika, którym został wykonany poprzedzający siew, więc zwiększenie wydajności pracy przez poszerzenie narzędzia jest, praktycznie biorąc, niemożliwe. Pozostaje zatem jedynie zwiększenie prędkości roboczej. Jest to jednak możliwe tylko wówczas, gdy zastosuje się automatyczne kierowanie organami roboczymi. Obecnie w światowej technice rolniczej

pojawiły się rozmaite układy automatycznego kierowania przy zastosowaniu najczęściej układów elektro-hydraulicznych. Jako przykład przedstawiono takie automatyczne kierowanie na rys. 11. W tym urządzeniu zadanie czujników spełniają 2 pręty uniesione nad powierzchnią pola i ustawione w pobliżu dwu środkowych rzędów buraków. Z chwilą gdy jeden z czujników dotyka rośliny, obwód prądu zostaje zamknięty przez roślinę, ziemię i ramę maszyny. Zwiększony przez wzmacniacz impuls powoduje otwarcie elektromagnesem dopływu oleju przez odpow-



Rys. 11. Przykład zastosowania elektrohydraulicznej automatyzacji przy wycielaczu

- 1) belka rurowa zawieszona lecz sztywno połączona z ciągnikiem; 2) belka narzędziowa; 3) tłoczek; 4) cylinder hydrauliczny; 5) rozdzielacz hydrauliczny; 6) przewody hydrauliczne; 7) elektromagnes; 8) wzmacniacz prądu wykonany na półprzewodnikach; 9) czujniki prętowe; 10) noże pielące; 11) ręczne sterowanie

wiedni przewód hydrauliczny do cylindra z tłokiem, zmuszając do przesunięcia się tego ostatniego w jedną lub drugą stronę. Ważny jest dobór odpowiedniej odległości ustawienia czujników względem ostrzy pielących noży. Wyprzedzenie działania czujników jest bowiem niezbędne dla uzyskania należytego czasu w celu pokonania bezwładności ruchomej masy wycielacza.

W omawianym przykładzie automatyczne kierowanie wymaga dostatecznie wyrosniętych buraków, które stanowią już wystarczające oparcie dla czujników. Z tego powodu przy pierwszym pieleniu, gdy buraczki są jeszcze małe, sterowanie musi odbywać się ręcznie, przy pomocy zewnętrznego układu hydraulicznego, a do sterowania musi być zatrudniony dodatkowy robotnik. Pierwsze pielenie musi być zatem wykonane z normalną, a więc małą prędkością.

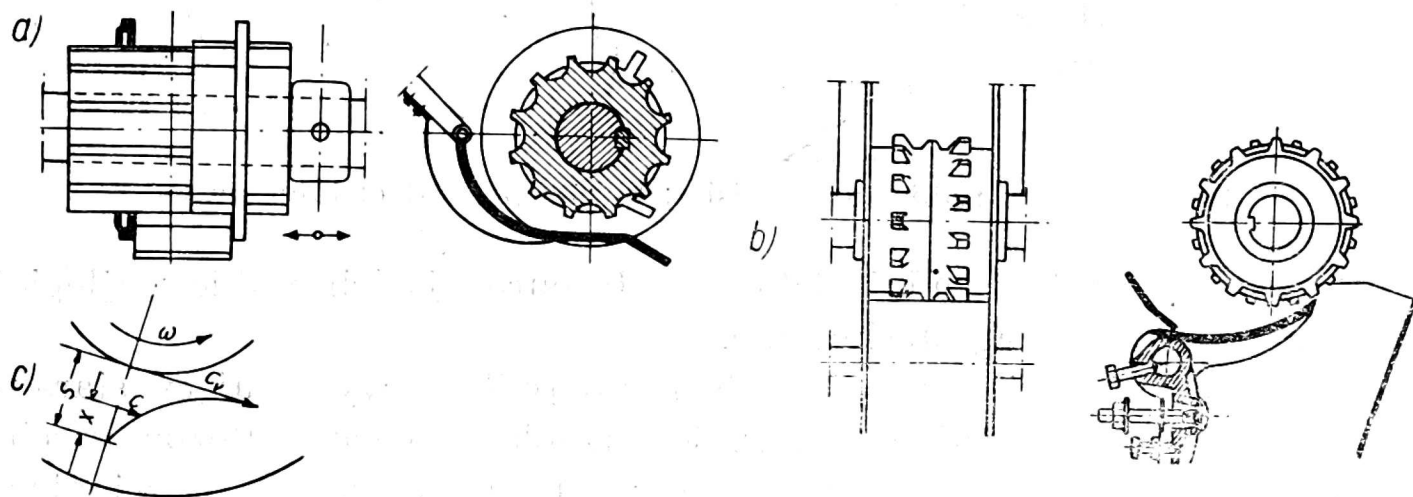
Zastosowanie takiej automatyki pozwala na zwiększenie prędkości agregatu przy drugim i trzecim pieleniu do 8 km/h, co zwiększa dwukrotnie wydajność pracy, przy zachowaniu jednoosobowej obsługi.

