

Piotr KOSTENCKI*, Piotr BOROWIAK*, Rafał NOWOWIEJSKI*

STATYCZNY I DYNAMICZNY NACISK WYWIERANY PRZEZ GLEBĘ PYLASTĄ NA POWIERZCHNIĘ ROBOCZĄ LEMIESZA PŁUŻNEGO

STATIC AND DYNAMIC PRESSURE EXERTED BY SILTY SOIL ONTO THE WORKING SURFACE OF A PLOUGHSHARE

Słowa kluczowe:

lemiesz płużny, nacisk gleby, nacisk statyczny i dynamiczny

Key words:

ploughshare, soil pressure, static and dynamic pressure

Streszczenie

Podczas orki pyłu ilastego zmierzono, przy dwóch prędkościach uprawy – 0,355 i 1,955 m·s⁻¹, wartość nacisku wywieranego przez glebę w czterech miejscach powierzchni roboczej lemiesza płużnego. Pozwoliło to, w oparciu o znaną zależność Goriaczkina, na określenie udziału w zmierzonym nacisku jego składowych, tj. wartości nacisku statycznego i dynamicznego. Przy eksploatacyjnej prędko-

* Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Kształtowania Środowiska i Rolnictwa, ul. J. Słowackiego 17, 71-434 Szczecin.

ści pracy pługa ($1,955 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$), największa wartość nacisku gleby i jego składowych występowała w miejscu pomiarowym położonym na części dziobowej lemiesza. W miejscu tym względny udział nacisku dynamicznego i statycznego w odniesieniu do nacisku całkowitego gleby wynosił odpowiednio 34 i 66%. W pozostałych miejscach pomiaru, zlokalizowanych na części trapezowej lemiesza, udział nacisku dynamicznego był mniejszy i wynosił do 24%, przy jego wartości bezwzględnej wielokrotnie mniejszej niż w miejscu pomiarowym położonym na części dziobowej lemiesza.

WPROWADZENIE

Orka wykonywana pługiem wymaga pokonania określonych oporów. Są one wynikiem tarcia w łożyskach jego kół i oporów ich przetaczania, tarcia nieroboczych elementów pługa o glebę, ciężaru podnoszonej gleby i oporów jej odkształcania oraz oddziaływania sił bezwładności pochodzących od gleby ulegającej przemieszczaniu na powierzchni roboczej korpusów. Trzy ostatnie z wymienionych czynników przyczyniają się do powstawania właściwego dla danych warunków rozkładu nacisku gleby na powierzchni roboczej korpusów wraz z rozkładem sił tarcia towarzyszących naciskom.

Wymienione czynniki ujęte są w powszechnie znanej empirycznej zależności Goriaczkina [L. 1] opisującej składową poziomą oporów pracy pługa w kierunku pokrywającym się z kierunkiem jego ruchu:

$$F_x = f \cdot G + k_0 \cdot a \cdot b + \varepsilon \cdot a \cdot b \cdot v^2 \quad (1)$$

gdzie: F_x – składowa pozioma oporu pługa [kN],

f – współczynnik oporu jałowego,

G – ciężar pługa [kN],

k_0 – współczynnik oporu statycznego [$\text{kN} \cdot \text{m}^{-2}$],

a – głębokość robocza pługa [m],

b – szerokość robocza pługa [m],

ε – współczynnik oporu dynamicznego [$\text{kN} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-4}$],

v – prędkość pracy pługa [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].

W zależności (1) wydzielono tzw. opory jałowe i statyczne (niezależne od prędkości pracy pługa) oraz dynamiczne (związane z prędkością pługa). Stąd współczynniki k_0 i ε nazywane są też odpowiednio stałą i zmienną częścią oporu jednostkowego gleby [L. 4]. Należy dodać, że wartość współczynników f , k_0 i ε , występujących we wzorze (1), związana jest z właściwościami i stanem uprawianej gleby oraz cechami konstrukcyjnymi narzędzia, tj. głównie z jego ciężarem oraz geometrią lemiesza i odkładnicy.

