

Zygfryd Dziemitko
Eugeniusz Wojtowicz

BADANIA TWORZYW DRZEWNYCH NA ŁOŻYSKA ŚLIZGOWE

Zastosowanie stopów metali na panwie łożyskowej nie następcza kłopotów konstruktorom, ponieważ zagadnienia te są dokładnie przebadane. Natomiast zjawiska fizyczne zachodzące w łożyskach ślizgowych wykonanych z tworzyw sztucznych i drzewnych nie zostały dostatecznie wyjaśnione, co stanowi zasadniczą trudność stosowania ich przez konstruktorów. W związku z tym szereg ośrodków naukowych podjęło zadanie przeprowadzenia badań nad możliwością szerszego zastosowania panwi wykonanych z tych tworzyw do różnych konstrukcji maszyn. Zagadnieniem tym zajęły się takie ośrodki, jak: Politechnika Poznańska - Wydział Maszyn Roboczych i Pojazdów pod kier. naukowym doc. dr inż. Eugeniusza Wojtowicza /przeprowadzono badania z panwiami z lignostonu samosmarownego bez dodatkowego smarowania i z panwiami z lignofolu samosmarownego zanurzonymi w wodzie/ oraz Politechnika Gdańska - Wydział Mechaniczny pod kierownictwem naukowym doc. dr inż. Kazimierza Zygmunta /przeprowadzono również badania z lignofolu samosmarownego/.

Dotychczas owe badania nie wyjaśniają zjawisk zachodzących podczas pracy panwi i nie dają pełnej odpowiedzi, czy na panwie łożyskowe lepszy jest lignoston czy lignofol. Dobrane parametry tych doświadczeń w obu Uczelniach były podobne, w związku z tym jest możliwe porównanie badanych materiałów. Do tych wspólnych zagadnień należy zaliczyć: materiał, ośrodek smarujący, prędkość obrotową, obciążenie jednostkowe, drogę tarcia, sposób wykonania panwi oraz ich pomiar, określenie zużycia panwi drogą wagową oraz stanowisko i urządzenia badawcze.

1. M a t e r i a ł

Do badań przeprowadzonych w Politechnice Poznańskiej przyjęto dwa rodzaje tworzyw drzewnych: lignoston i lignofol. Lignoston jest materiałem z grupy tworzyw drzewnych, które poddaje się zabiegom uszlachetniającym. Otrzymuje się go przez sprasowanie drewna litego.

Produktem wyjściowym były połówki panwi lignostonowych otrzymane z drewna bukowego o symbolu PLBo. Wymiary poszczególnych panwi surowych, szczególnie średnicy zewnętrznej i wewnętrznej były zróżnicowane w granicach 55 - 60 mm i odpowiednio 22 - 27 mm. W wyniku wstępnych pomiarów zostały ustalone następujące parametry panwi po obróbce:

- średnica zewnętrzna $D = 50,5$ mm,
- średnica wewnętrzna $d = 30,0$ mm,
- długość $L = 38,0$ mm.

Wg PN - 59ML i PO - 04018 lignofol krzyżowy samosmarowny, otrzymany poprzez sklejenie forniru bukowego grubości 0,5 mm, nasycony olejem maszynowym w ilości około 20% masy lignofolu suchego wyprodukowano w Bydgoskich Zakładach Przemysłu Sklejek. O wyborze do badań ww. lignofolu zdecydował fakt, że właśnie ten typ surowca stosuje się najczęściej do wyrobu panwi łożysk ślizgowych. W wyniku wstępnych pomiarów ustalono następujące parametry panwi po obróbce:

- średnica zewnętrzna $D = 85,0$ mm,
- średnica wewnętrzna $d = 50,2$ mm,
- długość $L = 38,0$ mm.

W Politechnice Gdańskiej, podobnie jak w Politechnice Poznańskiej, ze względu na potrzeby produkcji do badań wykorzystano ten sam typ lignofolu. Wymiary panwi po obróbce były takie same.

2. O ś r o d e k s m a r u j ą c y

W Politechnice Poznańskiej postanowiono przeprowadzić bada-

nia ścieralności panwi z lignostonu bez dodatkowego smarowania. Natomiast badanie panwi wykonanej z lignofolu samosmarownego przeprowadzono w obecności wody /panwie były zanurzone i ścierane w wodzie/. Temperaturę czynnika smarującego ustalono na podstawie przeprowadzonych doświadczeń wstępnych na 20°C. Aby zachować temperaturę czynnika smarującego /wody/ na jednakowym poziomie, postanowiono zapewnić jej stały przepływ. W Politechnice Gdańskiej do badań ścieralności panwi użyto lignofolu samosmarownego bez dodatkowego smarowania.

3. P r ę d k o ś ć o b r o t o w a

W niektórych maszynach i urządzeniach prędkości obrotowe dla łożysk ślizgowych wahają się w granicach od 2 - 500 obr/min. W Politechnice Poznańskiej do badań panwi lignostonowej samosmarownej na podstawie wstępnych prób ścierania bez dodatkowego czynnika smarującego przyjęto stałe obroty wału wynoszące, $n = 290$ obr/min.

Dla czopa użytego w tych badaniach odpowiadało to prędkości obrotowej $V = 0,455$ m/sek. Natomiast dla panwi wykonanej z lignofolu samosmarownego, zanurzonej w wodzie, dobrano kilka prędkości obrotowych, a mianowicie: $n = 300$, $n = 400$ i $n = 500$ obr/min. co odpowiadało prędkości obwodowej $V = 78,5$, $V = 112,0$, $V = 126,5$ cm/sek.

W Politechnice Gdańskiej natomiast przyjęto do badań prędkości obrotowe w dwóch wariantach: $n = 300$, $n = 500$ obr/min.

4. O b c i ą ż e n i e j e d n o s t k o w e

W maszynach i urządzeniach obciążenia panwi wahają się w granicach od 0,6 do 6,5 KG/cm^2 . Aby zastosować intensyfikację badań w omawianych ośrodkach badawczych, przyjęto następujące obciążenia jednostkowe: $P = 2$, $P = 4$, $P = 6$ KG/cm^2 , a dla pan-

wi lignofolowej $P = 15, 20, 25 \text{ Kg/cm}^2$.

W Politechnice Gdańskiej do badań panwi z lignofolu ustalono $P = 1$ oraz 2 KG/cm .

5. D r o g a ś c i e r a n i a

Ustalenie parametrów drogi ścierania w czasie badań, należało do jednych z bardziej kłopotliwych zagadnień. Drogę dobrano w badaniach wstępnych tak, aby przy najkrótszej drodze uzyskać widoczne zużycie panwi. Na podstawie wstępnych doświadczeń stwierdzono, że zauważalne zużycie następowało po przebyciu drogi 6000 m. W związku z powyższym w Politechnice Poznańskiej do badań przyjęto jednakowe drogi ścierania dla panwi lignostonowej i lignofolowej wynoszące:

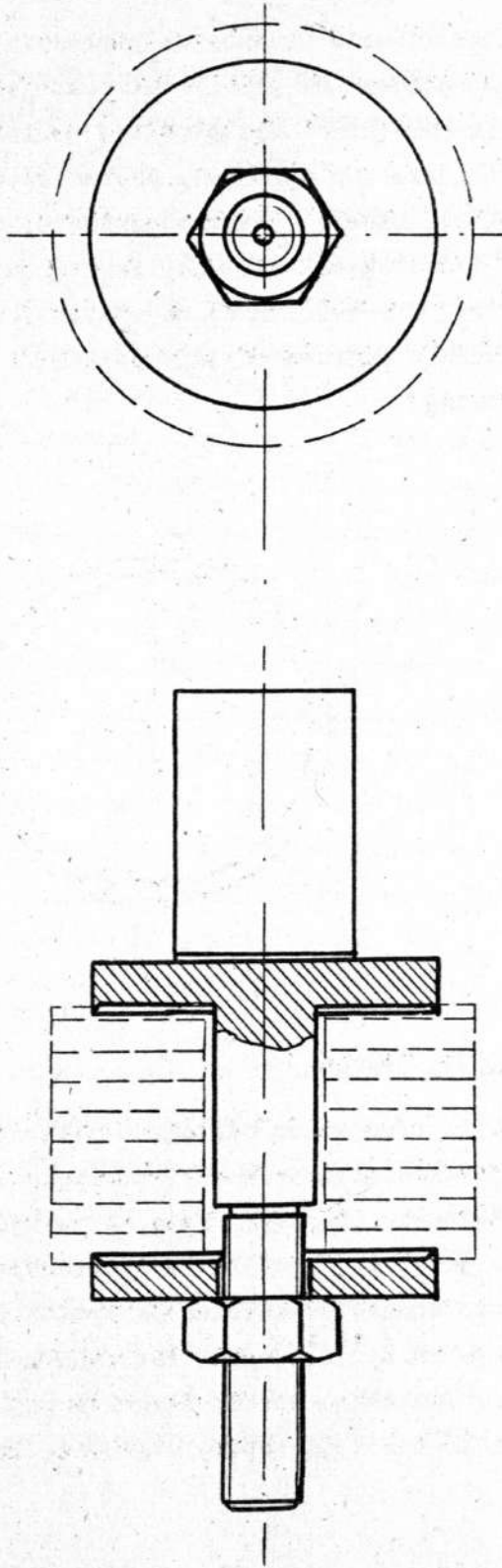
- $S_1 = 6000 \text{ m}$,
- $S_2 = 12000 \text{ m}$,
- $S_3 = 18000 \text{ m}$,
- $S_4 = 24000 \text{ m}$.

W Politechnice Gdańskiej drogę ścierania skrócono i tak:

- $S_1 = 6000 \text{ m}$,
- $S_2 = 12000 \text{ m}$,
- $S_3 = 18000 \text{ m}$.

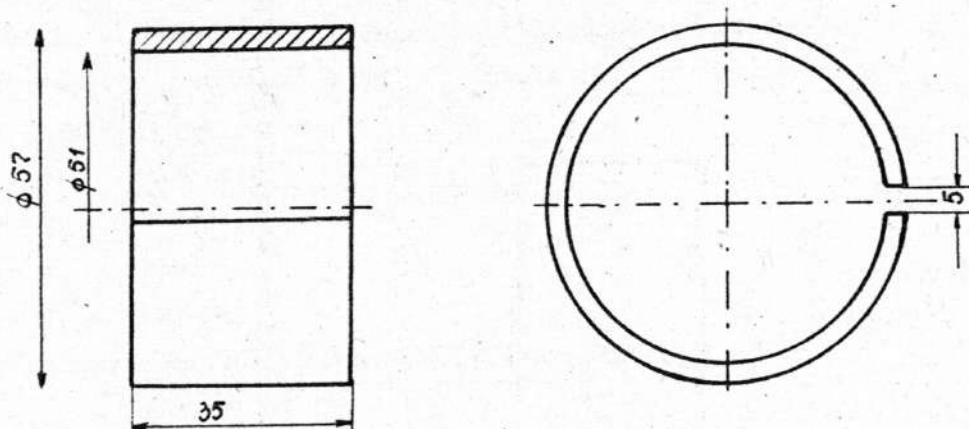
6. S p o s ó b w y k o n i a n i a p a n w i o r a z i c h p o m i a r

W Politechnice Poznańskiej produktem wyjściowym, jak już wspomniano, były połówki panwi lignostonowych. Przed badaniem ustalono następującą kolejność obróbki panwi: szlifowanie powierzchni, toczenie powierzchni zewnętrznej na długość $2/34$, toczenie powierzchni czołowej, fazowanie krawędzi zewnętrznej, odwrócenie panwi, toczenie powierzchni zewnętrznej na długości pozostałej, toczenie drugiej powierzchni czołowej, fazowanie krawędzi zewnętrznej, wytaczania otworu, rozwiercanie otworu.