Elektro-mechaniczna lub elektro-hydrauliczna regulacja jest stosunkowo droga i wymaga umiejętnej obsługi. Znacznie prostsze i tańsze jest zastosowanie odpowiedniego kroju przy precyzyjnym siewniku, który pozostawia wyraźny rowek. Przymocowany następnie do wycielacza ten sam krój stanowi element sterujący, którego prowadnicą jest rowek. Jednak, jak wykazały nasze badania, jeżeli w okresie między siewem a pieleniem wypadną częste lub obfite deszcze, wówczas rowek

znacznie się zwięża i zamula, nie spełniając zadania prowadnicy. Poza tym trudno jest tak wycelować, aby krój od razu trafił w rowek.

Obecnie w NRF produkuje się korpusy obsypników pozwalające na pracę z prędkością do 8 km/h.

Zwiększenie prędkości rzędowych siewników do 16 ÷ 20 km/h nie nastęrcza żadnych trudności jeśli chodzi o zachowanie prawidłowego działania żłobkowanego (syst. Hooziera) lub kołeczkowego (syst. Siederslebena) zespołu wysiewającego (rys. 12). Proces przesuwania syp-



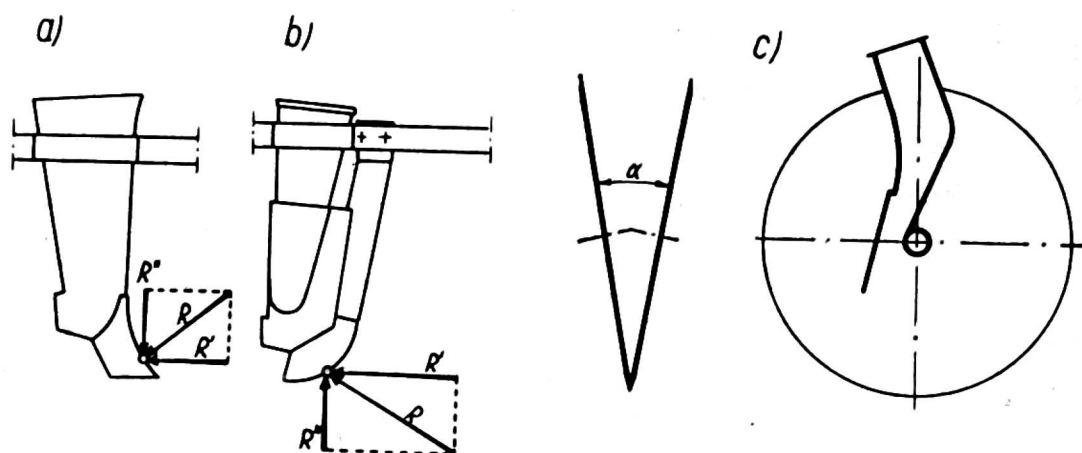
Rys. 12. Zespoły wysiewające w siewnikach rzędowych:

a) systemu Hooziera; b) systemu Siederslebena; c) rozkład prędkości wygarnianych nasion