Wzoruując się na zależności (1), można opisać całkowity nacisk wywierany przez glebę w danym miejscu powierzchni roboczej korpusu pługowego, wydzielając dwie jego składowe, tzn. nacisk statyczny i nacisk dynamiczny (Rys. 1) [L. 6]:

$$p_i = p_{(st)i} + p_{(dyn)i} = p_{(st)i} + \varepsilon'_i \cdot v^2 \quad (2)$$

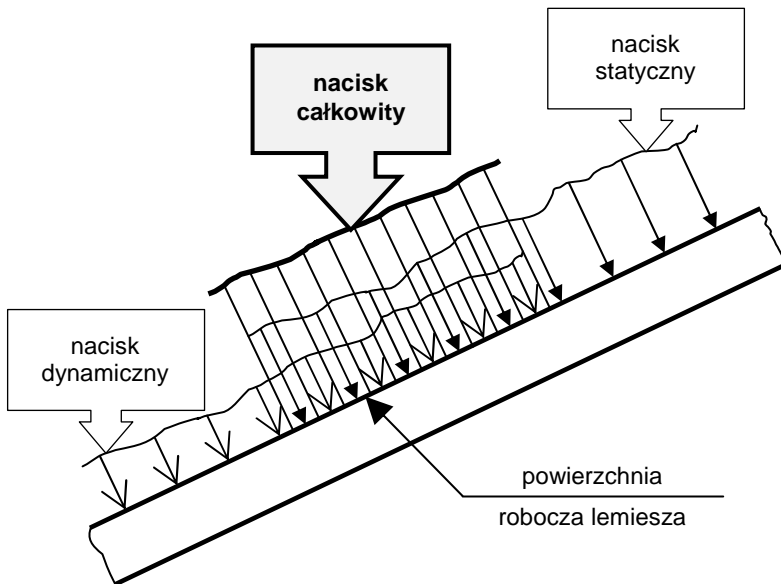
gdzie: p_i – nacisk całkowity gleby w danym miejscu powierzchni roboczej korpusu pługowego [kPa],

$p_{(st)i}$ – nacisk statyczny gleby [kPa],

$p_{(dyn)i}$ – nacisk dynamiczny gleby [kPa],

ε'_i – współczynnik nacisku dynamicznego w danym miejscu powierzchni roboczej korpusu pługowego [$\text{kPa} \cdot \text{s}^2 \cdot \text{m}^{-2}$],

v – prędkość przemieszczania pługą [$\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$].



Rys. 1. Schemat obciążenia powierzchni roboczej lemieszki naciskiem gleby

Fig. 1. The diagram of loading of ploughshare working surface with soil pressure

Nacisk statyczny determinowany jest ciężarem gleby rozłożonym na powierzchni roboczej korpusu pługowego i oporami jej odkształcania, których wartość zależna jest od właściwości i stanu gleby. Obrazowo tę składową można przedstawić jako nacisk gleby wywierany na powierzchnię roboczą korpusu, gdy wszystkie siły statyczne wywierane przez glebę są pokonane, lecz element

roboczy i gleba pozostają jeszcze w spoczynku. Nacisk dynamiczny związany jest natomiast z ruchem korpusu w glebie. Jest on wywołany przez siły bezwładności gleby i dodatkowe opory jej odkształcania, wynikające z nadawania glebie przyspieszenia na powierzchni roboczej korpusu.

Ze względów poznawczych i praktycznych ważnym wydaje się wyznaczenie rozkładu nacisku gleby na powierzchni roboczej tak silnie obciążonego elementu, jakim jest lemiesz płużny oraz wydzielenie elementarnych składowych nacisku. Jest to ważne, gdyż podstawowymi formami zużywania elementów roboczych pracujących w glebie są mechanizmy zaliczane do zużycia ściernego, którego intensywność jest skorelowana z wartością nacisku występującą w parze tribologicznej, co rzutuje na trwałość elementów. Stąd celem przeprowadzonych badań było ustalenie wartości nacisku całkowitego gleby wywieranego w wybranych miejscach powierzchni roboczej lemiesza płużnego podczas orki gleby pylastej o zastanym stanie oraz oszacowanie udziału nacisku statycznego oraz dynamicznego gleby w nacisku całkowitym.

