

JACEK GĘDZIOR, BOLESŁAW WACHACKI

**Badania wielkości oporów
występujących przy bezwiórowym
siłowym cięciu drewna sosnowego
nożem płaskim**

Исследования над величиной сопротивлений выступающих
при безстружечном силовом резании древесины плоским резцом

Examination of quantity of resistances occurring at sawdustless
forced cutting of raw wood with flat knife

1. CEL I ZAKRES BADAŃ

Praca jest częścią przeprowadzonych przez autorów badań nad zagad-
niem bezwiórowego, siłowego cięcia drewna. Celem generalnym tych
badań było uzyskanie podstawowych technicznych danych dotyczących
procesu bezwiórowego cięcia drewna sosny zwyczajnej, w zastosowaniu
do przerzynki. Dane te, ze szczególnym uwzględnieniem uszkodzeń
drewna, mogą stanowić główne informacje wyjściowe do skonstruowa-
nia dla praktyki leśnej urządzenia tnącego.

Celem szczegółowym pracy było:

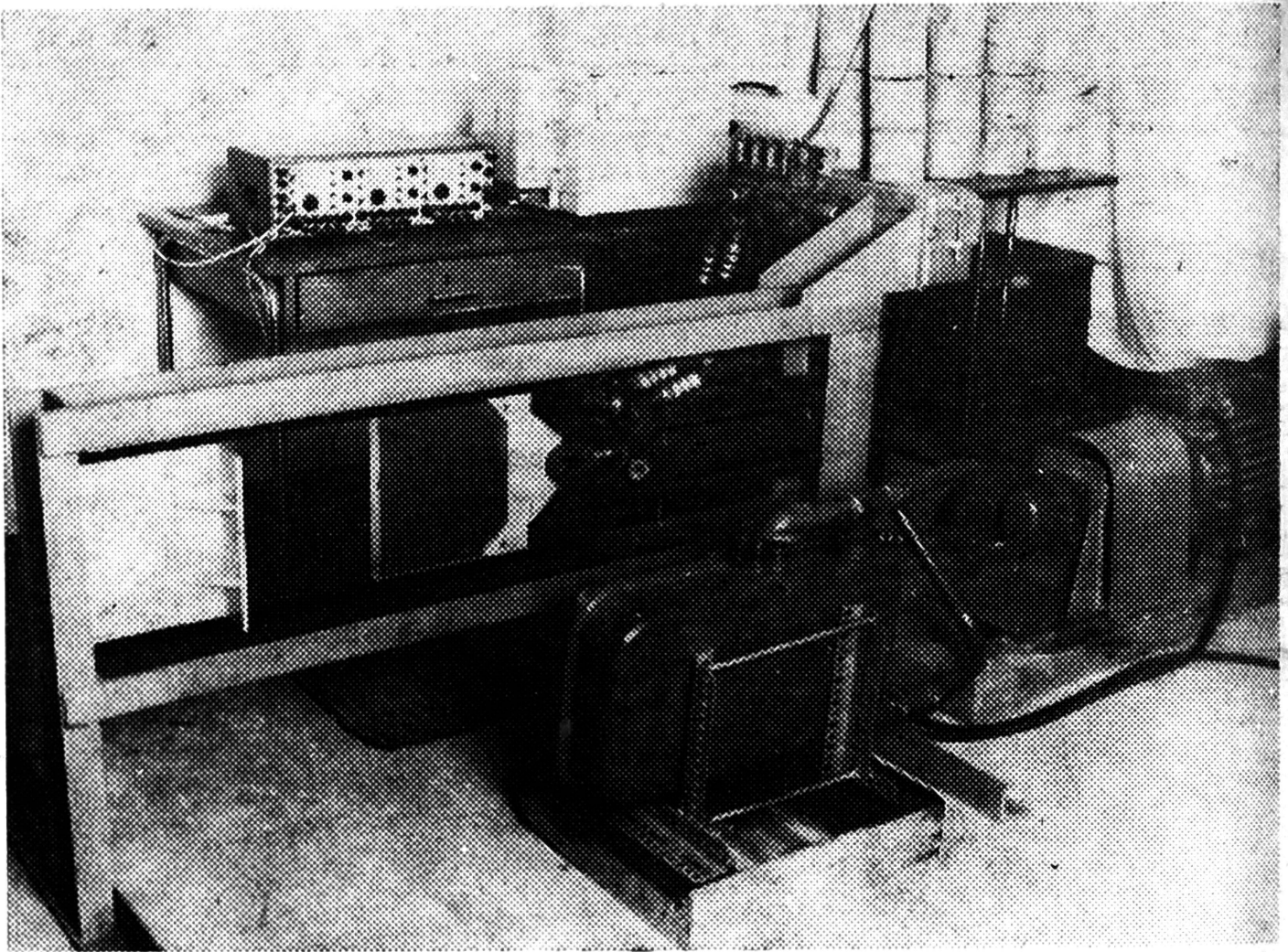
- 1) poznanie zależności między średnicą przecinanego drewna a wiel-
kością maksymalnej siły tnącej,
- 2) określenie wpływu wielkości kąta ostrza noża na wielkość siły po-
trzebnej do siłowego cięcia drewna,
- 3) określenie wpływu grubości noża na wielkość tej siły,
- 4) zbadanie wpływu zastosowania kontrnoża o takich samych para-
metrach grubości i kąta ostrza jak główny nóż tnący na wielkość siły
tnącej.

