

Stanisław Stężala  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
Oddział w Gdańsku  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
Akademia Rolnicza w Szczecinie

Stanisław Ptaszyński  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
Oddział w Kłodzku

Grzegorz Pałka, Stefan Wieczorek  
Instytut Budownictwa, Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa  
Oddział w Gdańsku

## WYBÓR I ZASTOSOWANIE LANYCH ELASTOMERÓW URETANOWYCH W DŹWIGNIOWO-SPRĘŻYNOWYCH BEZPIECZNIKACH PŁUGÓW

### Streszczenie

Przeprowadzono badania trzech rodzajów lanych elastomerów uretanowych w aspekcie zastosowania jako sprężyn mechanicznych zabezpieczeń pługów. Wytypowano jeden z nich jako spełniający założone wymagania. Wyznaczono jego charakterystykę jako zależność wielkości odkształcenia od wielkości siły sprężającej i odprężającej. Na jej podstawie skonstruowano sprężynę spełniającą stawiane mechanicznym bezpiecznikom pługów uwarunkowania techniczno-użytkowe. Prototypy sprężyn poddano badaniom eksploatacyjnym w trakcie orki zakamienionego gruntu, wyznaczając charakterystykę pracy bezpieczników uzbrojonych w nowe sprężyny. Uzyskane wyniki wskazują na ich przydatność użytkową, a efekty orki odpowiadają efektem stosowania pługów z zabezpieczeniami hydro-pneumatycznymi.

**Słowa kluczowe:** bezpieczniki pługów, sprężyny, elastomery uretanowe

### Wstęp

Systematyczny wzrost mocy ciągników oraz prędkości wykonywanych zabiegów agrotechnicznych zwiększa niebezpieczeństwo awaryjnych uszkodzeń w użytkowanych w rolnictwie maszynach i urządzeniach, szczególnie przy uprawie i pielęgnacji gleby. Przy orce gleb silnie „zakamienionych”, przy dużej sile ciągu, jaką dysponują współczesne ciągniki, w przypadku pojawienia się takich przeszkód jak duże kamienie, występują często przeciążenia powodujące uszkodzenia nie tylko roboczych elementów pługa, ale ca-



tych jego korpusów. W celu wyeliminowania tego przeciążenia 2/3 aktualnie produkowanych w krajach europejskich pługów wyposażonych jest w bezpieczniki zapobiegające przeciążeniom roboczych elementów i zespołów [Ptaszyński 1990; Jarmocik 2000]. Stosuje się cztery rodzaje zabezpieczeń korpusów pługowych: bezpieczniki kołkowe (ścianane lub zrywane, zabezpieczenia półautomatyczne, automatyczne zabezpieczenia hydrauliczno-pneumatyczne, automatyczne zabezpieczenia mechaniczne. Wymienione zabezpieczenia mogą być stosowane w pługach zagonowych i odwracalnych, bez względu na liczbę korpusów. Najczęściej w danym pługu stosowany jest jeden rodzaj zabezpieczenia, aczkolwiek spotykane są pługi o podwójnym zabezpieczeniu (np. Vogel & Noot), gdzie obok zabezpieczenia hydraulicznego, stosowane jest zabezpieczenie kołkowe [Jarmocik 2000].

Typowymi elementami stosowanymi w bezpiecznikach mechanicznych są metalowe sprężyny o odpowiedniej charakterystyce. Ich mankamentem jest mały skok determinujący duże wymiary (długość) sprężyny przy wysokich siłach odchylających i dużym ugięciu roboczym wywołanym tymi siłami oraz duża masa, działająca niekorzystnie na stateczność ciągników nawet o średniej mocy, zagregowanych z kilkuskibowymi pługami zawieszanymi. Znacznie korzystniejsze pod tym względem byłyby sprężyny wykonane ze specjalnie do tego celu dobranego elastomeru uretanowego o dużej sprężystości i kilkakrotnie mniejszej masie. Podobne materiały stosowane są już od dawna w przypadku elastycznych wkładów sprzęgłowych oraz sprawdziły się jako bardzo niezawodne i trwalsze od stalowych sprężyste elementy wykrojników i tłoczników [Jakubowski 1994].

Celem pracy było opracowanie nowych, elastomerowych sprężyn bez zmian konstrukcyjnych dotychczas stosowanych bezpieczników dźwigniowo-sprężynowych. Założono, że dobrany elastomer musi charakteryzować się wysoką odpornością na ściskanie i dużą sprężystością, co powinno gwarantować wysoką trwałość, stałe, niezmiennie w czasie oddziaływanie sprężyny na korpus pługowy przy uregulowanym nacisku wstępnym oraz natychmiastowy powrót sprężyny do wymiarów początkowych po odjęciu siły ściskającej, oddziaływującej na korpus pługowy w momencie napotkania na drodze jego pracy stałej przeszkody o dużej masie i gabarytach (np. duże, bardzo ciężkie kamienie).