METODYKA

Idea badań polegała na pomiarze nacisku wywieranego przez glebę w wybranych miejscach powierzchni natarcia lemiesza płużnego przy dwóch prędkościach pracy pług – prędkości eksploatacyjnej oraz prędkości względnie małej, przy której wartość nacisku dynamicznego, zgodnie z zależnością (2), jest również mała. Rozwiązując następnie układ równań zbudowany na podstawie wzoru (2), wyliczano dla każdego miejsca pomiarowego wartości p_{st} i ε' , co w konsekwencji pozwoliło na określenie wartości nacisku statycznego p_{st} i dynamicznego p_{dyn} gleby w danym miejscu pomiarowym, przy określonej prędkości pracy narzędzia.

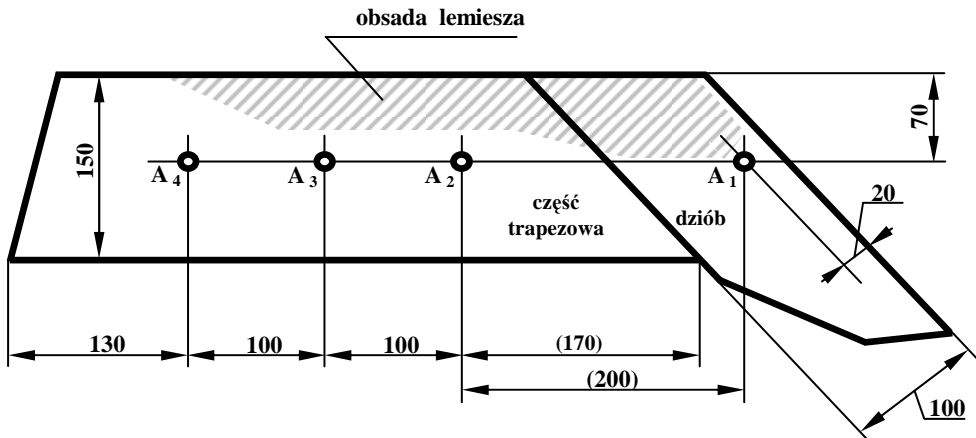
Należy zaznaczyć, że przyjęty sposób postępowania obciążony jest określoną wadą, wpływającą na dokładność uzyskanych wyników (stąd w celu badań użyto słowa „oszacowanie”). W obliczeniach założono, że wartość nacisku statycznego p_{st} i współczynnika nacisku dynamicznego ε' są stałe. Przy różnych prędkościach orki tor ruchu skiby po powierzchni korpusu płużnego jest nieco odmienny – wraz ze wzrostem prędkości staje się on bardziej stromy. Zatem przy różnych prędkościach uprawy, w poszczególnych miejscach powierzchni lemiesza zmianie ulega w pewnym zakresie kierunek względnej prędkości gleby, a tym samym wektor jej przyspieszenia [L. 5]. Przymuszczenie, przy modyfikacji toru skiby spowodowanej różną prędkością orki, zmienia się też masa gleby spoczywającej na powierzchni roboczej korpusu oraz rozkład jej ciężaru. Parametry p_{st} i ε' nie są więc stałe. Ich wartość zależy od szeregu czynników, między innymi od geometrii powierzchni roboczej korpusu, gatunku uprawianej gleby, jej gęstości objętościowej, zwięzłości, wilgotności,

kąta tarcia wewnętrznego i zewnętrznego, szerokości i głębokości roboczej korpusu, a także od prędkości orki.

Pomiary nacisku gleby w wybranych miejscach powierzchni lemiesza (**Rys. 2**) zrealizowano jesienią 2011 r. podczas uprawy gleby, która wg mapy glebowo-rolniczej (sporządzonej na podstawie dokumentacji gleboznawczej klasyfikacji gruntów z 1959 r. i badań gleboznawczo-rolniczych wykonanych w 1975 r.) zaklasyfikowana została jako pył ilasty, czarne ziemie właściwe, kompleks pszenny bardzo dobry. Orka wykonywana była na polu po zbiorze pszenicy, uprzednio uprawionym agregatem ścierniskowym. Podczas pomiarów realizowana była orka siewna z zastosowaniem zagonowego, siedmioskibowego, półzawieszanego pługa „Vari-Turmalin 9” produkowanego przez przedsiębiorstwo Lemken. Pług wyposażony był w korpusy Dural BS 42 z ażurowymi odkładnicami.