Rys. 1. Przyrząd tokarski do toczenia powierzchni zewnętrznej panwi.

Powierzchnie styku panwi szlifowano ręcznie na papierze ściernym o ziarnistości 60 umieszczonym na płycie tokarskiej. Efektem końcowym tej czynności było uzyskanie płaskiej powierzchni, co powodowało dobre przyleganie dwu półpanwi. Dalsza część obróbki odbywała się na tokarce kłowej. Panew mocowano w uchwycie samocentrującym na około $1/3$ długości średnicy zewnętrznej. Po zamocowaniu toczono powierzchnię zewnętrzną na wymiar $50,5^{+0,15}_{-0,10}$ mm. Następnie toczono powierzchnię czołową do jej wyrównania i fazowano krawędź zewnętrzną.



Rys. 2. Przecięta tuleja stalowa.

Na przygotowaną powierzchnię zewnętrzną nakładano przeciętą tuleję stalową /rys. 2/ i poprzez nią mocowano w uchwycie tokarki panew z drugiej strony. Zwracano przy tym uwagę, by wszystkie panwie były mocowane z tą samą siłą zacisku. Po powtórnych zamocowaniu panwi toczono powierzchnię zewnętrzną na wymiar $50,5^{+0,15}_{-0,10}$ mm, powierzchnię czołową na wymiar $38^{+0,1}$ mm oraz fazowano krawędź zewnętrzną. Następnie zwalniano zacisk szczęk mocujących i panew wciskano w przeciętą tuleję do oporu o głowicę uchwytu

tokarski. Po zamocowaniu rozłączano średnicę wewnętrzną panwi na wymiar $30^{+0,1\text{mm}}$, po czym rozwiercano otwór rozwiertakiem nastawnym na wymiar $30,15^{+0,15\text{mm}}_{-0,05\text{mm}}$.

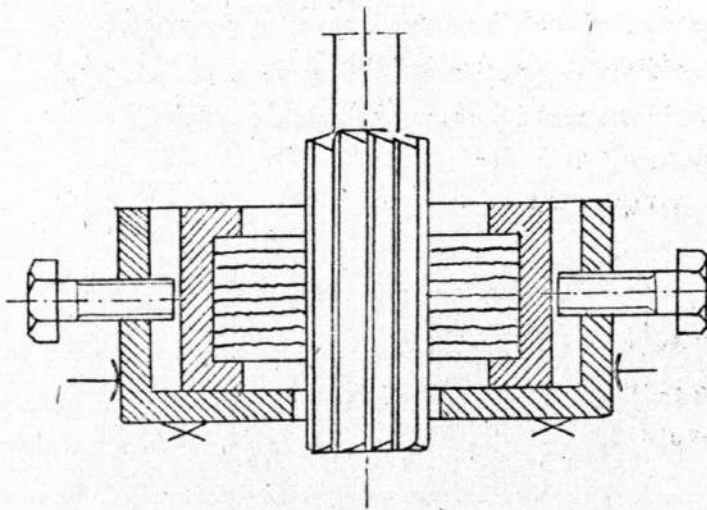
Rozwiercanie wykonywano ręcznie przy tym samym mocowaniu na tokarce. W czasie dalszej obróbki załamano pozostałe krawędzie panwi papierem ściernym celem uniknięcia wykruszenia i nadmiernego spiętrzenia temperatur w czasie prób ścierania. Oczyszczane czystą szmatką panwie sprawdzono wymiarowo. Panwie, których rzeczywiste wymiary nie mieściły się w założonej tolerancji, zostały wyeliminowane. Prowadzono również selekcję wagową panwi. W tym celu ważono wstępnie panwie na wadze laboratoryjnej z dokładnością 0,005 g, dobierano panwie o podobnej masie i numerowano je. Końcowe ważenie panwi wykonano na wadze analitycznej z dokładnością 0,0001 g. Po zanotowaniu numerów panwi i odpowiadających im wymiarów oraz masy panwie montowano na stanowisku badawczym. Zarówno w Politechnice Poznańskiej, jak i Gdańskiej niezależnie od siebie zastosowano ten sam sposób obróbki panwi lignofolowej. Do badań użyto płyt z lignofolu o wymiarach 575 x 95 x 40 mm.

Z płyt tych wykonano panwie za pomocą następujących czynności:

- a/ cięcie materiału na wymiar,
- b/ toczenie średnicy zewnętrznej,
- c/ wiercenie otworu,
- d/ wytaczanie zgrubne,
- e/ obustronne planowanie czół,
- f/ przecinanie pierścienia,
- g/ wytaczanie wykańczające,
- h/ rozwiercanie.

Materiał cięto na kostki o wymiarach 95 x 95 x 40 mm, a następnie obrabiano na tokarce kłowej. Po uzyskaniu cylindra o średnicy zewnętrznej 86 mm wiercono i wytaczano zgrubnie otwór wewnętrzny. W następnej kolejności obustronnie planowano czoła na wymiar $38^{+0,1\text{mm}}$.

Otrzymany pierścień cięto ręczną piłą do metalu w przygotowanej, przystosowanej specjalnie do tego celu tulejce. Cięcie w tulejce gwarantowało utrzymanie prostopadłości płaszczyzny bocznej panwi do płaszczyzny przecięcia. Następnie obracano tulejkę w ten sposób, że płaszczyzna przecięcia tulejki przechodziła pod kątem prostym przez płaszczyznę przecięcia panwi. Tulejkę mocowano wraz z panwią w uchwycie samocentrującym tokarki i wytaczano otwór wewnętrzny na wymiar $\varnothing 49$ mm. Przygotowaną w ten sposób panew mocowano wraz z tulejką w wykonanym przyrządzie, który zapewniał jednakowe ściśnięcie obu półpanwi podczas rozwiercania. Śruby dociskowe dokręcano momentem około 200 KGm. Rozwiercania dokonywano rozwiertakiem ręcznym nastawnym $\varnothing 50,2$ mm. Zrobioną w ten sposób panew poddano pomiarom wagowym i metrycznym ośrodka naukowego w Poznaniu, natomiast w Politechnice Gdańskiej panwie poddano tylko pomiarowi wagowemu.



Rys. 3. Rozwiercanie rozwiertakiem ręcznym w specjalnie wykonanym przyrządzie, który zapewniał jednakowe ściśnięcie obu półpanwi.

Pomiaru panwi w Politechnice Poznańskiej dokonywano trzykrotnie: przed badaniem, po badaniu, po suszeniu panwi, natomiast w Politechnice Gdańskiej - dwukrotnie: po wykonaniu panwi przed badaniem, po wykonanej próbie i wysuszeniu panwi.

7. O k r e ś l e n i e z u ż y c i a p a n w i m e t o d ą w a g o w ą

W obydwu Politechnikach zużycie panwi z lignostonu, jak i lignofolu określono metodą wagową. W związku z tym ustalono wilgotność panwi oraz zawartość oleju.

Do tego celu przeznaczono kilka panwi obrobionych, ponumerowanych i zakatalogowanych, następnie je ważono, suszono w suszarzni elektrycznej w temperaturze około 135°C przez 8 godzin.

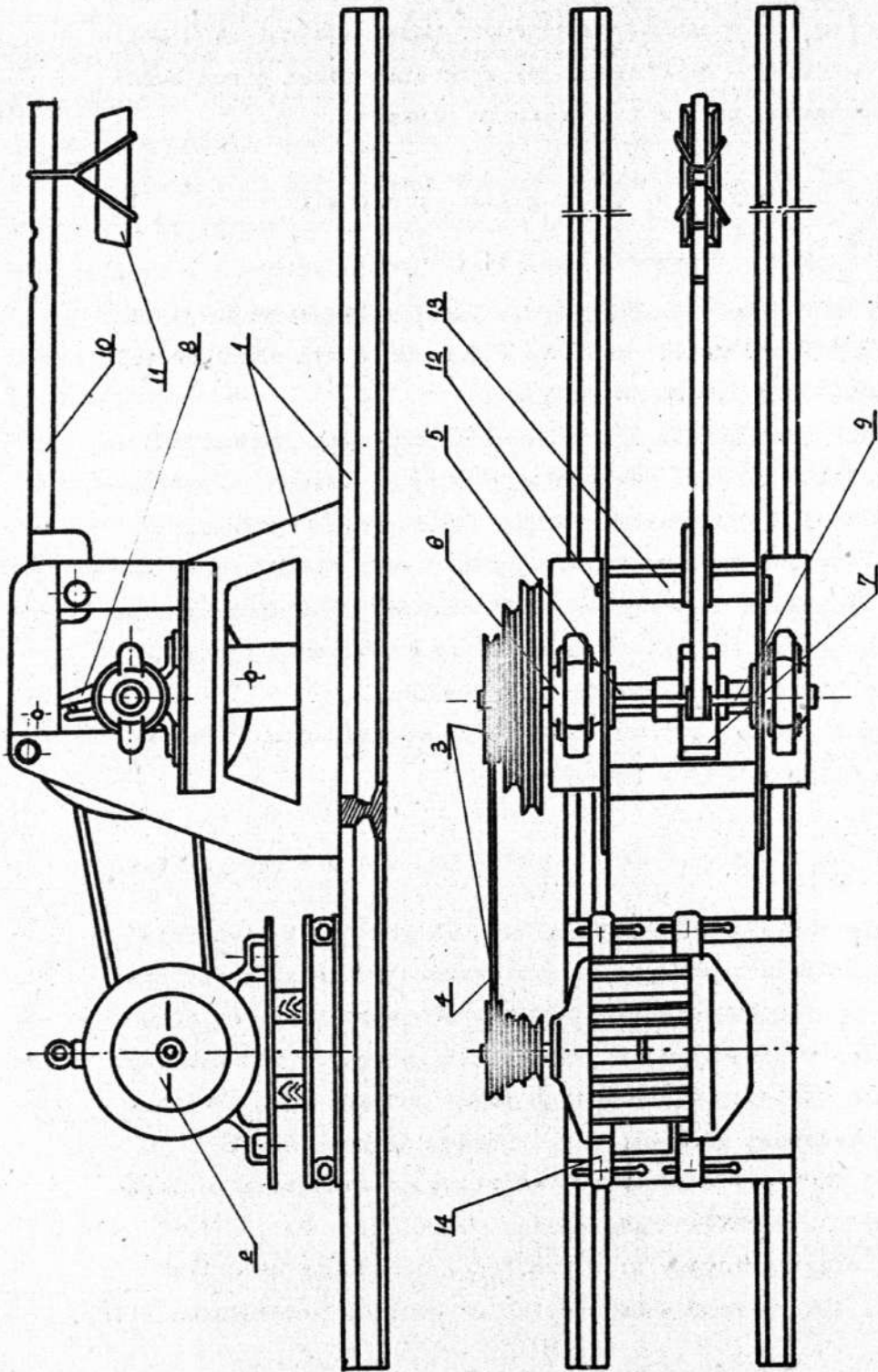
Okres ten pozwalał na zupełne odparowanie wody niezwiązanej chemicznie z tworzywem oraz wyciek oleju z panwi. Następnie panwie wkładano do ekcykatora, który pozwolił na ostudzenia panwi do temperatury otoczenia, i ważono je ponownie.