kich mas, jakie stanowią ziarna nasion, podlega tak nieznacznym zmianom przy zwiększonych obrotach wysiewających wałków, że te zmiany nie mają żadnego praktycznego znaczenia. Przy takich obrotach zachodzi nieco większy poślizg nasion względem wygarniających powierzchni, jak również zwiększa się poślizg kół siewnika, wskutek czego zmniejsza się nieco (1 ÷ 1,5%) ilość wysiewanego materiału na jednostkę powierzchni pola. Stwierdziłem to przy przedwojennych badaniach siewników. Inaczej wygląda sprawa działania redlic. W europejskim typie redlic (rys. 13) pionowa składowa chwilowej reakcji znacznie zwiększa się ze zwiększeniem prędkości przy natrafieniu nawet na niewielkie przeszkody, jak np. kamyczki, grudki ziemi i inne. W rezultacie redlice „podskakują” do góry powodując znaczne spływanie bruzdek redlicznych lub wysypywanie się nawet nasion na powierzchnię roli. Temu nader niepożądanemu zjawisku można zapobiec przez zastosowanie sprężyn dociskających poszczególne dźwignie redliczne. W celu zaś niedopuszczenia do zbyt dużego zagłębiania się redlic w wypadku trafienia na bardziej spulchnioną rolę, lub przy zetknięciu się z wypukłością na powierzchni pola (nawet niewielką), można stosować elementy ograniczające zagłębienie redlic (np. ustawione przed redlicami nastawne rolki lub płozy). Te dodatkowe środki nie zapewniają jednak zazwyczaj w praktyce takiej równomierności głębokości ułożenia nasion, jaką



uzyskuje się przy normalnej prędkości jazdy ( $7 \div 8$  km/h), przy założeniu, że rola jest należycie przygotowana pod siew.



Rys. 13. Typy redlic: a) rosyjska; b) europejska; c) talerzowa

Poza tym należy zbadać, jaki kształt europejskich redlic najlepiej spełnia wymagania agrotechniczne.

W Związku Radzieckim europejski typ redlicy, wymagający starannego przygotowania roli pod siew, jest rzadko używany. Rozpowszechnione są tam redlice talerzowe lub radełkowe (rys. 13). Rozcinające działanie pierwszych łatwo pokonuje opory roli, drugie zaś, ze względu na odwrotny kierunek pionowej składowej reakcji przy natrafieniu na kamyk, podnoszą go do góry i nie spływają bruzdki redlicznej.

Badania radzieckie wykazały, że przy przyspieszonym siewie najlepiej spełniają agrotechniczne warunki talerzowe redlice o średnicy około 330 mm, przy czym kąt zbieżności talerzy powinien wynosić  $6^\circ$  (zamiast dotychczasowego  $10 \div 12^\circ$ ). Przy takim kącie opory zmniejszyły się o  $18 \div 20\%$ .

Przy jednakowej wydajności pracy lecz różnych prędkościach na każdym siewniku można zaoszczędzić około 400 kg materiału.

Zwiększenie prędkości siewników nawozowych rzutowych do 12 km/h również nie nastęca trudności. Natomiast zwiększenie prędkości siewników precyzyjnych, jednoziarnkowych do siewu preparowanych nasion buraków, nasion kukurydzy i innych, poruszających się z prędkością około 4 km/h, nastęca poważne trudności konstrukcyjne.

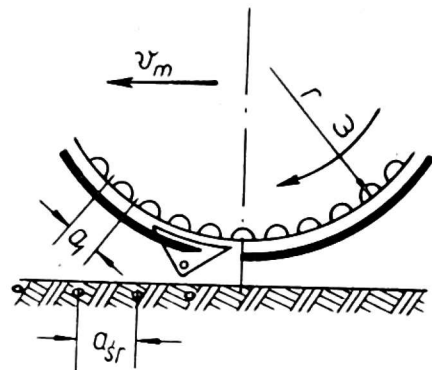
Prędkość  $v_m$  maszyny (rys. 14), posiadającej komórkową tarczę wysiewającą, wyraża się następującym wzorem:

$$v_m = \frac{\pi r \cdot n}{30} \cdot \frac{a_{sr}}{a_1}$$

- gdzie:  $r$  — promień tarczy;  
 $n$  — liczba obrotów tarczy;  
 $a_{sr}$  — średnia odległość między nasionami w rzędzie,  
 $a_1$  — podział między komórkami.