Nacisk gleby na powierzchnię lemiesza mierzono na odcinkach pomiarowych o długości 2 x 50 i 2 x 10 m, odpowiednio przy prędkości eksploatacyjnej pługa oraz prędkości zmniejszonej. Częstotliwość próbkowania wartości nacisku wynosiła około 19 Hz. W konsekwencji dla każdej prędkości uprawy otrzymano około 1000 pomiarów.

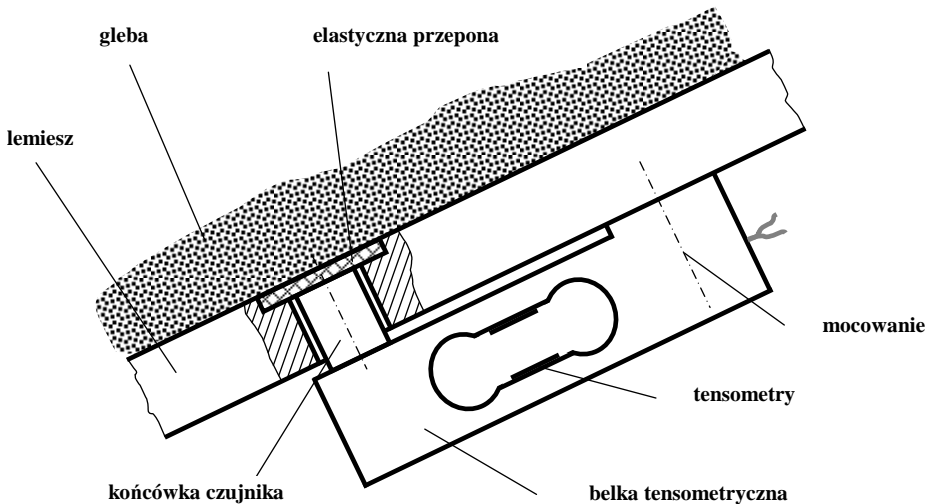
Wykorzystany w badaniach układ do pomiaru nacisku przedstawiono w pracy [L. 2]. W układzie jako elementy pomiarowe zastosowano belkowe czujniki tensometryczne (**Rys. 3**). Podczas pomiarów lemiesz z czujnikami zamontowano na piątym korpusie pługa. Mimo zastosowania maksymalnej



Rys. 2. Miejsca pomiaru nacisku gleby (punkty A₁ do A₄) na powierzchni roboczej dzielonego lemiesza

Fig. 2. The arrangement of measuring points of soil pressure (the points A₁ to A₄) on work surface of sectional ploughshare

szerokości roboczej, która dla korpusu z „doświadczalnym” lemieszem wynosi 45 cm, końcowy obszar jego części trapezowej pracował w śladzie przejazdu tylnego koła ciągnika. Nałożenie stref pracy lemiesza i przejazdu koła wynosiło około 6 cm. Stąd końcowy obszar lemiesza mógł pracować w glebie dodatkowo zagęszczonej.



Rys. 3. Tensometryczny czujnik nacisku zastosowany w pomiarach

Fig. 3. Pressure strain gauge used in measurements

Niemniej, przy braku krojów w pługu, gleba z tego obszaru przypuszczalnie ulegała też względnie silnej deformacji rozluźniającej, wywołanej przez część dziobową wcześniejszego, czwartego korpusu narzędzia.

W celu oceny warunków badań ustalono uziarnienie gleby, udział żwiru i zawartość próchnicy w glebie, jej wilgotność, gęstość objętościową, zwięzłość oraz naprężenia ścinające, a także głębokość, szerokość oraz prędkość uprawy. Przy wyznaczaniu wartości tych parametrów stosowano standardowe techniki podane w pracy [L. 3]. Do pomiaru wartości naprężeń ścinających glebę wykorzystano ścinarkę obrotową firmy Geonor o oznaczeniu Vane Tester H-60, zakończoną krzyżakiem o wysokości 40 i szerokości 20 mm.