Z różnicy mas przed i po suszeniu, obliczono średnią zawartość procentową oleju i wody w panwiach.

8. O p i s u r z ą d z e n i a b a d a w c z e g o /rys.4/

Badanie zużycia ściernego panwi z lignostonu i lignofolu w obydwu ośrodkach naukowych przeprowadzono w warunkach laboratoryjnych na wypróbowanym i specjalnie skonstruowanym do tego celu urządzeniu badawczym, którego część robocza - wał stalowy - wykonywała względem nieruchomych panwi łożyska ruch obrotowy. Urządzenie badawcze składało się z następujących części:

- a/ stalowej ramy /1/ stanowiącej podstawę do zamontowania poszczególnych elementów urządzenia,
- b/ silnika elektrycznego /2/ o prędkości obrotowej wału 1440 obr/min., który zamocowany został na sankach przesuwnych /14/,



Rys. 4. Urządzenie do badania zużycia panwi łożyskowych

- c/ zespołu kół pasowych klinowych /3/ i /3a/ umożliwiających przenoszenie momentu i zmianę prędkości obrotowej z silnika na wał,
- d/ paska klinowego /4/,
- e/ wału ścierającego panew /5/ zamocowanego w łożyskach wahliwych /6/;
- f/ dźwigni /10/ z przesuwным obciążeniem /11/,
- g/ sworznia dźwigni /12/ z tuleją dystansową /13/,
- h/ sworznia dźwigni /9/ przesuwanego się w prowadnicach /8/,
- i/ głowicy /7/, w skład której wchodzi:
 - obudowa z czterema śrubami ściągającymi,
 - tulejka panwi wraz z panwią,
 - cztery nakrętki.

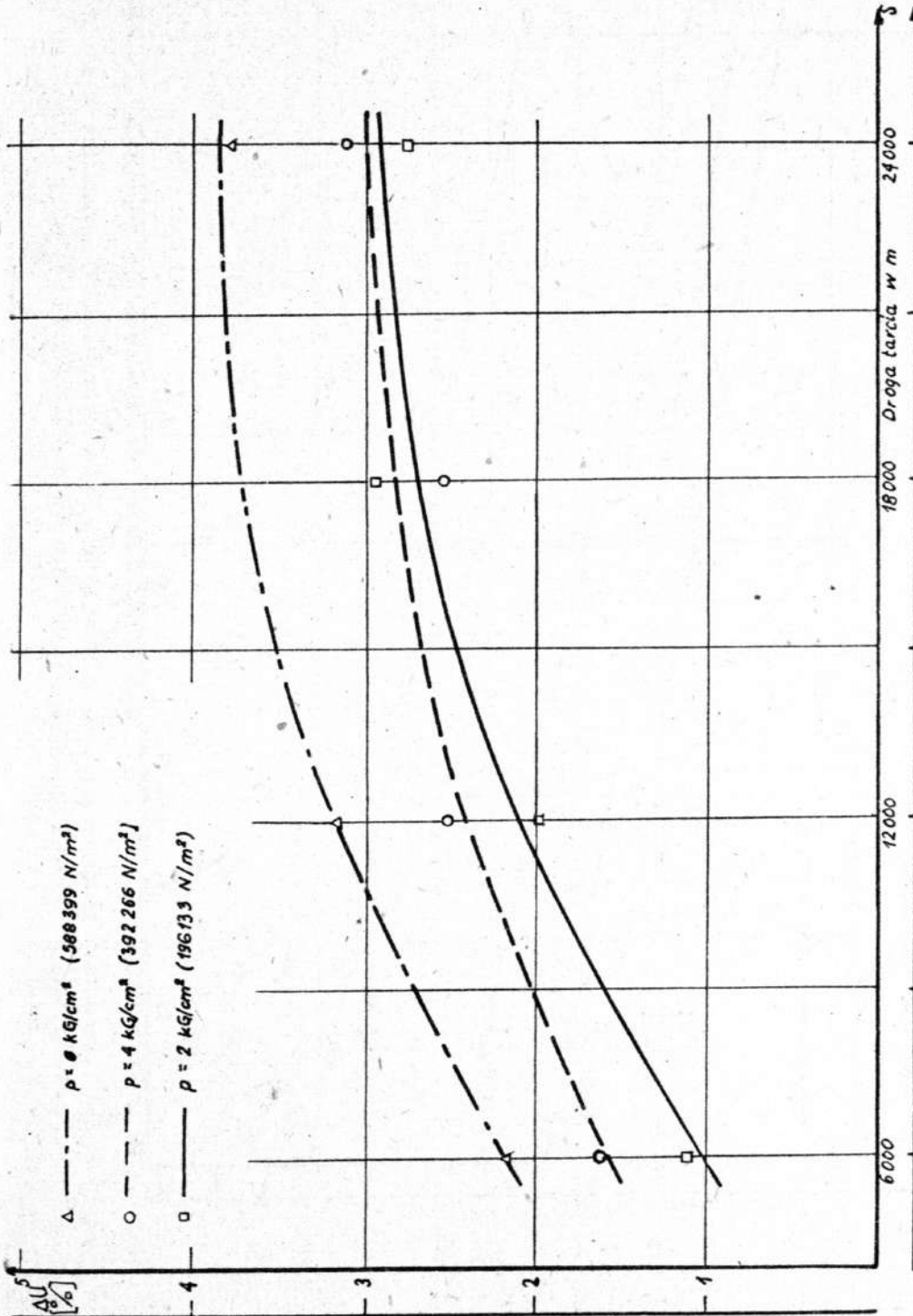
Porównanie wyników badań

Tabela 1. Porównanie wyników badań ścieralności panwi wykonanej z lignostonu samosmarownego brzożowego /PLBo/ uzyskanych w Politechnice Poznańskiej.

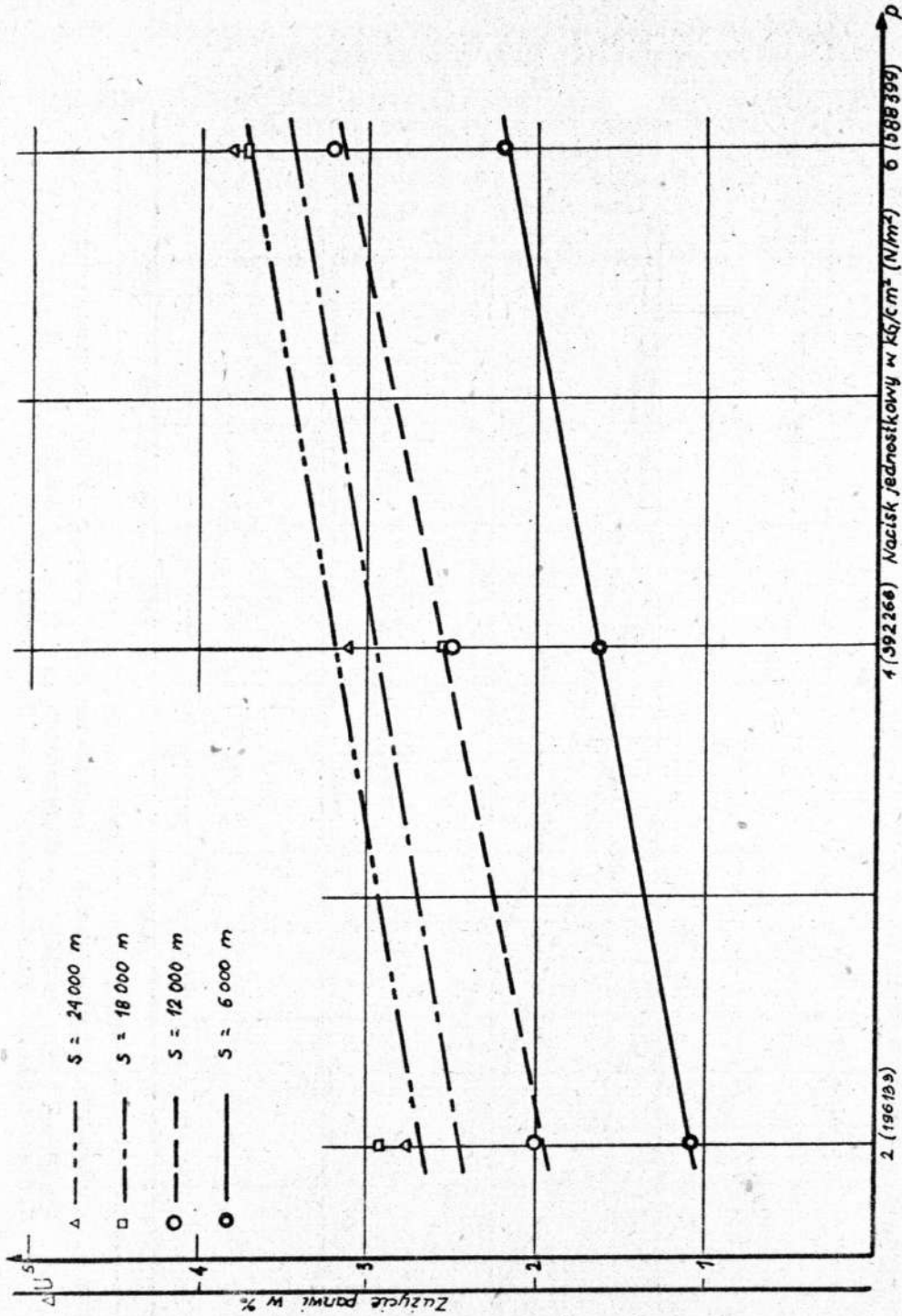
Stałe: a/ prędkość obrotowa wału 290 obr/min.
b/ obciążenie jednostkowe 2, 4, 6 KG/cm².

Ośrodek smarujący	Prędkość obrotowa "n" m/sek	Droga ścierania "s"	Obciążenie jednostkowe "p"	Średnie zużycie panwi %	U w a g i
Panew lignostonowa samosmarowna	290	6 000	2	1,1	
			4	1,65	
			6	2,18	
	290	12 000	2	1,99	
			4	2,53	
			6	3,19	
	290	18 000	2	2,96	
			4	2,56	
			6	3,75	
	290	24 000	2	2,75	
			4	3,13	
			6	3,81	

Wyniki badań ścieralności panwi wykonanej z lignostonu /PLBo/
przedstawione graficznie przy pomocy wykresów.



Wykres 1. Porównanie zużycia panwi z lignostonu PLBo podczas próby ścierania bez smarowania dla nacisków jednostkowych p = 2, 4, 6 KG/cm²
Stałe: prędkość obrotowa wału n = 290 obr/min.