## **Metodyka badań**

Przeprowadzono badania laboratoryjne i eksploatacyjne, zmierzające do wyboru i wyznaczenia charakterystyki materiału poliuretanowego oraz kształtu, gabarytów i charakterystyki wykonanych z niego sprężyn, odpowiadających uwarunkowaniom konstrukcyjnym i warunkom pracy bezpieczników sprężynowo-dźwigniowych pługów ATLAS 4HD i 5HD.



## Badania laboratoryjne

Celem badań laboratoryjnych było:

- wyznaczenie wpływu długotrwałego odkształcenia materiału sprężystego (PU), wywołanego siłą ściskającą, na zdolność i czas jego powrotu do wymiaru początkowego po odjęciu siły ściskającej,
- wyznaczenie charakterystyki wybranego na sprężyny materiału (PU),
- zaproponowanie i sprawdzenie konstrukcji rozwiązania sprężyny z PU o założonych parametrach pracy.

Do badań wytypowano trzy rodzaje materiałów, z których pierwsze dwa (PU-1 i PU-2) otrzymano w reakcji poliaddycji poliostrodiolu (Poles 55/20) i diizocyjanianu MDI (Ongronat) przy różnych udziałach molowych tych składników, sieciowanych butanodiolem 1,4, uzyskując elastomer PU-1 o twardości 88° ShA i PU-2 o twardości 80° ShA. Trzeci rodzaj elastomeru otrzymano syntezując go z prepolimeru otrzymanego z diizocyjanianu toluilenu (TDI) i poliestru, sieciowanego trójmetylopropanem (TMP) i trójizopropylenoaminą (TIPA).

Badaniom poddawano po 5 próbek o wymiarach  $\varnothing 40$  mm,  $h = 60$  mm, poddając je okresowemu działaniu sił ściskających  $P_{1,2,3}$  do uzyskania wymiarów ( $h_{1,2,3}$ ) o 10%, 20% i 30% mniejszych od wymiaru początkowego ( $h_p$ ). Siłę ściskającą odejmowano po 72 godzinach, wyznaczając ich wymiary w trakcie powrotu do stanu początkowego natychmiast po odjęciu siły oraz kolejno po jednej, dwóch i trzech godzinach. Obliczano średni wynik z pięciu pomiarów, który stanowił rezultat przeprowadzonego badania.

Po zakończeniu ww. badań wyznaczano charakterystykę najwyżej ocenionego materiału w aspekcie pracy sprężyny. Wyznaczenie charakterystyki umożliwia określenie przedziału zmniejszenia wymiarów badanego materiału, przy których krzywa ściskania ( $P$ ) pokrywa się lub jest jak najbardziej zbliżona do krzywej powrotu ( $Q$ ). W tym zakresie można poddawać sprężynę długotrwałemu naprężeniu wstępnemu, bez obawy zmniejszenia siły jej oddziaływania na system dźwigniowy bezpiecznika.

Do badań charakterystyki materiału poliuretanowego użyto analogicznych jak wcześniej próbek o średnicy  $d = 40$  mm i wysokości  $h = 60$  mm. Charakterystykę, jako zależności  $P = f(\Delta h)$  i  $Q = f(\Delta h)$  wyznaczano przykładając siłę ściskającą, która powodowała zmniejszenie wysokości próbki ( $h$ ) o wartości ( $\Delta h$ ) 3-24 mm (w stosunku do wysokości początkowej 5-40%), wyznaczając jednocześnie wartość siły ściskającej ( $P$ ) dla każdego zmniejszenia wysokości (krzywa ściskania). Po zmniejszeniu wysokości próbki o 40%, wracano do początkowej wysokości, zwiększając ją co 3 mm (jak przy ściskaniu) przez zmniejszanie siły ściskającej ( $Q$ ) rejestrując jednocześnie wartość tej siły dla każdej wysokości pomiarowej próbki (krzywa powrotu).