WYNIKI BADAŃ I ICH OMÓWIENIE

W **Tabeli 1** podano wartości parametrów charakteryzujących warunki pomiarów. Na mapie glebowo-rolniczej, sporządzanej zgodnie z wcześniejszymi zasadami, uprawiana gleba zakwalifikowana została jako pył ilasty. Natomiast według klasyfikacji uziarnienia gleb i utworów mineralnych, przyjętej przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze w 2008 r., należy ją zakwalifikować jako

glinę zwykłą. Uprawiana gleba cechowała się dużą zawartością próchnicy i małą zawartością żwiru, a jej wilgotność aktualna była znaczna, o wyrównanym rozkładzie w warstwie 0–20 cm. Względnie małą wartość zwięzłości gleby powiązać można z dużą jej wilgotnością, przy czym większe wartości zwięzłości i naprężeń ścinających, występujące dla gleby z warstwy 10–20 cm, wynikały zapewne z silniejszego jej zagęszczenia w tej warstwie.

Tabela 1. Charakterystyka warunków badań

Table 1. Characteristics of working conditions

Wielkość	Warstwa gleby	Wartość		
Uziarnienie gleby [%]	warstwa orna	frakcja [mm]	2–1	0,3
			1–0,5	2,7
			0,5–0,25	5,6
			0,25–0,1	5,6
			0,1–0,05	25,8
			0,05–0,02	24
			0,02–0,005	16
			0,005–0,002	7
			< 0,002	13
Zawartość żwiru [% wag.]		0,3 wg aktualnych oznaczeń PTG		
		0,6 wg wcześniejszych oznaczeń		
Zawartość próchnicy [%]		3,3		
Wilgotność aktualna wagowa gleby [%]	0–10 cm	20,1	s = 1,8	
	10–20 cm	19,4	s = 0,6	
Gęstość objętościowa gleby [g·cm ⁻³]	0–10 cm	1,40	s = 0,18	
	10–20 cm	1,54	s = 0,06	
Zwięzłość gleby [kPa]	0–10 cm	621	s = 202	
	10–20 cm	1403	s = 385	
Naprężenia ścinające [kPa]	0–10 cm	71	s = 25	
	10–20 cm	85	s = 25	
Prędkość pracy pługa [m·s ⁻¹]		$v_1 = \mathbf{0,355}$ R = 0,07		
		$v_2 = \mathbf{1,955}$ R = 0,21		
Głębokość robocza pługa [cm]		16,5	s = 2,0	
Szerokość robocza korpusu [cm]		45	s = 1	

s – odchylenie standardowe, R – rozstęp.

s – standard deviation, R – range.

Tabela 2 zawiera zmierzone przy dwóch prędkościach pracy pługa wartości nacisku całkowitego p gleby, wywieranego w przyjętych miejscach powierzchni lemiesza oraz obliczone wartości nacisku statycznego p_{st} , dynamicznego p_{dyn} i współczynnika nacisku dynamicznego ϵ' .

Tabela 2. Zmierzone wartości nacisku całkowitego gleby p występującego w określonych miejscach powierzchni lemiesza płużnego oraz obliczone wartości nacisku statycznego p_{st} , dynamicznego p_{dyn} i współczynnika nacisku dynamicznego ε'

Table 2. The measured values of total soil pressure occurring in specified points on ploughshare surface as well the calculated values of static pressure p_{st} , dynamic pressure p_{dyn} and coefficient of dynamic pressure ε'

Parametr	Wartość parametru ustalona w miejscu pomiarowym:							
	A ₁		A ₂		A ₃		A ₄	
	przy prędkości pracy pługa [m·s ⁻¹]:							
	0,355	1,955	0,355	1,955	0,355	1,955	0,355	1,955
p [kPa]	139,3 s = 56	206,2 s = 74	20,3 s = 17	25,6 s = 24	23,5 s = 24	23,3 s = 36	6,6 s = 14	8,6 s = 20
p_{st} [kPa]	137,0		20,1		~ 23,4		6,5	
p_{dyn} [kPa]	2,3	69,2	0,2	5,5	0,0	0,0	0,1	2,1
ε' [kPa·s ² ·m ⁻²]	18,1		1,4		0,0		0,5	

s – odchylenie standardowe.