Niekorowane dłużyce sosnowe o średnicy w grubszym końcu równej
25 cm przecinano w poprzek włókien, średnio co 40 cm, od wierzchołka
do odziomka.

2. METODYKA

a) Opis urządzenia badawczego

Badania przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na specjalnie
do tego celu skonstruowanym urządzeniu gilotynowym przedstawionym
na ryc. 1.



Ryc. 1. Urządzenie badawcze do bezwórowego przecinania drewna

Do ramy przykręcone były dwie prowadnice, w których poruszała się ślizgowo ramka z wymiennym nożem tnącym, przymocowana do tłoczyska cylindra hydraulicznego. W prowadnicach tych mocowano także przypór lub odpowiedni kontrnoż. Roboczą część przyporu stanowiła płaska płytko o wymiarach 200×250 mm, ustawiona prostopadle do płaszczyzny ruchu noża. W części środkowej tej płytki znajdowała się pionowa szczelina o szerokości 13 mm, do której wchodziło ostrze noża w końcowej fazie cięcia.

Do napędu noża zastosowano system hydrauliczny z cylindrem dwustronnego działania o maksymalnej sile roboczej 120 kW. Prędkość posuwu noża była stała i wynosiła $12,2 \text{ cm} \cdot \text{s}^{-1}$.

W badaniach użyto płaskich, prostokątnych, obustronnie symetrycznie zaokrąglonych noży wykonanych powierzchniowo do 50 HR_c. Gładkość powierzchni roboczych noży wynosiła $R_a = 1,25$, a promień zaokrąglenia nie przekraczał wartości 0,01 mm. Zastosowano dwa zestawy noży o grubości 7, 9 i 11 mm o kątach ostrza 15° , 30° , 45° i 60° .

Podczas wykonywania pierwszej serii pomiarowej okazało się, że nóż o najmniejszym kącie ostrza, wynoszącym 15° , nie ma wystarczającej wytrzymałości mechanicznej. Powstałe przy cięciu drewna o średnicy 22 cm wygięcie krawędzi tnącej ostrza wyeliminowało ten nóż z dalszych badań.

Pomiarów o ciągłej rejestracji wartości sił tnących występujących podczas cięcia w tłoczysku siłownika hydraulicznego dokonywano przez

pomiar ciśnienia w siłowniku, posługując się techniką tensometrii oporowej. Aparatura ta składała się z cienkościennego, tensometrycznego czujnika ciśnienia, wzmacniacza tensometrycznego oraz oscylografu pętlicowego z kasetą papieru światłoczułego.

b) Charakterystyka materiału użytego do badań

Materiałem przeznaczonym do przecinania były dłużyce, wyrobione ze ściętych w styczniu na terenie nadl. Krzeszowice drzew sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.), o średnicy około 25 cm w grubszym końcu oraz o średniej słoistości 3 słoików na 1 cm dla części przyrdzeniowej i 7 słoików na 1 cm dla bielastej części przyobwodowej. Po ścięciu, przez okres 3 tygodni, tj. do momentu rozpoczęcia badań, drewno przechowywano w pomieszczeniu o temp. $14^{\circ} \pm 1^{\circ}\text{C}$, w którym następnie prowadzono eksperymentalną część pracy. Wilgotność drewna, oznaczona metodą suszarkowo-wagową, na początku badań wynosiła 34—36% dla części przyrdzeniowych oraz 109—116% dla części przyobwodowych. Kontrolny pomiar wilgotności po zakończeniu prac laboratoryjnych wykazał spadek średnio o 1% dla części przyrdzeniowych i o 3% dla części bielastej.

c) Sposób wykonywania pomiarów

W celu ograniczenia wpływu na wyniki pomiarów zmienności mechanicznych właściwości drewna poszczególnych dłużyc przeznaczono do badań drewno pocięte pilarką na odcinki o długości około 3,5 m, kierując się zasadą cięcia przez okółki. Otrzymano w ten sposób kłody pogrupowane w zależności od średnicy w pięć grup grubości i w obrębie każdej z nich kłody wymieszano. W następstwie tego do badań pobierano w sposób losowy po dwie do trzech kłód z każdej grupy grubości, otrzymując założony rozkład średnicy.