Założono, że poliuretanowa sprężyna dostosowana będzie do istniejącego, dźwigniowo-sprężynowego zabezpieczenia pługa ATLAS 5HD i zastąpi stosowaną tam stalową sprężynę spiralną bez żadnych zmian konstrukcyjnych bezpiecznika, spełniając następujące uwarunkowania gabarytowe i parametry pracy:

- długość początkowa:  $\leq 485$  mm,
- ugięcie robocze:  $\Delta L_r \sim 85$  mm,
- naprężenie wstępne: 800-900 kG,
- średnica:  $\leq 124$  mm,
- średnica wewnętrzna rury osłonowej: 125 mm,
- siła odchylająca: 3000-4000 kG,
- $\varnothing$  otworu: 41 mm.

W celu uzyskania sprężyny spełniającej powyższe założenia, przeprowadzono badania pięciu eksperymentalnych wersji sprężyn, w tym czterech w kształcie tulei, w których elastomer uretanowy nie tworzy jednolitego masywu, lecz podzielony jest w płaszczyznach prostopadłych do osi tulei przekładkami z blachy stalowej o grubości 2 mm w kształcie pierścieni o  $\varnothing_w$  41 mm oraz  $\varnothing_z$  120 mm i przyklejony do nich odpowiednio dobranym klejem, oraz jednej bez przekładek. Odległość pomiędzy przekładkami w trzech sprężynach wynosiła: w pierwszej 10 mm, w drugiej 20 mm i w trzeciej 30 mm, a zewnętrzna ich powierzchnia była cylindryczna. Odległość pomiędzy przekładkami w czwartej sprężynie wynosiła 20 mm, przy czym wzdłuż jej zewnętrznej tworzącej dokonano w materiale poliuretanowym wypełniającym przestrzeń pomiędzy przekładkami pierścieniowych wybrań o przekroju półelipsoidalnym. Piąta badana sprężyna nie miała żadnych przekładek. Sumaryczna wysokość masywu poliuretanowego wynosiła w każdej sprężynie 60 mm.

Badane sprężyny w zależności od grubości warstwy poliuretanu wypełniającego przestrzeń pomiędzy przekładkami składały się odpowiednio z 6 sekcji (sprężyna 1), 3 sekcji (sprężyna 2 i 4), 2 sekcji (sprężyna 3) i 1 sekcji (sprężyna 5). Sprężyny poddawano ścisłaniu na prasie EDŻ firmy Hecket z siłą 900 kG i 4000 kG, rejestrując ich długość początkową  $l_o$  i  $l_1$  – przy nacisku 900 kG oraz  $l_2$  – przy nacisku 4000 kG. Zmianę wymiarów w odniesieniu do jednej sekcji badanych sprężyn wyznaczano na podstawie równań:

$$\Delta l_{wj} = \frac{l_o - l_1}{n} \quad (1)$$

$$\Delta l_{cj} = \frac{l_2 - l_o}{n} \quad (2)$$

$$\Delta l_{rj} = \frac{l_2 - l_1}{n} \quad (3)$$

gdzie:

- $\Delta l_{wj}$  - zmiana wymiarów jednej sekcji przy naprężeniu wstępnym 900 kG,
- $\Delta l_{cj}$  - zmiana wymiarów jednej sekcji przy ściskaniu z siłą 4000 kG,
- $\Delta l_{rj}$  - zmiana wymiarów jednej sekcji w roboczym zakresie pracy od 900 kG do 4000 kG,
- $l_0$  - długość początkowa sprężyny,
- $l_1$  - długość sprężyny przy naprężeniu wstępnym 900 kG,
- $l_2$  - długość sprężyny przy ściskaniu siłą 4000 kG,
- $n$  - liczba sekcji.

Długość sprężyny spełniającej założone uwarunkowania gabarytowe i parametry pracy obliczano na podstawie równania:

$$l_0 = i \cdot g_1 + (i + 1) \cdot g_2 \quad (4)$$

gdzie:

- $l_0$  - długość początkowa sprężyny,
- $g_1$  - grubość warstwy PU,
- $g_2$  - grubość przekładki stalowej,
- $i$  - liczba sekcji.

$$i = \frac{\Delta l_r}{\Delta l_{rj}} \quad (5)$$

## Badania eksploatacyjne

Celem badań było określenie drogi zagłębiania i siły wyłączającej na ostrzu lemiesza w pługu, wstępna ocena trwałości sprężyn oraz weryfikacja uzyskanych wyników z postawionymi w celu pracy założeniami. Próby wykonywano w IBMER Kłudzienko na trzech bezpiecznikach sprężynowo-dźwigniowych, wbudowanych do pługa ATLAS 5HD. Pozostałe dwa korpusy pługa miały zabezpieczenie hydro-pneumatyczne. Próby prowadzono na zleżałym pastwisku w gospodarstwie Skotniki. Gleba była zakamieniona, a wielkość kamieni wynosiła  $\varnothing$  5-30 cm. Pokonywanie przeszkody obserwowano posługując się kamerą na statywie. Przeszkody (filmowane) stanowiły bloki betonowe o grubości 150 mm i sześciokątnej podstawie o boku około 150 mm, zakopane pionowo na głębokości 38 cm na trasie przejazdu pługa, co umożliwiało filmowanie przebiegu z bliskiej odległości.