Wykres 2. Porównanie zużycia pary z lignostonu PLBo podczas próby ścierania bez smarowania, dla dróg tarcia $S = 6000, 12000, 18000, 24000$ m.

b/

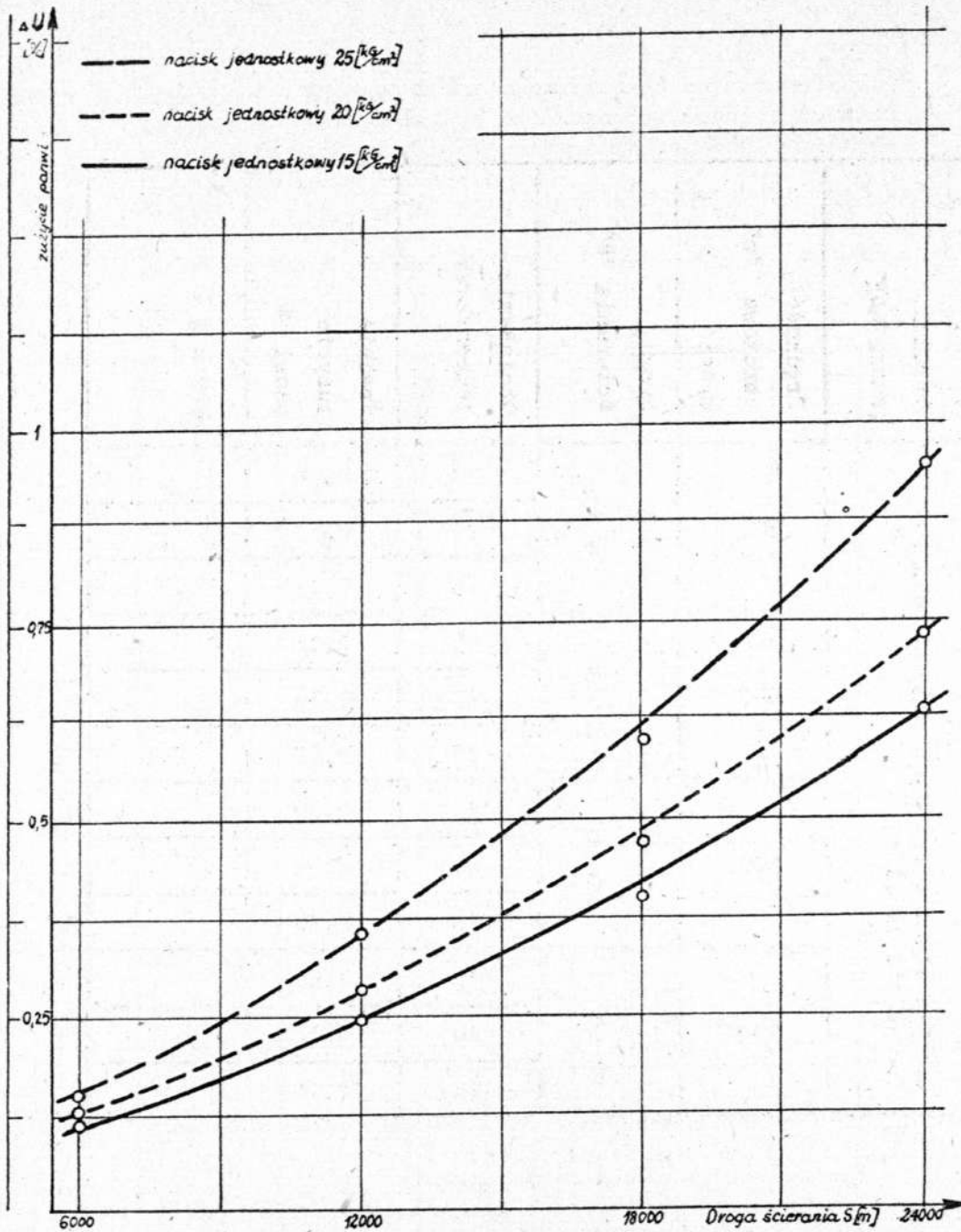
Ośrodek smarujący	Prędkość obrotowa "n" m/sek	Droga ścierania "g"	Obciążenie jednostkowe "p"	Srednie zużycie panwi %	U w a g i
Panew lignofolowa samosmarowna zanurzona w wodzie szkodkiej	400	6 000	15	0,11	
			20	0,15	
			25	0,20	
	400	12 000	15	0,15	
			20	0,29	
			25	0,44	
	400	18 000	15	0,46	
			20	0,51	
			25	0,68	
	400	24 000	15	0,73	
			20	0,83	
			25	1,02	

Tabela 2. Porównanie wyników badań zużycia panwi wykonanych z lignofolu samosmarownego bukowego, uzyskanych również w Poznańskim Ośrodku Badawczym /zastosowano dodatkowe smarowanie panwi wodą słodką/.
 Stałe: a/ prędkość obrotowa wału $n = 300, 400$ i 500 obr/min
 b/ obciążenie jednostkowe $p = 15, 20$ i 25 KG/cm²
 Zmienne: droga ścierania 6000, 12000, 18000 i 24000 m.

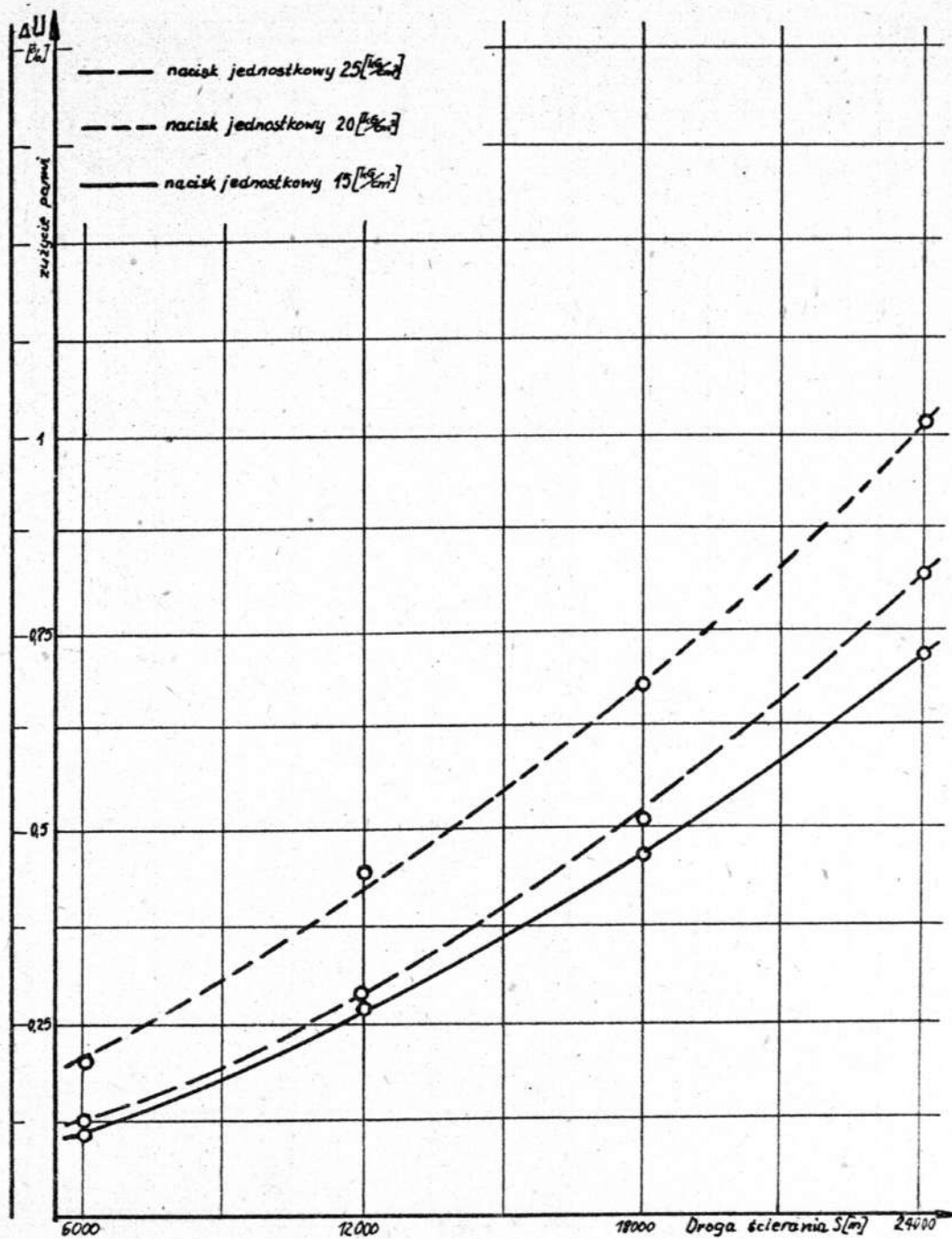
a/

Ośrodek smarujący	Prędkość obrotowa "n"	Droga ścierania "s"	Obciążenie jednostkowe "p"	Średnie zużycie panwi %	U w a g i
Panew lignofolowa samosmarowna zanurzona w wodzie słodkiej	300	6 000	15	0,11	
			20	0,12	
			25	0,50	
	300	12 000	15	0,24	
			20	0,29	
			25	0,36	
	300	18 000	15	0,40	
			20	0,47	
			25	0,60	
	300	24 000	15	0,64	
			20	0,74	
			25	0,95	

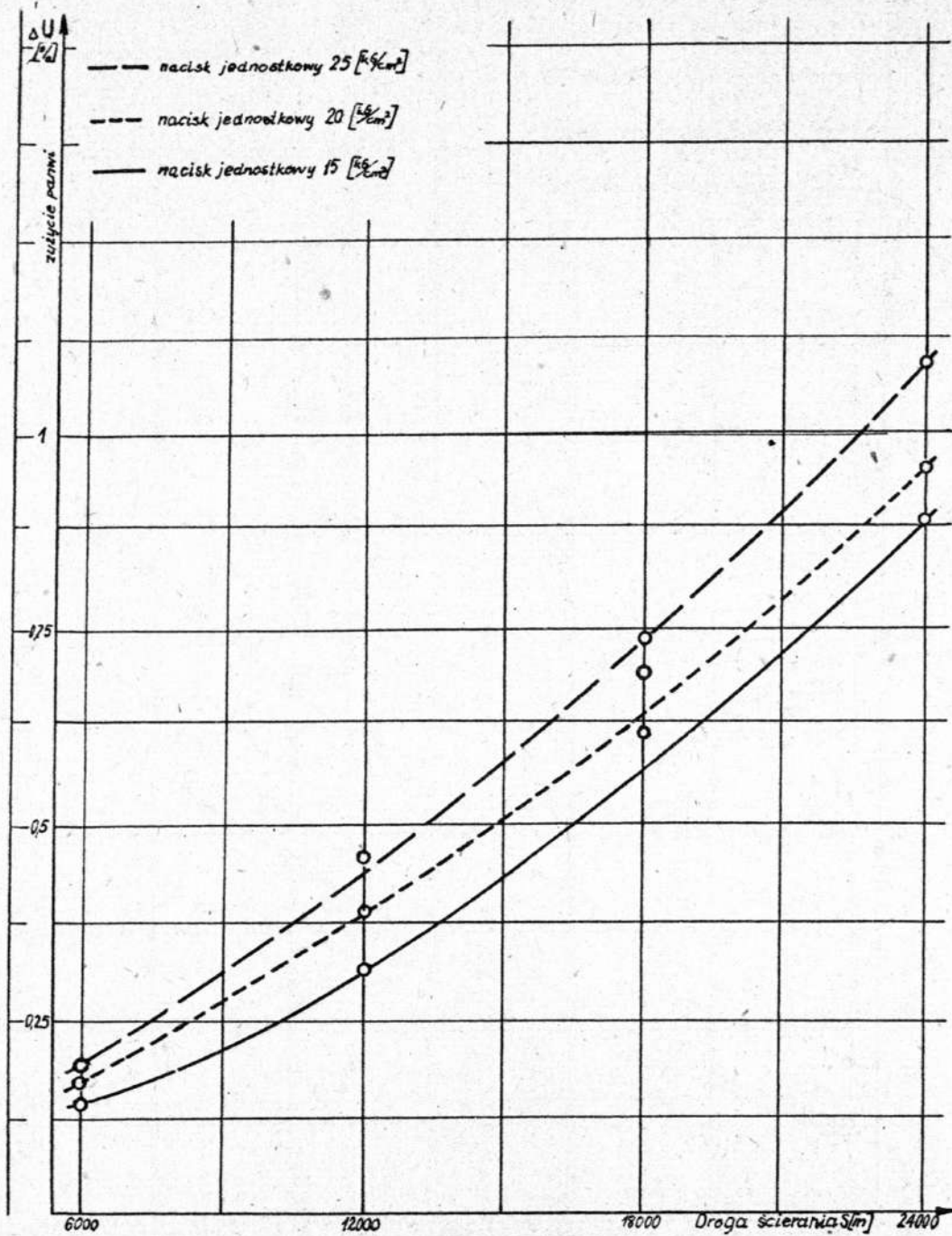
Ośrodek smarujący	Prędkość obrotowa "n" m/sek	Droga ścierania "s"	Obciążenie jednostkowe w ^{pn}	Średnie zużycie panwi %	U w a g i
Panew lignofolowa samosmarowna zanurzona w wodzie szkodkiej	500	6 000	15	0,16	
			20	0,17	
			25	0,19	
	500	12 000	15	0,31	
			20	0,35	
			25	0,47	
	500	18 000	15	0,60	
			20	0,69	
			25	0,76	
	500	24 000	15	0,91	
			20	0,96	
			25	1,11	