W trakcie badań drewno przecinano w urządzeniu badawczym tylko w strefach bezsęcznych, odcinając wałki o długości od 30 do 50 cm (zależnie od średnicy). W toku badań wstępnych zauważono, że odcinanie wałków o długości mniejszej niż 15 do 25 cm powoduje z reguły silne ich pęknięcia.

W celu określenia wpływu założonych parametrów geometrycznych noży tnących oraz wpływu zastosowania kontrnoża na wielkość maksymalnej siły potrzebnej do bezwiórowego, siłowego cięcia drewna sosnowego przyjęto zasadę przecinania drewna w przedziale średnic od 7 do 24 cm. Równocześnie pozwoliło to na określenie dla każdego wariantu nóż — przypór lub nóż — kontrnóż zależności między średnicą przecinanego drewna a wielkością siły tnącej. Zależności te uzyskano dla wszystkich wariantów pomiarowych przedstawionych w tab. 1. Dla każdego wariantu wykonano po 50 ścięć.

d) Sposób statystycznego opracowania wyników

Wyniki badań opracowano statystycznie z zastosowaniem elektronicznej techniki obliczeniowej. Uzyskane drogą pomiarów wartości maksymalnej siły tnącej dla wszystkich cięć i dla wszystkich wariantów

Zestawienie wariantów pomiarowych

Nr wariantu	Grubość noża (mm)	Kąt ostrza (°)	Przypór lub kontrnoż
1	7	30	
2	9	30	
3	11	30	
4	9	15	przypór prosty
5	9	45	
6	9	60	
7	7	30	
8	9	30	kontrnoże o parametrach takich jak noże główne
9	11	30	
10	9	45	
11	9	60	

pomiarowych zestawiono w 10 oddzielnych tabelach. Sporządzono także punktowe diagramy korelacyjne w celu wstępnego określenia kształtu linii regresji. W wyniku ogólnej analizy tych diagramów uznano za konieczne dokonanie aproksymacji funkcji regresji w odniesieniu do wszystkich wariantów dla następujących postaci zależności funkcyjnych $y = a + bx$, $y = ba^x$, $y = ax^b$.

W stosunku do funkcji wykładniczej i potęgowej dokonano uprzednio transformacji do postaci liniowej, a następnie — już dla wszystkich przyjętych trzech możliwości — obliczono współczynniki korelacji r oraz, posługując się metodą najmniejszych kwadratów, parametry a i b .

Z kolei, w celu dokonania wyboru optymalnej zależności regresyjnej, obliczono, jako pomiary dopasowania, poszczególne standardowe błędy oszacowania.

Porównanie współczynników korelacji oraz średnich wartości sum tych błędów wykazało, że najlepsza aproksymacja występuje dla funkcji liniowej.

Następnie przeprowadzono analizę zależności parametrów a i b otrzymanych 10 równań od kąta ostrza noża α i jego grubości h . Pozwoliło to na otrzymanie dla procesu bezwiórowego, siłowego cięcia dwóch ogólnych równań: 1) dla przypadku z zastosowaniem kontrnoża i 2) bez jego udziału. Równania te, w ogólnej postaci $P_{\max} = \bar{a} + a_1 (\alpha - \bar{\alpha}) + a_2 (h - \bar{h}) + [\bar{b} + b_1 (\alpha - \bar{\alpha}) + b_2 (h - \bar{h})] d$, przedstawiają zależność maksymalnej siły tnącej od trzech zmiennych:

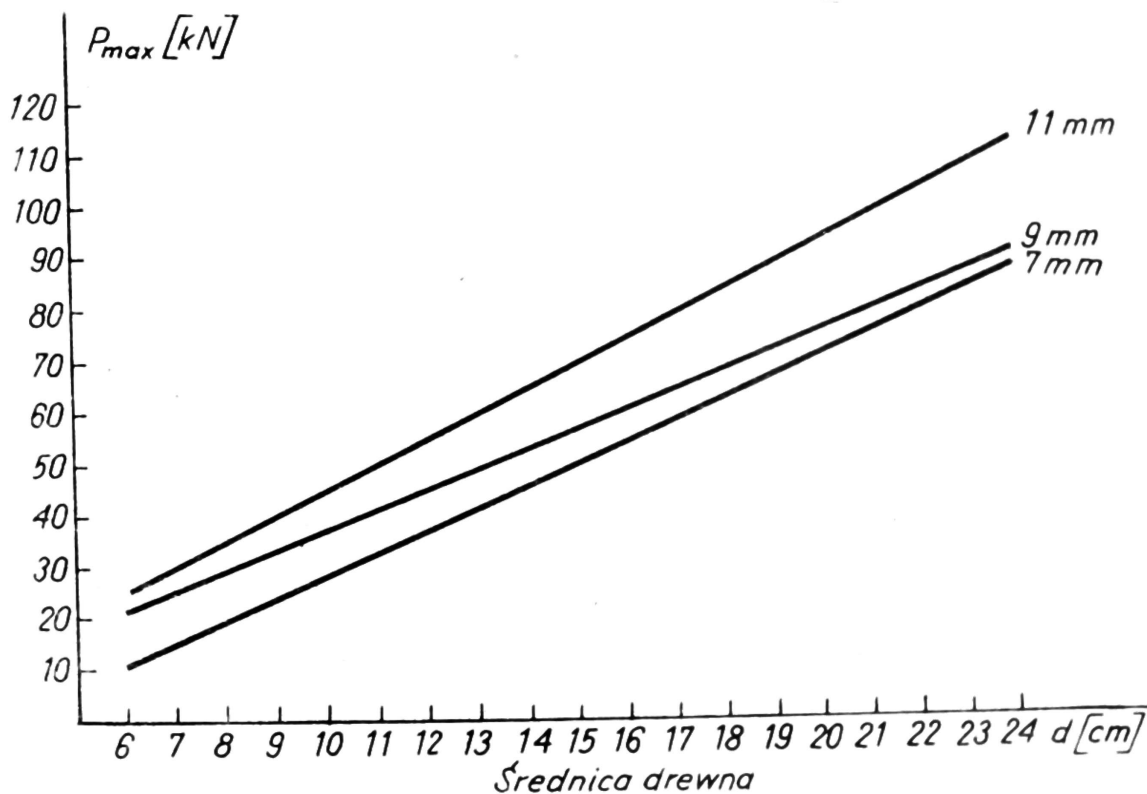
- d — średnicy drewna w miejscu cięcia,
- α — kąta ostrza noża tnącego,
- h — grubości noża.

Następnie dokonano weryfikacji tak ustalonych równań, przyjmując, że jedno z nich jest dokładne i przyjęte za standard. Dla obu rozpatry-