Głębokość orki wynosiła 0,3 m, a jej prędkość 5 km/godz. (1,35 m/s) i około 7 km/godz. (1,72 m/s). Urządzenie odtwarzające pozwalało na przedstawienie stałych obrazów zdejmowanych w odstępach 1/50 s. Ponieważ przemieszczanie korpusu w tak krótkich odstępach czasu było bardzo małe, pomiary wykonywano co piąty obrazek, czyli co 1/10 s.



Drugi rodzaj prób polegał na zmienianiu sił poziomych przykładanych do ostrza lemiesza, niezbędnych do uniesienia korpusu pługa na odpowiednią wysokość. Próby wykonywano przy czterech napięciach wstępnych sprężyn, zmniejszając ich długość od długości początkowej  $L_0 = 464$  mm do  $L_r = 405$  mm, 400 mm, 390 mm, 380 mm. Odpowiadały im siły wyłączające równe 6,0, 6,3, 7,0 i 8 kN.

## **Wyniki badań**

Wyniki badań, których celem było wyznaczenie wpływu długotrwałego odkształcenia materiału (PU), wywołanego siłą ściskającą, na zdolności i czas jego powrotu do wymiaru początkowego po odjęciu siły ściskającej przedstawiono na rysunku 1 w postaci zależności  $\Delta h = f(\tau)$ . Na ich podstawie ustalono, że materiał PU-3 jest najkorzystniejszy, ponieważ charakteryzuje się doskonałą sprężystością. Świadczy o tym natychmiastowy powrót do wymiaru początkowego badanych próbek, nawet przy ściskaniu ich do 70% początkowej wysokości i utrzymywania w tym stanie przez 72 godziny oraz takimi właściwościami jak: twardość ( $55^\circ$  ShA), wytrzymałość na rozrywanie (29 MPa), elastyczność (34%) i wydłużenie w chwili zerwania (500%) [Żyłka 2003]. Na tej podstawie ww. materiał (PU-3) wytypowano do dalszych badań, tj. wyznaczenia charakterystyki wybranego na sprężyny materiału oraz zaproponowanie i sprawdzenie konstrukcji rozwiązania sprężyny z PU o założonych parametrach pracy.

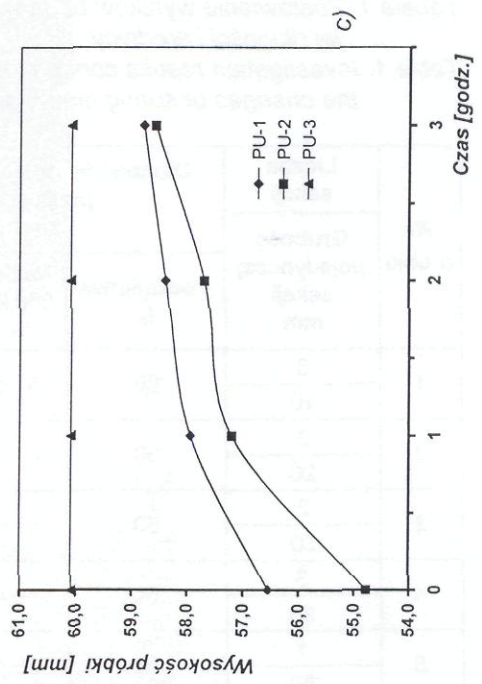
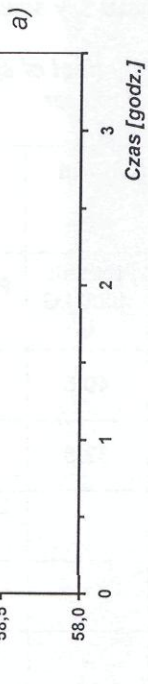
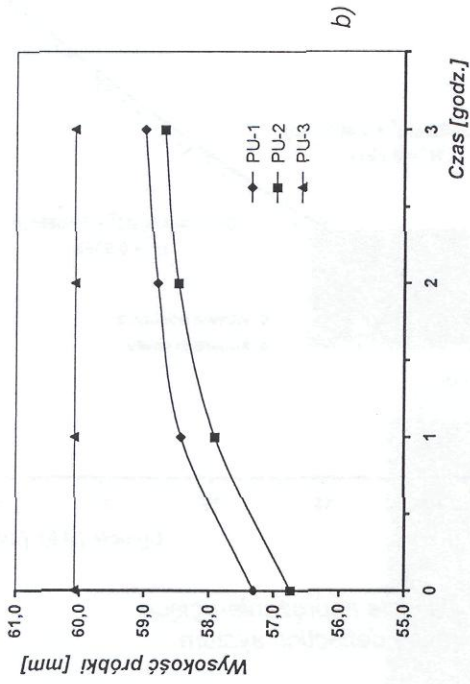
Charakterystykę materiału PU-3 jako zależność siły wywieranej na poliuretan przy ściskaniu ( $P$ ) i odprężaniu ( $Q$ ) sprężyny od wielkości ugięcia materiału przedstawiono w postaci równań regresji:

$$P = 0,383(\Delta h)^2 + 9,6614(\Delta h) - \text{krzywa ściskania} \quad (6)$$

$$Q = 0,4496(\Delta h)^2 + 7,8688(\Delta h) - \text{krzywa powrotu} \quad (7)$$

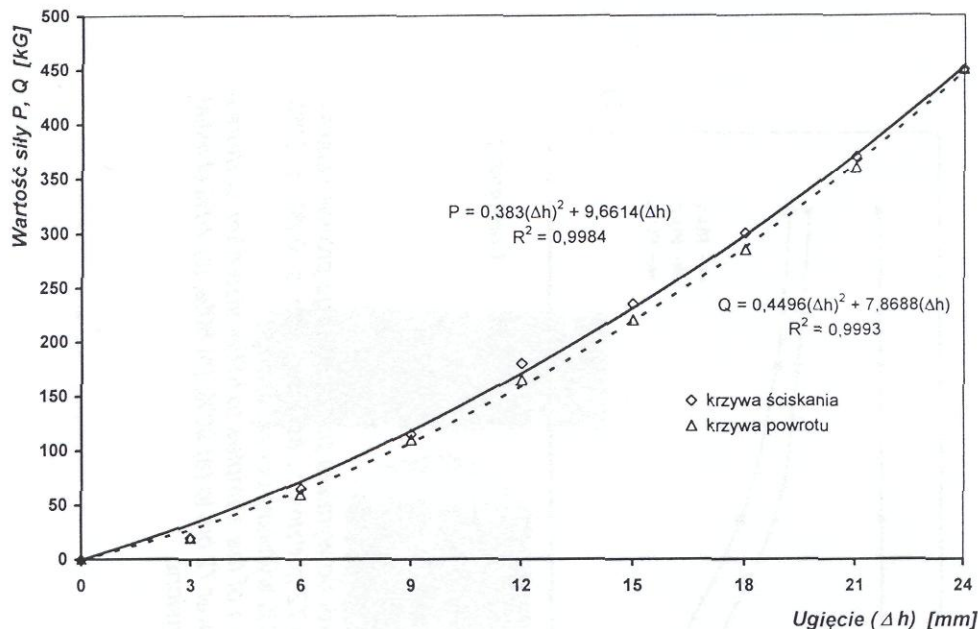
uzyskując wysokie współczynniki determinacji ( $R^2$ ) 0,9984 i 0,9993, przy poziomie istotności  $\alpha = 0,05$ , co zilustrowano na rysunku 2.

Na podstawie uzyskanej charakterystyki stwierdzono, że badany materiał poliuretanowy dzięki wysokim właściwościom sprężystym i minimalnej, bliskiej zera histerezie (różnica pomiędzy przebiegiem krzywej ściskania i krzywej powrotu) można z powodzeniem zastosować w mechanicznych bezpiecznikach sprężynowych. Wyniki badań pięciu eksperymentalnych wersji sprężyn zestawiono z tabeli 1.



Rys. 1. Powrót do wymiaru początkowego próbek ścisanych 72 godziny po ściśnięciu do: a- 90%, b- 80%, c- 70% wymiaru początkowego

Fig. 1. Return of the samples to initial size after compression over 72 hrs to (a) 90%, (b) 80%, (c) 70% of initial dimensions



Rys. 2. Charakterystyka materiału PU-3 w układzie naprężenie-ugięcie  
Fig.2. Characteristics of PU-3 material in stress - deflection system