Powyższy wzór wskazuje, że zwiększenie prędkości roboczej jest możliwe przez zwiększenie  $r$ ,  $n$  i  $a_{sr}$  oraz przez zmniejszenie  $a_1$ . Zwiększając  $r$  i  $n$  zwiększa się prędkość obwodowa komórkowego koła, a tym samym zmniejsza się prawdopodobieństwo wypełnienia wszystkich



Rys. 14. Przykład elementu wysiewającego siewnika precyzyjnego

komórek nasionami. Zmniejszenie zaś  $a_1$  jest ograniczone wymiarami nasion. Pozostaje jedyna możliwość zwiększenia  $a_{sr}$  czyli rzadszego siewu nasion. Może to być jednak dość ryzykowne ze względu na ewentualne szkodniki. Poza tym dla zwiększenia  $a_{sr}$  zespoły wysiewające muszą być napędzane wałkiem przekątnikowym (niezależnym). Analogicznie przedstawia się sprawa przy taśmowych zespołach wysiewających.

Odnosi się to również do sadzarek ziemniaków i rozsąd. Przy dotychczasowych rozwiązaniach konstrukcyjnych sadzarek ziemniaków zwiększenie prędkości maszyny powoduje niedopuszczalne zwiększenie przepustów. Większa bowiem prędkość chwytaków powoduje, że nie wszystkie zdążą chwycić sadzeniak, nawet przy poprzednim starannym wysortowaniu ziemniaków. Co się tyczy sadzarek rozsąd, to pomimo usilnych starań konstruktorów nie zdołano dotychczas zbudować maszyny, która by mogła bez szkody dla jakości pracy poruszać się szybciej aniżeli 1,5 ÷ 3 km/h (zależnie od odległości w rzędach).

Inną czynność, której przyspieszenie wykonania jest nader ważne dla zwiększenia produkcji i polepszenia jej jakości, stanowi koszenie traw i zielonek.

Obecnie w technice rolniczej używa się do cięcia źdźbeł, jak wiadomo, czterech zasadniczych rodzajów mechanizmów: nożycowy, rotacyjny poziomy, rotacyjny pionowy (bijakowy) i bębnowy. Ponieważ przy rotacyjnym poziomym prędkość maszyny wyraża się:

$$v_m = \frac{h \cdot n}{15}$$

gdzie

$h$  — wysokość nożyków;

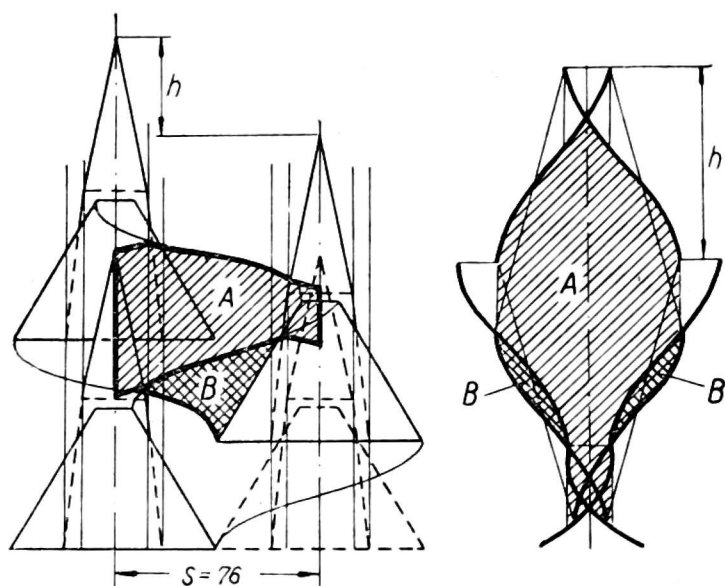
$n$  — liczba obrotów nożyków;

więc zwiększając  $n$  można uzyskać dowolnie dużą prędkość roboczą, a tym samym wydajność pracy. Jednak obracające się tarcze z nożami źle dostosowują się do nierówności powierzchni łąk i z tego powodu nie da się nimi dostatecznie nisko ścinać trawy lub zielonki.

Prędkość robocza maszyny z bijakowym mechanizmem tnącym jest ograniczona dużymi siłami odśrodkowymi bijaków, dużymi oporami wentylacji oraz rozbijaniem roślin na miazgę.