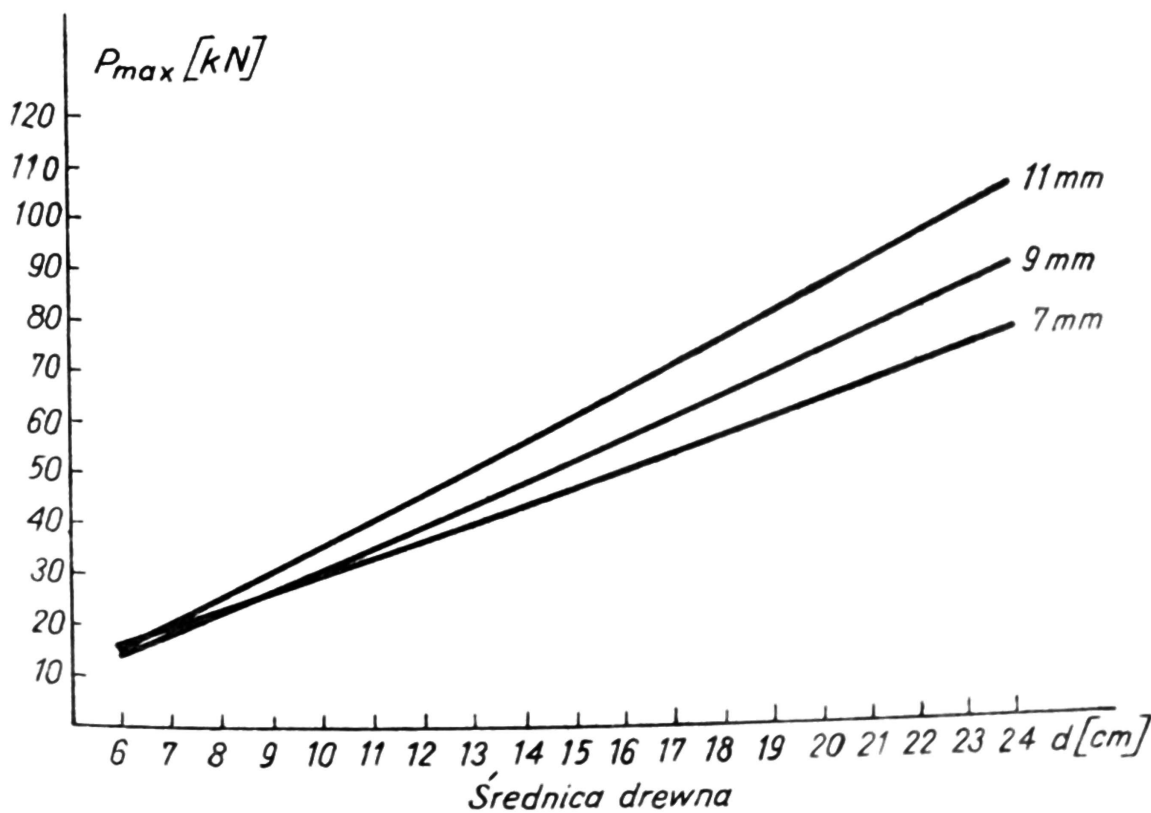
wanych przypadków (tj. dla cięcia z kontrnożem i bez) uzyskano wysokie skorelowanie między porównywanymi wielkościami. Również analiza pojedynczych, procentowych odchyłek dla grupy losowo wybranych wyników pomiarowych (próba warstwowa) dała wyniki pozytywne. W związku z tym potwierdzona została poprawność znalezionych równań ogólnych.

3. WYNIKI BADAŃ

Opracowane statystycznie wartości maksymalnych sił tnących przedstawione zostały na ryc. 2, 3, 4 i 5 w postaci odpowiednich linii regresji



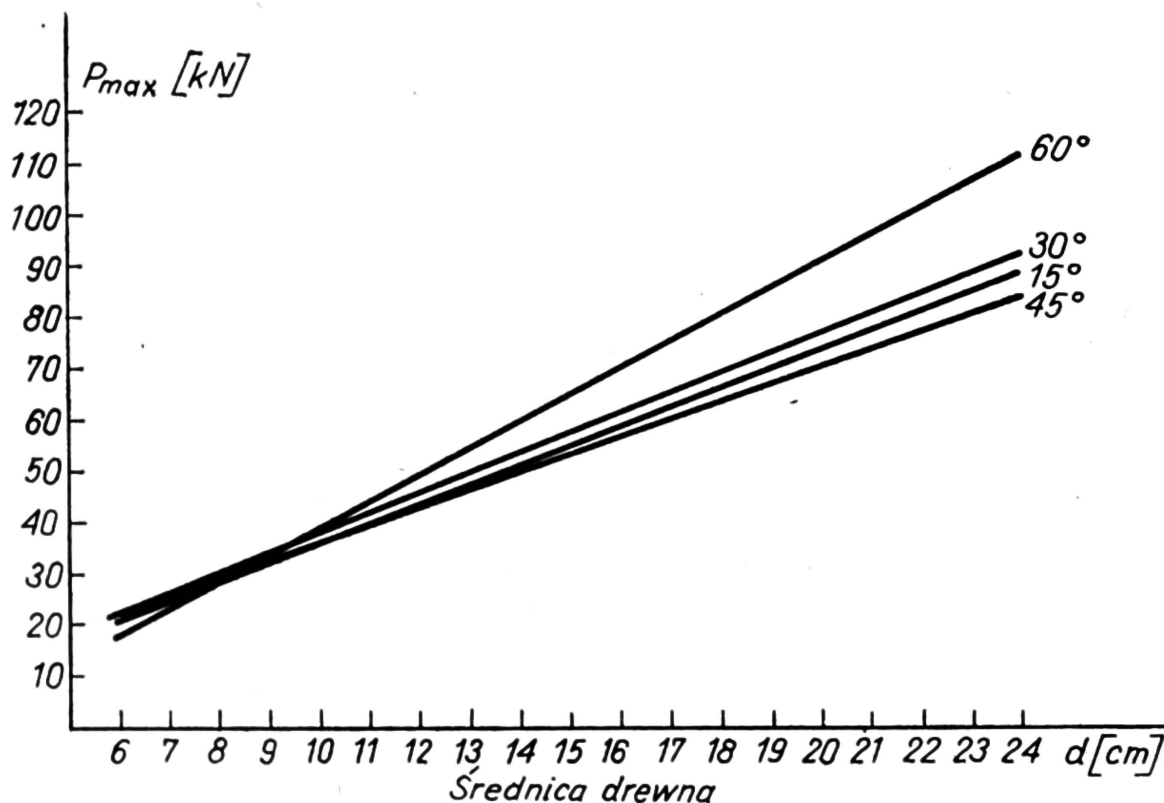
Ryc. 2. Wpływ grubości noża na wartość maksymalnej siły tnącej. Kąt ostrza noży 30° (bez kontrnoża)