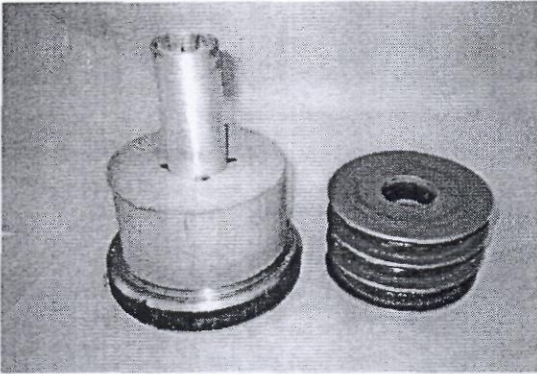
Tabela 1. Zestawienie wyników badań wpływu siły ściskającej sprężynę na zmianę jej długości i średnicy  
Table 1. Investigation results concerning the effect of spring compressing force on the changes of spring length and diameter

Nr próbki	Liczba sekcji	Długość po odjęciu grubości przekładek mm			Średnica zewnętrzna mm		
	Grubość pojedynczej sekcji mm	Początkowa $l_0$	Nacisk 900 kG $l_1$	Nacisk 4000 kG $l_2$	Początkowa $\varnothing_0$	Nacisk 900 kG $\varnothing_1$	Nacisk 4000 kG $\varnothing_2$
1	6	60	51,5	40,5	120	128,5	143,5
	10						
2	3	60	47,8	32,5	120	133,0	158,9
	20						
3	2	60	45,5	*	120	136,0	*
	30						
4	3	60	50,4	37,9	120	120,0	120,0
	20						
5	1	60	35,4	*	120	152,5	*
	60						

\*- dalej nie ściskano w obawie przed zniszczeniem

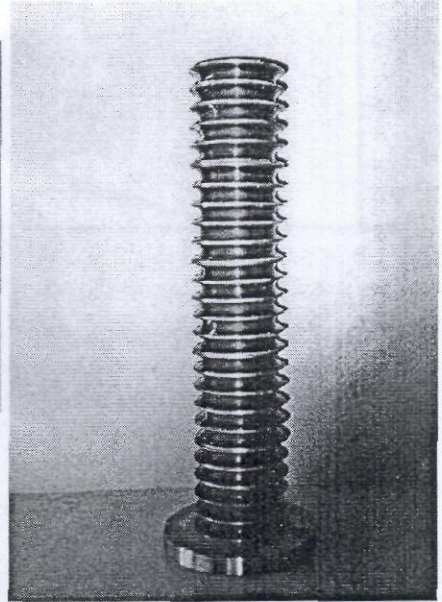


Analiza wyników wskazuje, iż przyjęte założenia, że średnica sprężyny musi być mniejsza od wewnętrznej średnicy rury osłonowej  $\varnothing \leq 125$  mm, spełnia tylko sprężyna nr 4 (rys. 3). Średnica jej dzięki pierścieniowym półelipsoidalnym wybraniom w każdej sekcji, nie zmienia się nawet przy ścisaniu siłą 4000 kG. W pozostałych przypadkach już po przyłożeniu naprężenia wstępnego, na skutek wybrzuszenia się ściskanego poliuretanu, średnica sprężyny przekracza 124 mm (tab. 1).



Rys. 3. Próbna forma i próbna, trójsekccyjna sprężyna. Widoczne pierścieniowe wybrania materiału PU-3

Fig. 3. Experimental mould and an experimental three-section spring. Visible cut out rings of the PU-3 material

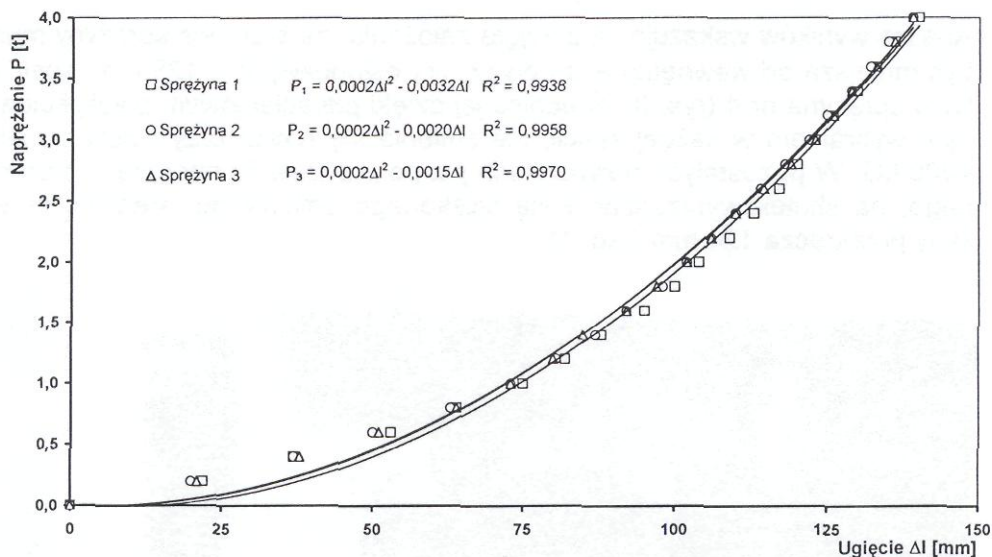


Rys. 4. Poliuretanowa, wielosekccyjna sprężyna bezpiecznika dźwigniowo-sprężynowego ATLAS 5HD