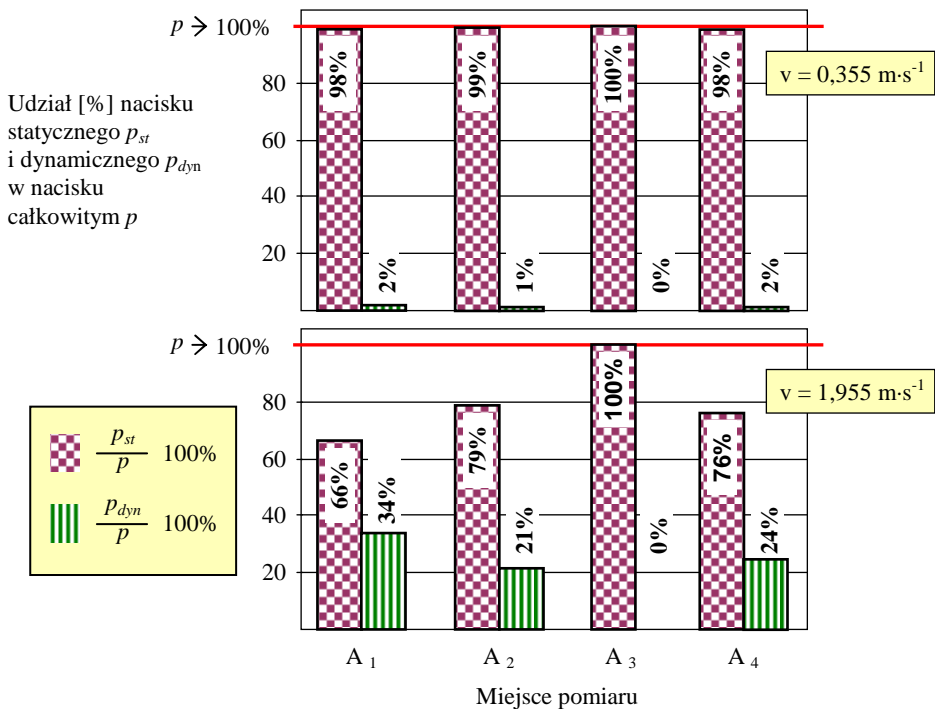
s – standard deviation.

W zależności od miejsca pomiaru wartość nacisku całkowitego p gleby na powierzchnię lemiesza była różna (**Tab. 2**). Przy obu prędkościach orki największy nacisk całkowity występował w miejscu A₁, znajdującym na części dziobowej lemiesza (**Rys. 1**). W miejscach A₂ i A₃, położonych w początkowym i środkowym obszarze części trapezowej, wartość nacisku całkowitego była porównywalna i była przeciętnie około 7,4-krotnie mniejsza niż w miejscu A₁. Najmniejszy nacisk występował w miejscu A₄, usytuowanym w końcowym obszarze części trapezowej. Jego wartość była przeciętnie około 22,6 i 3,1 razy mniejsza niż odpowiednio w miejscach A₁ oraz A₂ i A₃.

Przy większej prędkości orki występował zrozumiął wzrost wartości nacisku całkowitego p . Stwierdzono, że w miejscu pomiarowym A₁ był on o około 1,5 razy, a w miejscach A₂ i A₄ o około 1,3 razy większy niż podczas wolniejszego wykonywania uprawy. Autorzy nie potrafią natomiast jednoznacznie wskazać przyczyny braku zmiany wartości nacisku w miejscu pomiarowym A₃. Jedynym nasuwającym się przypuszczeniem jest właściwy dla tego obszaru powierzchni roboczej lemiesza nieznaczny przyrost nacisku gleby wywoływany

wzrostem prędkości uprawy, a konkretny wynik uzyskany przez autorów poddyktowany został czynnikami losowymi, związanymi z niestabilnością warunków pomiarów.

Jak się spodziewano, przy małej prędkości orki nacisk dynamiczny p_{dyn} , wywierany przez glebę w miejscach pomiaru, był bardzo mały (**Tab. 2**). Przy 5,5-krotnie większej prędkości zabiegu jego wartość była, poza miejscem pomiarowym A_3 , aż 30, 27,5 i 21 razy większa odpowiednio dla miejsc pomiarowych A_1 , A_2 i A_4 . Niemniej przy obu prędkościach pracy pługa, we wszystkich miejscach pomiarowych wyraźnie większą wartość, w odniesieniu do nacisku dynamicznego, osiągał nacisk statyczny p_{st} . Na **Rysunku 4**, wykonanym w oparciu o wyniki zamieszczone w **Tabeli 2**, przedstawiono względny udział nacisku statycznego p_{st} i dynamicznego p_{dyn} w nacisku całkowitym p . Przy małej prędkości pracy pługa udział nacisku statycznego p_{st} w nacisku całkowitym p wynosił blisko 100% (a miejscu A_3 100%). Natomiast przy prędkości