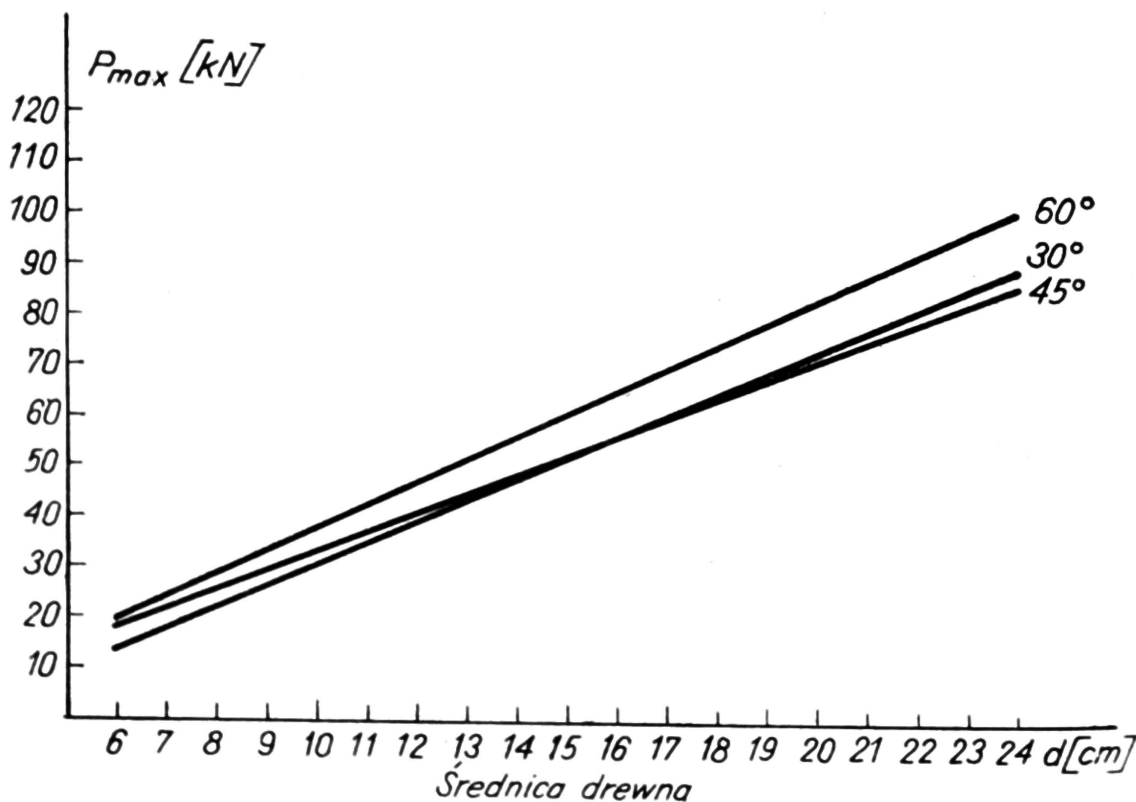
Ryc. 3. Wpływ grubości noża na wartość maksymalnej siły tnącej. Kąt ostrza 30°

dla poszczególnych wariantów. Wykresy te przedstawiają wpływ na wartość maksymalnej siły tnącej następujących czynników: średnicy drewna w miejscu cięcia, kąta ostrza i grubości noża tnącego oraz stosowania kontrnoża.

Wyznaczone dla poszczególnych wariantów pomiarowych równania linii regresji przedstawiono w tab. 2.