Fig. 4. Polyurethane, multi-section spring of the ATLAS 5HD lever-spring overload locking

Na podstawie wyników uzyskanych dla próbki nr 4 (tab. 1) podstawionych do równań od (1) do (3) wyznaczono zmianę wymiarów jednej sekcji przy naprężeniu wstępnym 900 kG ( $\Delta l_{w1}$ ) oraz przy ścisaniu z siłą 4000 kG ( $\Delta l_{c1}$ ), a także w zakresie pracy 900-4000 kG ( $\Delta l_{r1}$ ). Podstawiając do równania (5) założone ( $\Delta l_r$ ) i wyznaczane ( $\Delta l_{r1}$ ) parametry pracy sprężyny, obliczono ilość jej sekcji:  $i = 85 \text{ mm} / 4,16 \text{ mm} = 20,43$ . Przyjęto  $i = 21$ . Długość sprężyny spełniającej założone uwarunkowania obliczono podstawiając wyznaczone  $i$  i obliczone na podstawie uzyskanych wyników wartości do równania (4) uzyskując  $L_o = 464$  mm. Na podstawie ww. obliczeń wykonano trzy sprężyny. Jedną z nich przedstawiono na rysunku 4. Posługując się maszyną wytrzymałościową typu EDŻ firmy Heket wyznaczono ich charakterystykę w postaci zależności naprężenie-ugięcie (rys. 5).





Rys. 5. Wpływ ugięcia na napężenie trzech 21-sekcyjnych poliuretanowych sprężyn ( $d_z = 120$  mm,  $\varnothing_w = 41$  mm)

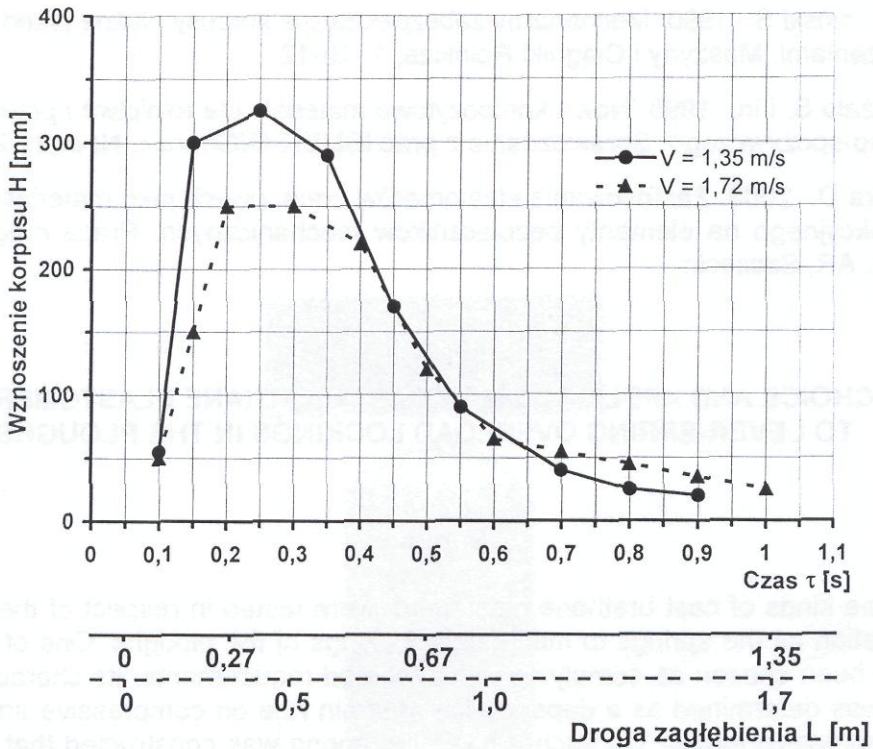
Fig.5. Impact of deflection on the stress of three 21-section polyurethane springs ( $d_2 = 120$  mm,  $O_w = 41$  mm)