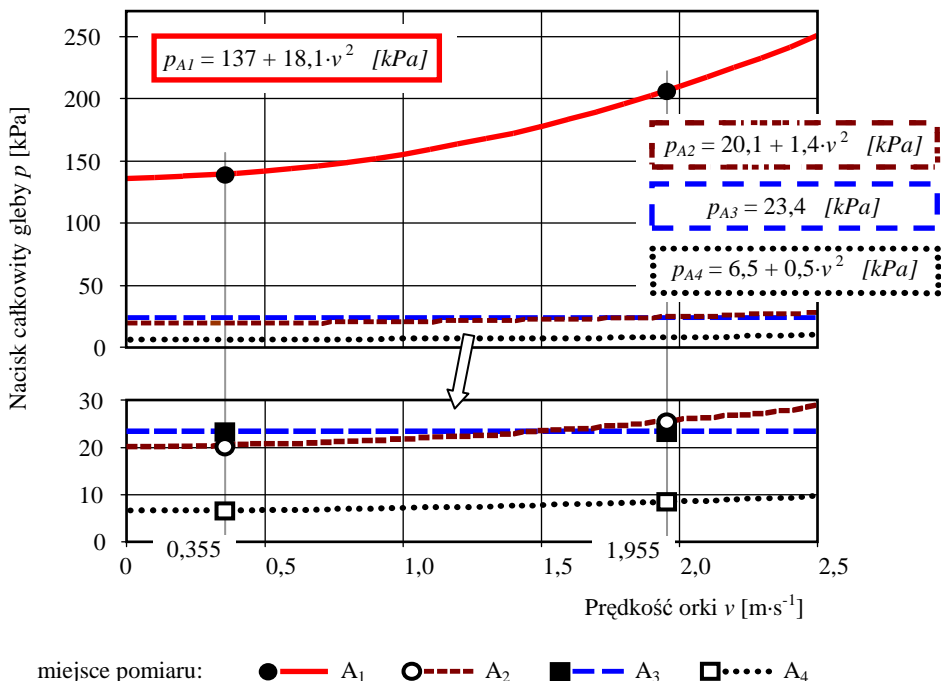


Rys. 4. Względny udział nacisku statycznego p_{st} i dynamicznego p_{dyn} w nacisku całkowitym p , w wybranych miejscach powierzchni roboczej lemiesza płuznego przy dwóch prędkościach pracy pługa

Fig. 4. Relative portion of static p_{st} and dynamic p_{dyn} pressure within total pressure p , at chosen points of ploughshare surface at two working speeds of the plough

eksploatacyjnej udział nacisku statycznego p_{st} w nacisku całkowitym p zawierał się w przedziale od 66 do 79% (nie biorąc pod uwagę wartości dla miejsca A_3) i był w miejscach pomiarowych A_1 , A_2 i A_4 odpowiednio około 1,9, 3,8 i 3,2 razy większy niż udział nacisku dynamicznego. Najmniejszy udział nacisku statycznego i towarzyszący mu największy udział nacisku dynamicznego występował w miejscu pomiarowym A_1 (**Rys. 4**). W pozostałych miejscach pomiarowych względny udział nacisku statycznego był znacznie większy, ale jego wartość bezwzględna, jak i wartość nacisku dynamicznego, wielokrotnie mniejsza niż w miejscu pomiarowym A_1 .