Ryc. 4. Wpływ kąta ostrza noża na wartość maksymalnej siły tnącej. Grubość noży 9 mm (bez kontrnoża)



Ryc. 5. Wpływ kąta ostrza noża na wartość maksymalnej siły tnącej. Grubość noży 9 mm (z kontrnożem)

**Zestawienie współczynników korelacji i równań linii regresji
dla poszczególnych wariantów pomiarowych**

Wariant pomiarowy w zależności od parametrów geometrycznych noża				Współ- czynnik korelacji r	Równanie linii regresji
nóż tnący		kontrnoż			
grubość (mm)	kąt ostrza (°)	grubość (mm)	kąt ostrza (°)		
7	30			0,9882	$P_{\max} = 4,9819 d - 15,9287$
9	30			0,9633	$P_{\max} = 3,7914 d - 5,0339$
11	30			0,9627	$P_{\max} = 4,5203 d - 8,3702$
9	15			0,9752	$P_{\max} = 3,6965 d - 1,0485$
9	45			0,9582	$P_{\max} = 3,3988 d + 1,9231$
9	60			0,9915	$P_{\max} = 5,1552 d - 12,4728$
7	30	9	30	0,9949	$P_{\max} = 3,3035 d - 3,5990$
9	30	6	30	0,9932	$P_{\max} = 4,1787 d - 11,5257$
11	30	11	30	0,9958	$P_{\max} = 4,9810 d - 15,9287$
9	45	9	45	0,9663	$P_{\max} = 3,7914 d - 5,0339$
9	60	7	60	0,9404	$P_{\max} = 4,5203 d - 8,3702$

Dwa ogólne równania, pozwalające obliczać maksymalne siły tnące dla świeżo ściętego drewna sosny zwyczajnej w zależności od średnicy drewna, grubości i kąta ostrza noża tnącego, mają postać następującą:

— dla procesu cięcia bez kontrnoża

$$P_{\max} = (0,031 + 1,5223 \alpha + 0,3555 h) d - 11,2825 \alpha + 0,2171 h - 0,3043$$

— dla procesu cięcia z kontr nożem

$$P_{\max} = (0,0015 + 0,4587 \alpha + 0,4268 h) d + 9,5594 \alpha + 1,7375 h - 0,2389$$

gdzie:

P_{\max} — maksymalna siła tnąca w kW

α — kąt ostrza w radianach

h — grubość noża w mm

d — średnica drewna w cm

4. ANALIZA WYNIKÓW

a. Wpływ średnicy drewna na wielkość maksymalnej siły tnącej

Średnica drewna w miejscu cięcia ma decydujący wpływ na maksymalną wartość siły tnącej. Zależność tej siły od średnicy drewna jest jednak zależnością złożoną, gdyż zmienna „d” kryje w sobie również zmienność związaną z różnicami wytrzymałościowymi drewna pochodzą-

cego z różnych partii dłużycy. Z praktycznego punktu widzenia zagadnienie wpływu tych różnic wytrzymałościowych zostaje niejako „automatycznie” rozwiązane po określeniu zależności $P_{\max} = f(d)$ za pomocą równań regresji, które to z wystarczającą dla praktyki dokładnością ujmują całokształt zagadnienia. Problem ten pozostaje natomiast otwarty z naukowego punktu widzenia i jego rozwiązanie uwarunkowane jest podjęciem specjalnych badań.

b. Wielkość maksymalnej siły tnącej w zależności od grubości i kąta ostrza noża tnącego

Zwiększenie grubości noża powoduje generalnie wzrost niezbędnej siły tnącej. Przy cięciu bez kontrnoża zastosowanie noża o grubości 11 mm zamiast 7 mm powoduje wzrost siły tnącej o około 100% dla średnicy drewna w pobliżu 7 cm i 30% dla drewna o średnicy powyżej 20 cm. W odniesieniu natomiast do noża o grubości 9 mm można zauważyć, w porównaniu z nożami poprzednimi, nieco wolniejszy przyrost siły wraz ze wzrostem średnicy drewna.

Z kolei przy cięciu siłowym z zastosowaniem kontrnoża wpływ grubości noży tnących na wartości P_{\max} dla małych średnic drewna jest nieznaczny. W miarę jednak wzrostu średnicy różnice te dla poszczególnych noży są coraz wyraźniejsze i np. przy średnicy drewna 24 cm zwiększenie grubości noża o 2 mm pociąga za sobą konieczność przyłożenia siły o 20% większej.

Natomiast mniej wyraźny wpływ na maksymalną siłę tnącą ma kąt ostrza. Stwierdzenie to dotyczy głównie mniejszych wartości tego kąta. I tak, zarówno przy cięciu bez kontrnoża jak i z kontrnożem, zmiana kąta ostrza z 30° do 45° powoduje co najwyżej kilkuprocentowe zmiany P_{\max} .