Bębnowe zaś kosiarki polowe są ciężkie, a zwiększone obroty bębnowych powodują łatwe uszkodzenie noży przy natrafieniu na kamień lub inną przeszkodę.

Agrotechnicznym wymaganiom najlepiej odpowiadają nożycowe zespoły tnące.



Rys. 15. Teoretyczne pole cięcia:  
 a) normalny zespół tnący; b) bezpalcowy dwulistwowy zespół tnący; A) pole cięcia przy pojedynczym przebiegu ostrza nożyka; B) pole cięcia przy podwójnym przebiegu ostrza nożyka; h) przesuw zespołu tnącego w ciągu jednego skoku nożyków

Przy użyciu dotychczasowych zespołów tnących prędkość kosiarek jest ograniczona koniecznością zachowania optymalnego stosunku  $K = (v_{noży})_{\text{śr}} : v_{\text{mas}} \approx 1,5$ . Przy zwiększeniu tylko prędkości kosiarki żdźbła trawy przed ścięciem są znacznie pochylone, wskutek czego zwiększa się wysokość pozostawionego ścierniska, a przez to zwiększa się strata zielonej masy. Poza tym występuje częste zapychanie zespołu tnącego. Przy odpowiednim zaś zwiększeniu średniej prędkości nożyków zwiększa się bezwładność ruchomych mas, co łatwo powoduje łamanie targańca. Prócz tego zwiększa się możliwość łamania nożyków przy natrafieniu na kamień lub inne twarde ciało. Amerykanie próbowali wprowadzić zastosować nową konstrukcję mimośrodowego napędu z przeciwwagą, który pozwalał na rozwinięcie prędkości roboczej kosiarki do 20 km/h i więcej przy zachowaniu należytego  $K$ , jednak okazało się, że zastosowane łożysko igłowe szybko się zużywa z powodu niewielkiego łuku obrotu czopa. W rezultacie amerykański przemysł maszyn rolniczych nie korzysta z nowego rozwiązania napędu. Dopiero gdy przed paru laty pojawił się bezpalcowy dwulistwowy zespół tnący, powstały realne możliwości zwiększenia prędkości kosiarek.

W naszym Instytucie zbudowano model dwulistwowego zespołu tnącego, do napędu którego po raz pierwszy w technice rolniczej zastosowano zespół składający się z dwu tarcz wahliwych (doc. Roman Fąfara). Przeprowadzono teoretyczną analizę działania tego zespołu i napędu, a następnie zbadano jakość cięcia w warunkach laboratoryjnych i polowych. Uzyskane wyniki wykazały, że kosiarka z omówionym modelem zespołu tnącego może z powodzeniem pracować z prędkością 12 ÷ 15 km/h, a straty zielonej masy są mniejsze aniżeli przy pracy dotychczasowymi kosiarkami poruszającymi się z „normalną” prędkością ( $v = 8$  km/h, z powodu mniejszych odchyień poszczególnych źdźbeł trawy). Mało tego — dwulistwowe zespoły nie zapychają się i mogą pracować na kamienistych łąkach, ponieważ kamienie z łatwością wysmykują się z ostrzy nożyków. Dzięki zrównoważeniu sił bezwładności nie występują szkodliwe drgania ani w maszynie ani też w ciągniku.

Można przypuszczać, że zastosowanie dwulistwowego zespołu tnącego w silosokombajnach również pozwoli na zwiększenie roboczej prędkości przynajmniej o około 50%. Należy jednak zaznaczyć, że zwiększona prędkość silosokombajnu wymaga odpowiedniego zwiększenia wydajności siewkarni, a tym samym zwiększonego poboru mocy.

Zwiększenie roboczej prędkości pras zbierających nie wymaga wprowadzenia funkcjonalnych zmian, natomiast wymaga dostosowania prędkości obwodowej podbieracza, a zatem wałka przekładnikowego, którego obroty są uzależnione od prędkości ciągnika. W prasach zaś wysokiego zgniotu, a więc pracujących z suwliwym lub wahliwym tłokiem trzeba uwzględnić zwiększoną bezwładność ruchomych mas.