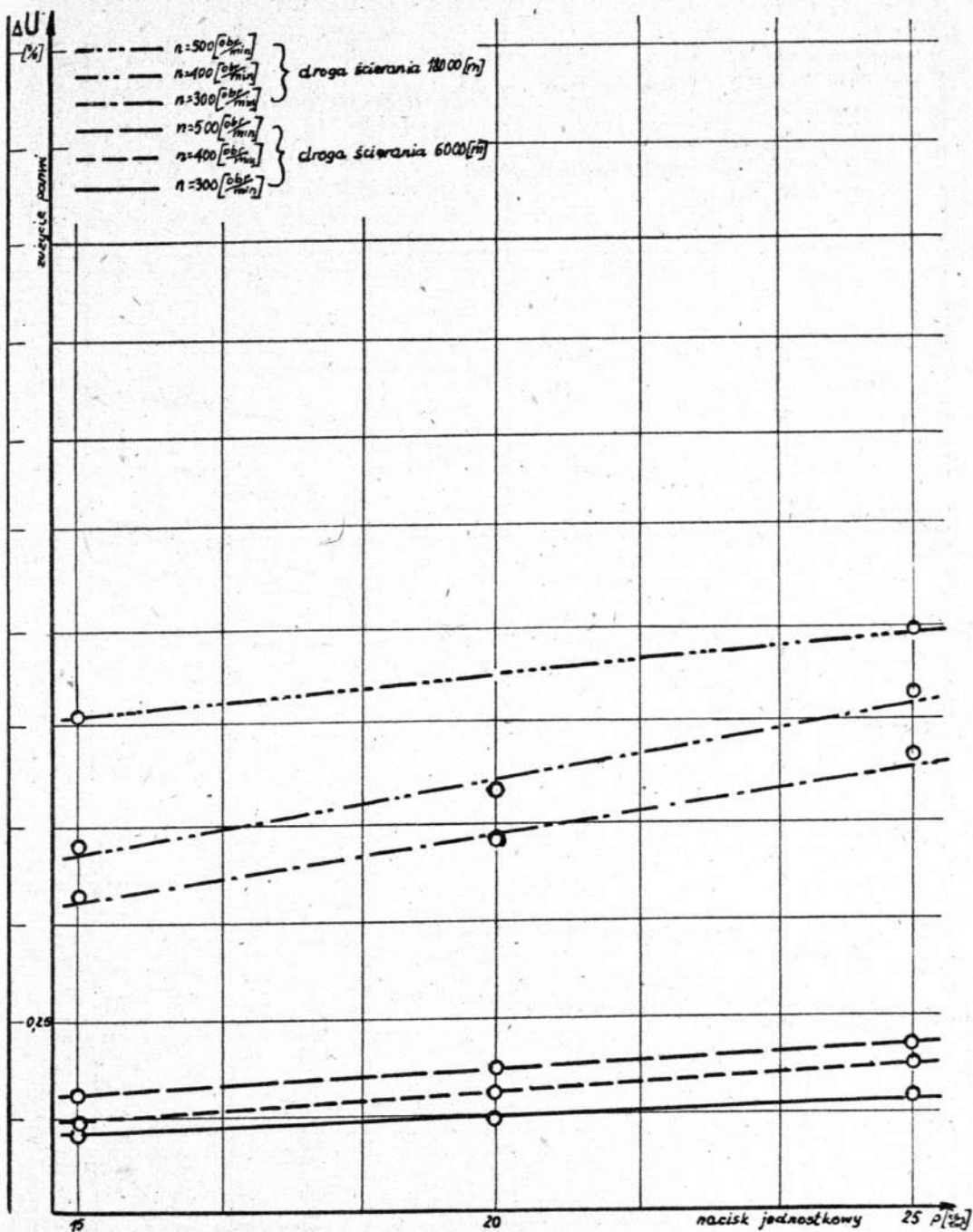
Wykres 3. Porównanie zużycia panwi z lignofolu podczas próby ścierania przy smarowaniu wodą słodką.
Zmienne: droga ścierania $s=6000, 12000, 18000, 24000$ m.
Stałe: a/ prędkość obrotowa wału $n = 300$ obr/min.,
b/ nacisk jednostkowy $p = 25, 20, 15$ KG/cm².



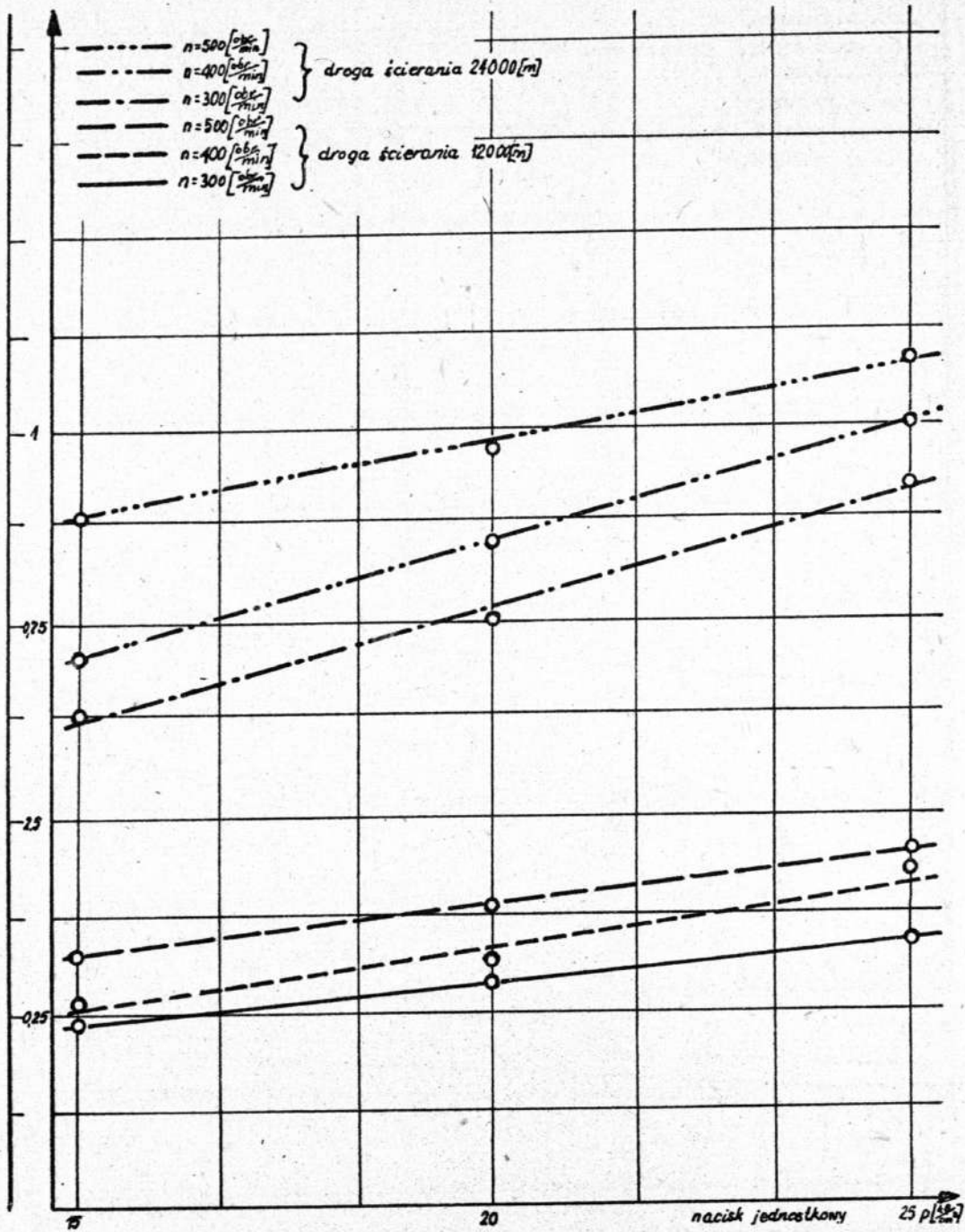
Wykres 4. Porównanie zużycia panwi z lignofolu podczas próby ścierania przy smarowaniu wodą słodką.
Zmienne: droga ścierania $s=6000, 12000, 18000, 24000$ m.
Stałe: a/prędkość obrotowa wału $n = 400$ obr/min.
b/nacisk jednostkowy $p = 25, 20, 15$ KG/cm².