Zarejestrowane wyniki badań eksploatacyjnych zilustrowano na rysunku 6, gdzie przedstawiono przebieg pokonywania przeszkody z prędkością 1,35 m/s i 1,72 m/s. Wznoszenie korpusu zależne było głównie do usytuowania przeszkody w stosunku do ostrza lemiesza i następowało w czasie 0,05-0,15 s. Często przy większych prędkościach orki trwało dłużej niż przy mniejszych. Zagłębienie korpusu zależało bardziej jednoznacznie od prędkości orki (rys. 6). Przy prędkości 1,35 m/s droga zagłębienia wynosiła ok. 1,2-1,5 m. Przy prędkości 1,72 m/s zagłębienie korpusu następowało na drodze 1,3-1,8 m. Zagłębienie na około 50% nastawionej głębokości orki następuje na dystansie 0,2-0,35 m, co spełnia wymagania agrotechniczne.

Pole po orce zakamienionej ziemi nie ma omijaków i niezaoranych powierzchni. Zdjęcia filmowe wykazały ponadto, że prędkość rozprężania sprężyny poliuretanowej jest wystarczająca, ponieważ nie zaobserwowano żadnej szczeliny pomiędzy płytka oporową bezpiecznika a sprężyną, podczas odwrotnego ruchu korpusu pługowego.

Uzyskane wyniki są bardzo zbliżone do wyników rejestrowanych w trakcie podobnych badań bezpieczników pługów ATLAS 5HD, wyposażonych w sprężyny stalowe. Badany pług wykonał w Zakładzie Doświadczalnym IBMER w Kłudzienku w ciągu trzech lat orkę na obszarze około 320 ha, nie ulegając żadnym awariom w trakcie pracy. Stan techniczny poliuretanowych sprężyn po trzyletnim okresie użytkowania i przechowywania wraz z pługiem, nie budził zastrzeżeń.





Rys. 6. Przebieg pokonywania przeszkody i droga zagłębienia korpusu przy różnych prędkościach orki

Fig.6. The course of overcoming an obstacle and plough body penetration path at various ploughing speeds

## Wnioski

1. Wytypowany na podstawie przeprowadzonych w IBMER badań laboratoryjnych i eksploatacyjnych materiał PU-3 spełnia wymogi stawiane sprężynom w bezpiecznikach dźwigniowo-sprężynowych stosowanych w wielu rodzajach pługów, a bezpiecznik nie wymaga zmian konstrukcyjnych przy zastosowaniu w zabezpieczeniach pługów ATLAS.
2. Wyniki badań prototypowych sprężyn uzyskane w trakcie orki zakamienionego gruntu wskazują na ich przydatność użytkową. Uzyskane efekty orki odpowiadają efektom stosowania pługów z zabezpieczeniami hydro-pneumatycznymi.

## Bibliografia

- Jakubowski L. 1994. Sprężyny poliuretanowe. Materiały informacyjne Przedsiębiorstwa Technologiczno-Produkcyjnego POLASTON, Poznań
- Jarmocik E. 2000. Bezpieczniki ratują korpusy. Top Agrar Polska, 10: 64-67

Ptaszyński S. 1990. Mechanizmy zabezpieczające korpusy płużne przed przeciążeniami. *Maszyny i Ciągniki Rolnicze*, 1: 10-12

Stężala S. i in. 1998. Nowe kompozytowe materiały dla rolnictwa i przemysłu rolno-spożywczego. Sprawozdanie z prac IBMER-O/Gdańsk. Nr arch. 2139

Żyłka D. 2003. Zastosowanie elastomerów uretanowych jako materiału konstrukcyjnego na elementy bezpieczników mechanicznych. Praca magisterska. AR, Szczecin

## **CHOICE AND APPLICATION OF CAST URETHANE ELASTOMERS TO LEVER-SPRING OVERLOAD LOCKINGS IN THE PLOUGHS**

### **Summary**

Three kinds of cast urethane elastomers were tested in respect of their application as the springs to mechanical lockings of the ploughs. One of them has been chosen as complying with assumed requirements. Its characteristic was determined as a dependence of strain rate on compressive and decompressive forces. On such a basis the spring was constructed that complied with technical and operation requirements for mechanical lockings of the ploughs. The prototype springs were subjected to operating tests in the course of ploughing on stony ground; operation characteristic was evaluated for overload lockings equipped with the new springs. The test results proved their usability: the effects of ploughing were equivalent to those obtained at using ploughs with hydro-pneumatic lockings.

**Key words:** ploughs, overload lockings, springs, urethane elastomers

*Recenzent: Bronisław Dawidowski*