W przypadku cięcia bez kontr noża interesującym jest tutaj fakt wystąpienia najmniejszych wartości P_{\max} dla noża o kącie ostrza 45°. Przy cięciu z użyciem kontrnoża przecinanie drewna nożem o kącie ostrza 30° daje prawie identyczne wartości P_{\max} co nożem o kącie 45°. Wyraźnie natomiast większe wartości maksymalnej siły tnącej (o około 25%), w porównaniu z pozostałymi nożami, zanotowano dla noża o kącie ostrza 60°.

c. Wpływ zastosowania kontrnoża na wartość maksymalnej siły tnącej

Zastosowanie w miejsce przyporu kontrnoża o takich samych parametrach jak główny nóż tnący powoduje stosunkowo wyraźne zmniejszenie maksymalnej siły tnącej. Stwierdzona prawidłowość najwyraźniej wystąpiła dla noża o grubości 11 mm, przy kącie ostrza 30°. Użycie kontr noża zmniejszyło w tym przypadku siłę tnącą w przedziale rozpatrywanych średnic od 35 do 10%. Dla pozostałych wariantów pomiarowych spadek P_{\max} jest dość zróżnicowany i waha się od 0 do kilkunastu procent.

5. WNIOSKI KOŃCOWE

1. Dla badanego przedziału średnic (od 7 do 24 cm) zależność między maksymalną siłą tnącą a średnicą przecinanego świeżo ściętego dre-

wna sosny zwyczajnej można z zadowalającą dokładnością scharakteryzować zależnością liniową.

2. Wpływ grubości noża na wartość maksymalnej siły tnącej jest wyraźny i zależy od średnicy drewna. Dla cięcia bez kontrnoża zwiększenie grubości noża z 7 mm do 11 mm powoduje wzrost siły tnącej o około 100% dla średnic bliskich 7 cm i o 30% dla średnic w pobliżu 20 cm. Natomiast przy cięciu z zastosowaniem kontrnoża wpływ grubości zestawu tnącego nóż — kontrnóż przy średnicach drewna do 10 cm jest niewielki, a przy średnicach rzędu 20 cm zwiększenie grubości noży z 7 mm do 11 mm powoduje wzrost siły tnącej o około 35%.

3. Wpływ zmiany kąta ostrza noża od 15° do 60° na wartość maksymalnej siły tnącej jest mniej wyraźny niż wpływ zmiany jego grubości od 7 mm do 11 mm. Zarówno dla cięcia z kontrnożem jak i bez jego udziału zmiana kąta ostrza od 15° do 45° powoduje zaledwie kilkuprocentowe zmiany wartości maksymalnej siły tnącej. Jedynie dla noża o kącie ostrza 60° wzrost ten jest wyraźniejszy i np. dla średnicy drewna wynoszącej 24 cm sięga do 25%. Biorąc pod uwagę minimalizację oporów przy cięciu siłowym, najkorzystniejszym z wszystkich badanych noży o stałej grubości 9 mm okazał się nóż z kątem ostrza wynoszącym 45° .

4. Kontrnóż, o takich samych parametrach jak główny nóż tnący, zastosowany do procesu bezwiórowego, siłowego cięcia drewna sosnowego, powoduje zmniejszenie wartości maksymalnej siły tnącej. Wielkość tego zmniejszenia zależy od grubości i kąta ostrza zestawu tnącego i waha się od zera do kilkunastu procent.

Z Instytutu Mechanizacji
i Energetyki Rolnictwa
Akademii Rolniczej w Krakowie

Z LITERATURY

ZESZYTY PROBLEMOWE POSTĘPÓW NAUK ROLNICZYCH, 1980, z. 235, Polska Akademia Nauk Wydział Nauk Rolniczych i Leśnych, zł 80

Zeszyt zawiera materiały z konferencji naukowej zorganizowanej przez Komitet Zagospodarowania Ziemi Górskich PAN w Krakowie w dn. 13-15 VI 1977 na temat: Zwiększenie zasobów wodnych kraju poprzez racjonalne zagospodarowanie obszarów górskich.

Wybrane referaty i doniesienia:

J. Fabijanowski: Znaczenie lasów górskich i ich zagospodarowanie dla racjonalnej gospodarki wodą.

L. Starkel: Erozja gleby a gospodarka wodna w Karpatach.

T. Jarowiecka: Turystyka jako czynnik przemian środowiska naturalnego w obszarach górskich.

A. Czemerda: Problemy przestrzenne ochrony przyrody w górach a zagadnienia ochrony wód.

J. Pohl: Funkcja rolno-leśna w bez-