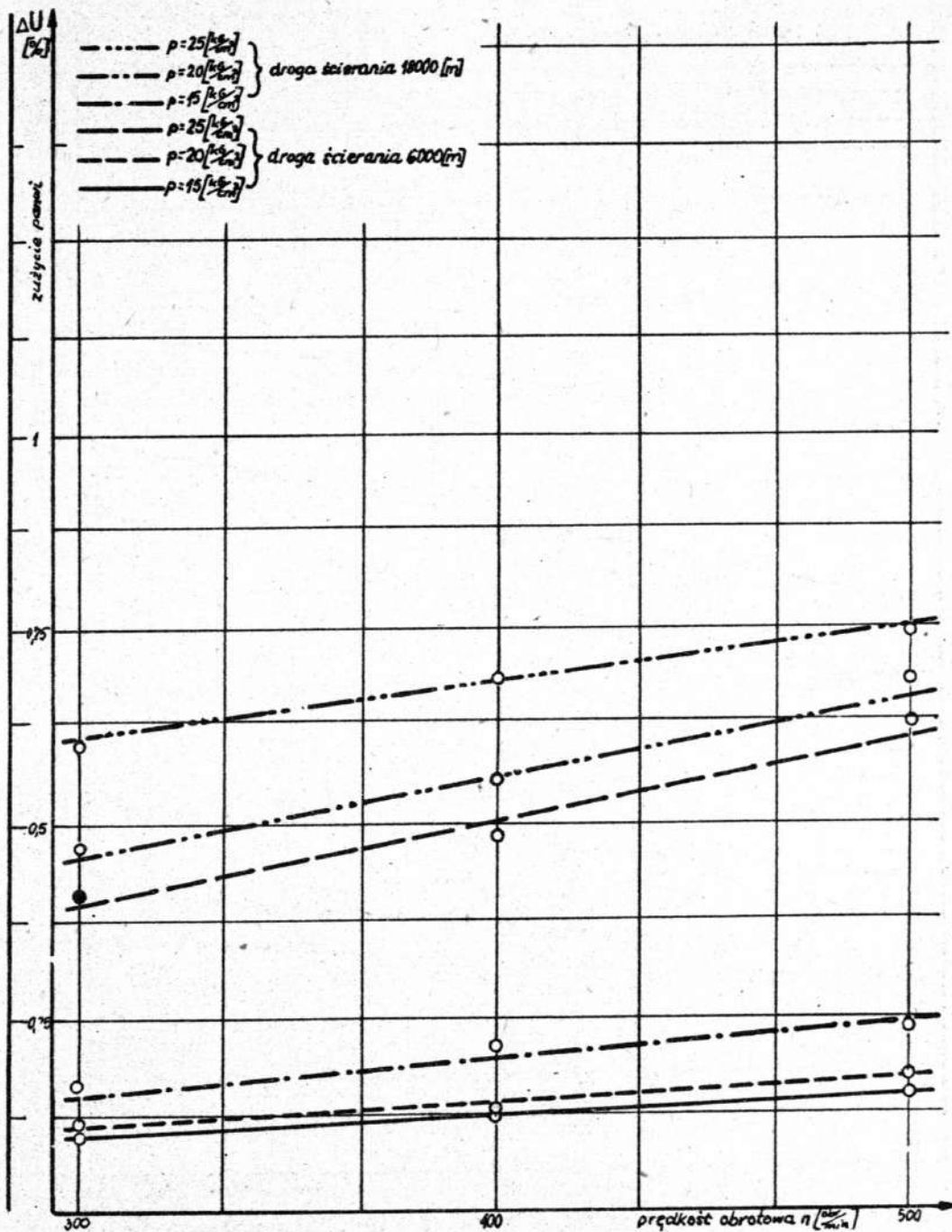
Wykres 5. Porównanie zużycia panwi z lignofolu podczas próby ścierania przy smarowaniu wodą słodką.
Zmienne: droga ścierania $s=6000, 12000, 18000, 24000$ m.
Stałe: a/prędkość obrotowa wału $n = 500$ obr/min.
b/nacisk jednostkowy $p = 25, 20, 15$ KG/cm².



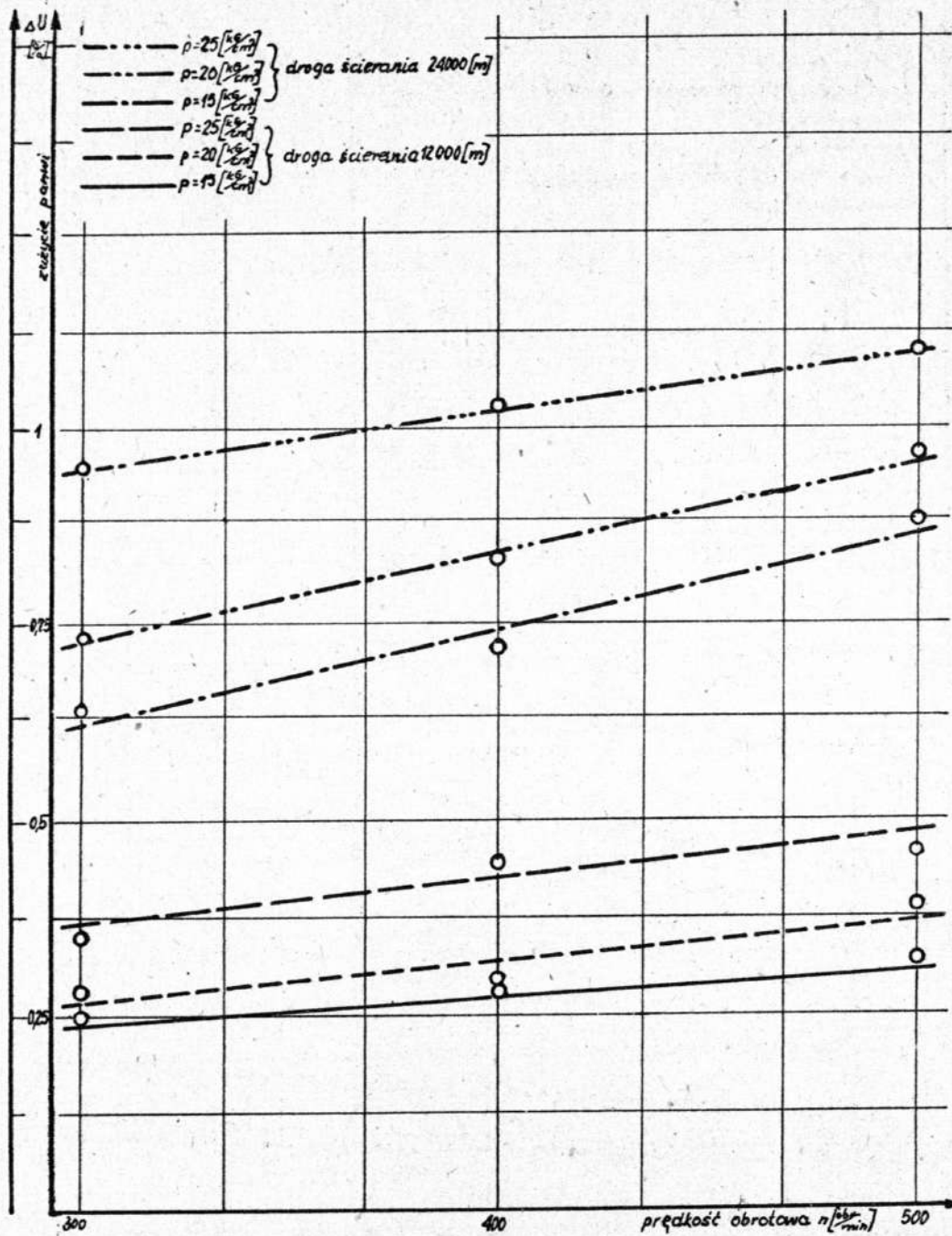
Wykres 6. Porównanie zużycia panwi z lignofolu podczas próby ścierania przy smarowaniu wodą słodką.
 Zmienne: nacisk jednostkowy $p = 15, 20, 25 \text{ KG/cm}^2$.
 Stałe: a/prędkość obrotowa wału $n = 300, 400, 500 \text{ obr/min}$.
 b/droga ścierania $s = 6000, 18000 \text{ m}$.



Wykres 7. Porównanie zużycia panwi z lignofolu podczas próby ścierania przy smarowaniu wodą słodką.
 Zmienne: nacisk jednostkowy $p = 15, 20, 25$ KG/cm².
 Stałe: a/ prędkość obrotowa wału $n = 300, 400, 500$ obr/min.
 b/ droga ścierania $s = 12000, 24000$ m.



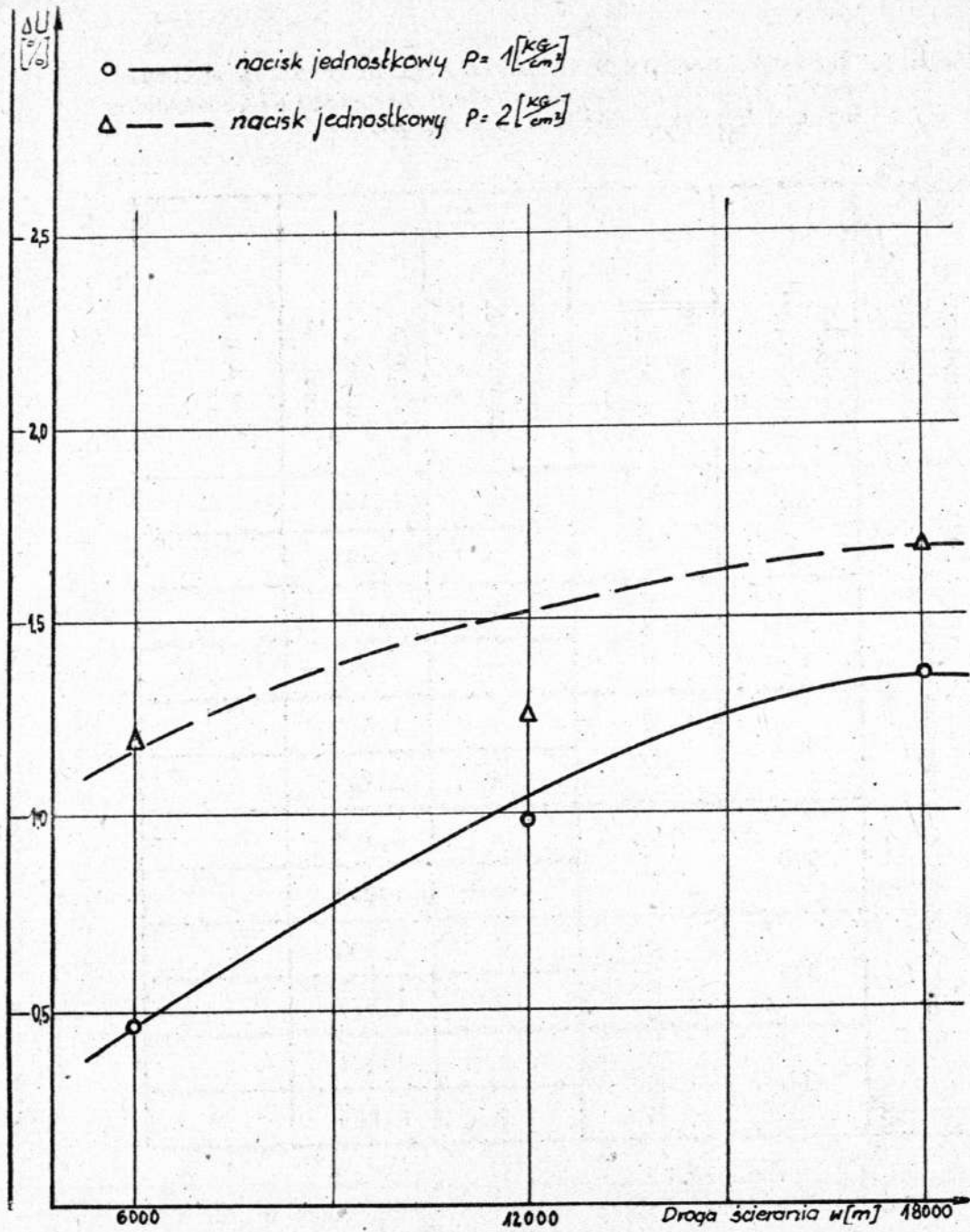
Wykres 8. Porównanie zużycia panwi z lignofolu podczas próby ścierania przy smarowaniu wodą słodką.
 Zmienne: prędkość obrotowa wału $n=300, 400, 500$ obr/min.
 Stałe: a/nacisk jednostkowy $p = 15, 20, 25$ KG/cm².
 b/droga ścierania $s = 6000, 18000$ m.