Prędkość robocza kombajnu zbożowego jest ściśle uzależniona od gęstości zboża, od jego stanu (zboże stojące lub wyległe), oraz od reliefu łąnu. Im gęstsze zboże, to zn. im większy plon, tym prędkość poruszania się danego kombajnu o danej przepustowości zespołu młocącego (kG/sek) musi być mniejsza, a tym samym tym mniejsza wydajność pracy wyrażona w ha/h. Z drugiej zaś strony tym mniej potrzeba energii na wymłócenie jednego kwintala ziarna (KM/q). Zwiększenie roboczej prędkości kombajnu może mieć zastosowanie tylko przy zwiększonej przepustowości zespołu młocącego, która z kolei zależna jest od szerokości roboczej szczeliny, liczby obrotów konstrukcji bębna.

Zastosowanie automatycznej zmiany zasilania zespołu młocącego nie tylko polepsza warunki pracy kombajnu lecz również powoduje samoczynne dostosowanie prędkości roboczej maszyny do chwilowych zmian stanu zboża. W rezultacie uzyskuje się zwiększenie wydajności pracy kombajnu.

Zwiększenie prędkości roboczej kombajnu do zbioru ziemniaków również nastęrcza poważne trudności. Jakość bowiem separacji ziemniaków znacznie pogarsza się ze zwiększeniem ilości materiału podawanego do maszyny w jednostce czasu. Ponieważ technika dotąd nie dała rolnictwu kombajnu pracującego bez zastrzeżeń w rozmaitych warunkach glebowych nawet przy małej roboczej prędkości ( $v = 2 \div 4$  km/h), więc nader problematyczna jest możliwość zwiększenia prędkości tej maszyny.

W zasadzie dotyczy to również kombajnów do zbioru buraków, chociaż w tym wypadku zastosowanie automatycznego kierowania może umożliwić nieznaczne zwiększenie prędkości roboczej.

Przyspieszenie niektórych prac maszynowych, jak np. rzędowego siewu, międzyrzędowych upraw, koszenia i innych bezwzględnie wymaga od użytkowników starannego przygotowania roli i nasion, dokładnego wykonania siewu, odchwaszczenia pól i łąk. Słowem — wysokiego poziomu agrotechnicznego. Bez dopełnienia tych warunków najlepiej skonstruowana i wykonana maszyna nie będzie pracować zadowolająco.

Na zakończenie trzeba poruszyć nader ważną sprawę, która decyduje o możliwościach stosowania większych prędkości roboczych. Chodzi o zdrowotność kierowcy ciągnika i ułatwienie w obserwacji pracy organów roboczych. Jak wykazały lekarskie badania wielu traktorzystów w NRD, niemal wszyscy kierowcy, przy dotychczasowych roboczych prędkościach, mieli poważnie obsunięty żołądek, a wielu — również nerki. Przy zwiększonych prędkościach amplituda i częstotliwość wstrząsów, oczywiście, zwiększają się, powodując znaczne pogorszenie warunków pracy traktorzysty. Przy obecnym rozwiązaniu konstrukcyjnym siodełek traktorzysty albo w ogóle nie będzie mógł pracować, lub szybko wykończy się zdrowotnie. Dlatego też podstawowym warunkiem możliwości zwiększenia roboczych prędkości jest albo taka konstrukcja siodełka, która wydatnie zamortyzuje wstrząsy i zmniejszy ich częstotliwość, lub też umieszczenie traktorzysty poza ciągnikiem. W tym ostatnim wypadku musiałoby być zastosowane zdalne kierowanie agregatem. IMER ma zamiar wystąpić z inicjatywą do przemysłu o opracowanie modelu siodełka znacznie łagodzącego wstrząsy, a po wszechstronnym zbadaniu, łącznie z Instytutem Medycyny Pracy i Higieny Wsi w Lublinie, wysunąć żądanie stosowania ulepszonych siodełek w przyszłych polskich ciągnikach.

Co się tyczy ułatwienia obserwacji, to zależy ono od wielkości kąta, pod którym oko ludzkie obejmuje odcinek działania organów roboczych. Wielkość zaś wspomnianego kąta obserwacji zależy od miejsca i sposobu zawieszenia organów roboczych na ciągniku.