Wykres 9. Porównanie zużycia panwi z lignofolu podczas próby ścierania przy smarowaniu wodą słodką.
 Zmienne: prędkość obrotowa wału $n=300, 400, 500$ obr./min.
 Stałe: a/nacisk jednostkowy $p = 15, 20, 25$ KG/cm².
 b/droga ścierania $s = 12000, 24000$ m.

Tabela 3. Porównanie wyników badań ścieralności panwi wykonanej z lignofolu samosmarownego bukowego PLBo uzyskanych w Gdańskim Ośrodku Badawczym.

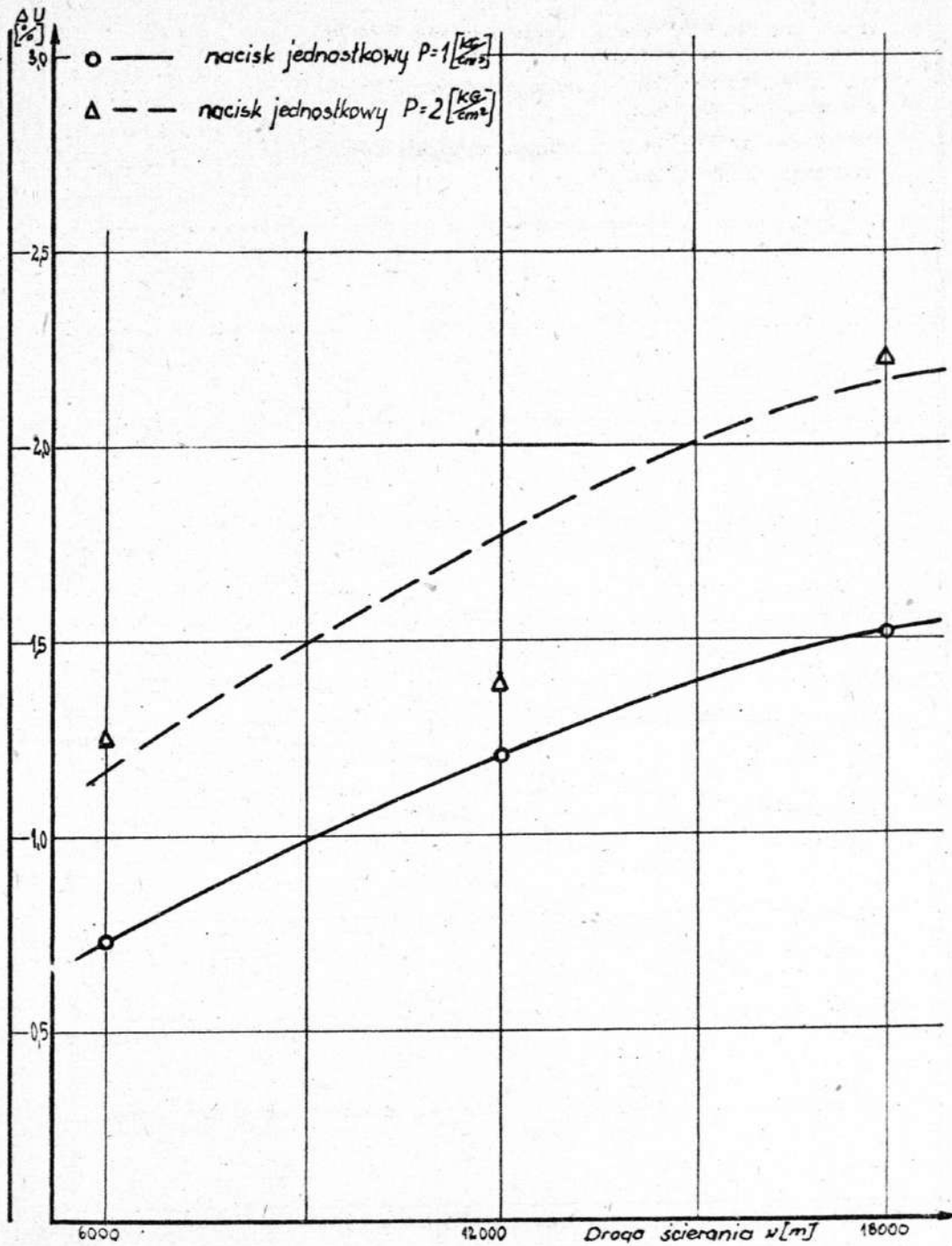
Ośrodek smarujący	Prędkość obrotowa "n"	Droga ścierania "s"	Obciążenie jednostkowe "p"	Średnie zużycie panwi %	U w a g i
Panew lignofolowa samosmarowna	300	6000	1	0,462	
			2	1,181	
	300	12000	1	0,986	
			2	1,243	
	300	18000	1	1,343	
			2	1,700	
	500	6000	1	0,705	
			2	1,242	
	500	12000	1	1,190	
			2	1,375	
	500	18000	1	1,521	
			2	2,225	



Wykres 10. Porównanie zużycia panwi z lignofolu samosmarownego podczas próby ścierania.

Zmienne: droga ścierania $s = 6000, 12000, 18000$ m.

Stałe: a/ prędkość obrotowa $n = 300$ obr/min.
b/ nacisk jednostkowy $p = 1, 2$ KG/cm².

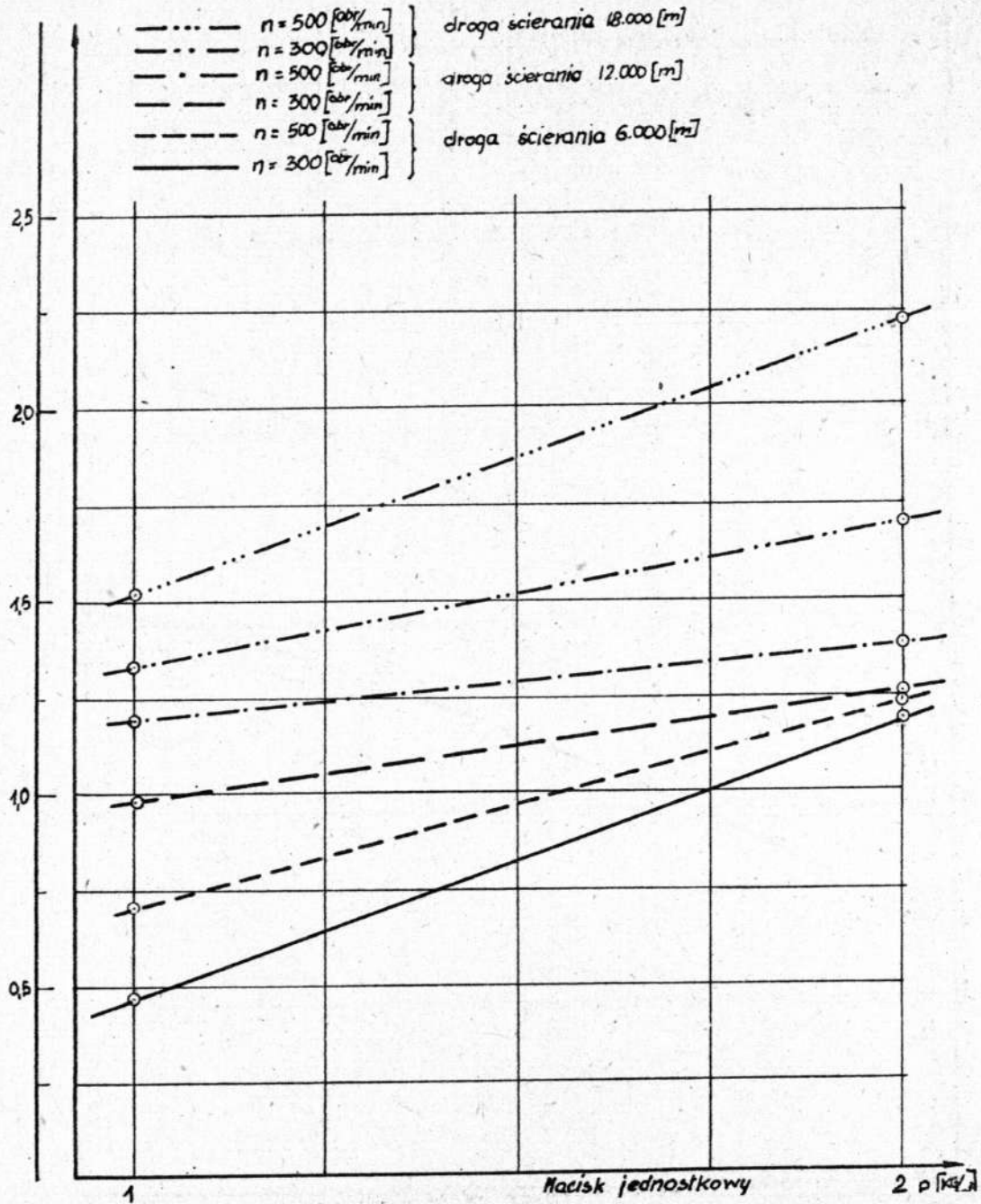


Wykres 11. Porównanie zużycia panwi z lignofolu samosmarownego podczas próby ścierania.

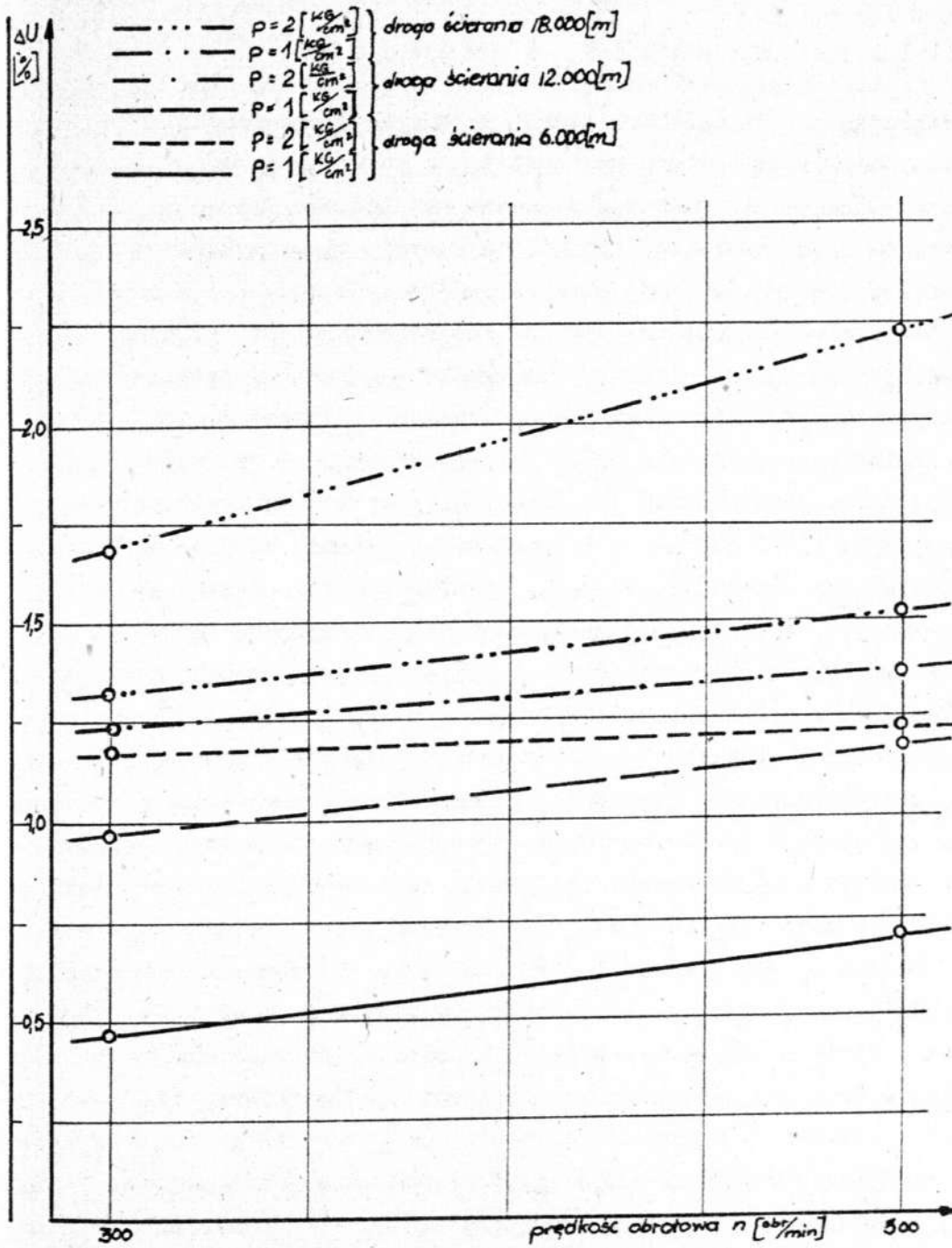
Zmienne: droga ścierania $s = 6000, 12000, 18000$ m.

Stałe: a/ prędkość obrotowa $n = 500$ obr/min.

b/ nacisk jednostkowy $p = 1, 2$ KG/cm².



Wykres 12. Porównanie zużycia panwi z lignofolu samosmarownego podczas próby ścierania.
 Zmienne: nacisk jednostkowy $p = 1, 2 \text{ kg/cm}^2$.
 Stałe: prędkość obrotowa $n = 300 \text{ obr/min}$.
 droga ścierania $s = 6000, 12000, 18000 \text{ m}$.



Wykres 13. Porównanie zużycia panwi z lignofolu samosmarownego podczas próby ścierania.

Zmienne: prędkość obrotowa $n = 500$ obr/min. 2

Stałe: a/ nacisk jednostkowy $p = 1, 2$ KG/cm².

b/ droga ścierania $s = 6000, 12000, 18000$ m.

9. A n a l i z a w y n i k ó w i w n i o s k i

Opierając się na wynikach badań uzyskanych w omawianych ośrodkach badawczych, należy stwierdzić, że tworzywa drzewne /lignoston i lignofol/ mogą być stosowane na łożyska ślizgowe. Z porównania tych materiałów wynika, że zużycie panwi wykonanej z lignostonu giętprasowanego samosmarownego brzożowego, jak również z lignofolu krzyżowarstwowego samosmarownego jest zależne od zmieniających się parametrów. Jak wynika z wykresów, zużycie panwi lignostonowej oraz panwi lignofolowej przy stałej drodze tarcia uzależnione jest od obciążenia jednostkowego i prędkości obrotowej wału. Na wykresie 1. i tabeli 1. przy stałej prędkości obrotowej wału - 290 obr/min - i zmiennym obciążeniu zużycie panwi lignostonowej w początkowej fazie ścierania rośnie intensywniej, następnie stabilizuje się. Zjawisko to powstało na skutek dotarcia się czopa i panwi po 18000 m. Oględziny panwi po długiej drodze ścierania wykazały, że powierzchnie styku panwi i wału były utwardzone i gładkie. Średni wzrost zużycia procentowego dla panwi lignostonowej przy stałej prędkości obrotowej wału i dla przedziału dróg tarcia od 6000 - 24000 m waha się w granicach od 1,1% - 2,75% przy założonym obciążeniu jednostkowym 2 KG/cm^2 . Natomiast dla panwi lignofolowej w przedziale dróg tarcia od 6000 - 18000 m i przy prędkości obrotowej wału 300 obr/min. zużycie rośnie od 1,181% /tabela 5/ do 1,800%, a przy prędkości obrotowej wału 500 obr/min. zużycie waha się w granicach od 1,242% do 2,225% przy takim samym obciążeniu jednostkowym, tj. 2 KG/cm^2 .

Z porównania średnich zużyć panwi lignostonowej i lignofolowej w funkcji drogi ścierania /wykresy 1, 10, 11/ widać, że przebieg zużycia dla stosowanych obciążeń jest podobny pod względem krzywej - różni się tylko w niewielkim stopniu wartościowo. Porównując dalej średnie wartości zużycia omawianych panwi w funkcji obciążenia dla różnych dróg ścierania /wykres 2 i 12/,

stwierdzić należy, że zużycie rośnie w miarę zwiększonych obciążeń. Ponadto analizując wyniki badań panwi lignofolowej, można zauważyć, że przy stałej drodze tarcia, jak również przy stałym obciążeniu zużycie zależy od prędkości obrotowej wału ścierającego panew /wykres 13/.

Jak wynika z wykresów i tabel lignoston gięto-prasowany samosmarowny brzozyowy czy lignofol krzyżowo-warstwowy samosmarowny może być stosowany na łożyska ślizgowe. Panwie wykonane z tych tworzyw drzewnych mogą pracować bez smarowania przy małych prędkościach obrotowych i niewielkich obciążeniach jednostkowych. Z badań tych wynika, że na pracę panwi ma istotny wpływ czynnik smarujący.

Wyniki, jakie uzyskano przy badaniu łożyska wykonanego z lignofolu krzyżowo warstwowego, samosmarownego bukowego dodatkowo smarowanego wodą słodką, obrazują że najmniejsze jest zużycie tego łożyska.

Na wykresach 3, 4, 5 oraz w tabelach 2, 3, 4 przedstawiających zużycie panwi na skutek zmiennej drogi tarcia przy stałych pozostałych warunkach pokazano, że zużycie panwi jest nieznaczne. Mieści się ono w granicach średnio od 0,11% dla najkorzystniejszych warunków założonych do 1,11% dla najgorszych warunków założonych.

Zużycie panwi wraz ze wzrostem drogi ścierania przy innych warunkach stałych rośnie proporcjonalnie. Obrazują to wykresy 3, 4, 5.

Opierając się na wykresach 6, 7 można stwierdzić, że zużycie panwi jest większe dla 24000 m drogi ścierania od zużycia panwi dla 6000 m drogi ścierania dla tych samych warunków założonych. Można to uzasadnić dłuższym czasem ścierania, a więc wydajność mikroskrawania jest większa dla dłuższej drogi ścierania. Badania wykazały, że przy stałej drodze ścierania zużycie zależy również od szybkości ruchu obrotowego wału /wykresy 8 i 9/.

Na wykresach 6, 7 przedstawiono zależność zużycia panwi od wielkości obciążenia jednostkowego przy pozostałych parametrach stałych.

Jak już wspomniano, czynnikiem smarującym w jednym przypadku była woda. Jej wpływ na zachowanie się panwi podczas próby był zależny od temperatury, jaką ona utrzymywała. Podczas smarowania panwi bez przepływu oleju temperatura wody podnosiła się, a to miało wpływ na rozrzedzenie się oleju nasycenie panwi i jego ubytek - upływ oleju.

Ubytek rozrzedzonego oleju umożliwiał wchłonięcie wody, a jednocześnie pęcznienie panwi, co w konsekwencji przyczyniło się do złej pracy łożyska. O wiele lepsze wyniki otrzymywano w przypadku zastosowania smarowania panwi za pomocą czynnika chłodzącego przepływającego. Ustalona temperatura czynnika w granicach 20°C pozwoliła na osiągnięcie minimalnego pęcznienia panwi. Zostało rozrzedzonego oleju mniej, wymytego z panwi, a w związku z tym miało miejsce lepsze smarowanie, wymiary łożyska pozostały niezmiennione, co spowodowało jego lepszą pracę.

Po przeanalizowaniu powyższego nasuwają się wnioski:

- a. Panew łożyska z lignofolu krzyżowo-warstwowego w otoczeniu wody jako czynnika smarującego zapewnia dobrą pracę, gdy zapewni się jej właściwy proces obróbki. Przy produkcji panwi należy zwrócić uwagę, aby płaszczyzny forniru ustawione były prostopadle do płaszczyzny czopa z nim współpracującego. Przyczyni się to do uzyskania mniejszych luzów i najmniejszego pęcznienia.
- b. Gdy łożysko pracuje przez dłuższy czas w wodzie, pęcznienie panwi dochodzi do pewnej wartości, następnie ustala się i jest prawie niezmiennione. Dzieje się tak, ponieważ ubytki rozrzedzonego oleju w panwi wypełnione są wodą. Ustalenie się temperatury czynnika chłodzącego do stałej wartości przyczynia się do zahamowania dalszego pęcznienia panwi.

Na zakończenie analizy przydatności materiałów drzewnych /lignostonu i lignofolu/ na łożyska ślizgowe należy stwierdzić:

- a. Lignoston i lignofol może być zastosowany na panwie łożysk ślizgowych przy niewielkich obciążeniach jednostkowych i prędkościach obrotowych wału oraz gdy proces technologiczny obróbki panwi będzie obejmował:
 - zachowanie prostopadłości włókien /lignoston/ i płaszczyzn forniru /lignofol/ do powierzchni czopa,
 - wciskanie panwi w tuleje stalowe, a dopiero potem rozwiercanie ich na wymiar, co pozwoli na zachowanie właściwych luzów.
- b. łożyska ślizgowe z tworzyw drzewnych w procesie tarcia przy założeniu różnych parametrów i warunków pracy zasadniczo od siebie nie różnią się.
- c. Według przeprowadzonych badań i oceny ich wyników najlepszym materiałem na łożyska ślizgowe jest lignofol samosmarowny bukowy krzyżowo-warstwowy typ PLBo pracujący w czynniku smarującym, jakim jest woda słodka.

B i b l i o g r a f i a

- [1] Andrejew L., Zastosowanie łożysk lignofolowych w kłatkach walców zębatych walcowni trio. 250. Wiad. hut. 1955 nr 4.
- [2] Chuchrianskij P.N., Pressowanie drewniny. Moskwa 1964.
- [3] Michalski M., Nowe tworzywa sztuczne i ich zastosowanie na łożyska ślizgowe. Techn. Motoryz. 1961, nr 8.
- [4] Perkitny T., Badanie nad ciśnieniem pęcznienia drewna, PWRiL. 1951.
- [5] Perkitny T., Wnuk M., Technologia drewna warstwowego "Mechanik" Poradnik Techniczny tom III. Warszawa 1956.
- [6] Perkitny T., Wnuk M., Dziedzic L., Badania zmierzające do opracowania optymalnej technologii klejenia lignofoli z zastosowaniem wstępnego ogrzewania paczki. Zakład Tworzyw Drzewnych Poznań 1961.
- [7] Wnuk M., Dokumentacja technologiczna produkcji lignofoli samosmarownych. Zakład Tworzyw Drzewnych. Bydgoszcz 1958.
- [8] Graj L., Opracowanie technologii produkcji lignostonowych panwi na łożyska ślizgowe w oparciu o metodę radziecką. Instytut Technologii Drewna, Poznań 1967.
- [9] Wojtowicz E., Badania nad możliwością zastąpienia brązu lignofolem. Studia Techniczne - Zeszyt 2, Wyższa Szkoła Pedagogiczna 1975 r.