Na **Rysunku 5** przedstawiono wartość nacisku całkowitego p gleby, wywieranego w wybranych miejscach powierzchni lemiesza w zależności od prędkości orki. Do opisu wykorzystano zależność (2) oraz wartości parametrów podane w **Tabeli 2**. Obliczenia wykonano dla prędkości orki zmieniającej się w zakresie od 0 do $2,5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, przy czym prędkości uprawy wynoszącej $0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ odpowiada wartość nacisku statycznego gleby. Na rysunku wyraźnie zauważalna jest wielokrotnie większa wartość nacisku całkowitego gleby, wywieranego



Rys. 5. Nacisk całkowity p gleby w wybranych miejscach powierzchni lemiesza w zależności od prędkości orki v

Fig. 5. Total soil pressure p at chosen points of ploughshare surface in relation to plowing speed v

w miejscu pomiarowym A_1 w porównaniu z innymi miejscami pomiaru. W miejscu tym także tempo przyrostu nacisku wraz ze zwiększeniem prędkości uprawy jest względnie duże, co wynika ze znacznej dla tego miejsca pomiarowego wartości współczynnika nacisku dynamicznego ε' (**Tab. 2**). Na podstawie pochodnych funkcji $p = f(v)$ można stwierdzić, że w miejscu A_1 tempo przyrostu nacisku całkowitego gleby wraz ze wzrostem prędkości uprawy jest około 13 razy większe niż w miejscu pomiarowym A_2 i aż około 36 razy większe niż w miejscu A_4 . Na zdecydowanie wolniejsze tempo przyrostu wartości nacisku na powierzchni części trapezowej lemiesza przy zwiększeniu prędkości uprawy obrazowo wskazuje również to, że w miejscach A_2 i A_4 wartości nacisku dynamicznego i statycznego zrównałyby się dopiero przy prędkości uprawy wynoszącej odpowiednio $3,79$ i $3,61 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$, a w miejscu pomiarowym A_1 , położonym na części dziobowej, nastąpiłoby to już przy prędkości wynoszącej $2,75 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

PODSUMOWANIE

W warunkach badań największa wartość nacisku całkowitego gleby, wywieranego na powierzchnię lemiesza płuznego, występowała w miejscu pomiarowym położonym na części dziobowej lemiesza. Przy eksploatacyjnej prędkości pracy pługa w miejscu tym względny udział składowych nacisku, tj. nacisku statycznego i nacisku dynamicznego, wynosił w odniesieniu do nacisku całkowitego odpowiednio 66 i 34%.

W miejscach pomiaru położonych na części trapezowej lemiesza wartość nacisku całkowitego i jego składowych była znacznie mniejsza. W miejscach tych względny udział nacisku dynamicznego był mniejszy (do 24%), a tym samym nacisku statycznego – większy, niż w miejscu pomiarowym zlokalizowanym na części dziobowej.

W wybranych miejscach pomiaru relatywnie najintensywniejszy wzrost wartości nacisku, odpowiadający zwiększeniu prędkości orki, występował w miejscu pomiarowym położonym na części dziobowej lemiesza. Wskazuje to na względnie szybkie, wraz ze wzrostem prędkości orki, zwiększanie się wartości nacisku dynamicznego w tym miejscu lemiesza.

Zatem wyniki przeprowadzonych badań pozwalają przypuszczać, że obszarem lemiesza najsilniej obciążonym oporami deformacji gleby, jest jego część dziobowa, gdyż w miejscu pomiarowym zlokalizowanym w tej części lemiesza bezwzględna wartość nacisku statycznego była zdecydowanie większa niż w miejscach pomiarowych położonych na części trapezowej. Prawdopodobnie powodem takiego oddziaływania gleby jest to, że dziób lemiesza, jako najbardziej wysunięta do przodu strefa powierzchni roboczej korpusu płuznego, jest tym elementem, który deformuje glebę w pierwszej kolejności. Stąd na jego powierzchni zachodzą najintensywniejsze procesy jej odkształcania (inicjacja wydzielania z calizny skiby i wstępne jej kruszenie). Oddziaływanie dziobu na

glebę nie jest skierowane tylko w kierunku ruchu pługa, ale również na boki, co dodatkowo przyczynia się do zwiększenia obciążenia jego powierzchni. W szczególności rozdzielanie gleby przy tworzeniu ścianki bruzdowej może znacząco wpływać na wzrost obciążenia jego powierzchni, zwłaszcza w przypadku, gdy pług nie jest wyposażony w kroje. Dziób lemiesza pracuje też nieco głębiej w glebie niż część trapezowa, co zapewne też przyczynia się do wzrostu jego obciążenia.

Nacisk dynamiczny gleby jest również najsilniejszy na powierzchni części dziobowej lemiesza. Świadczy to o intensywności nadawania prędkości i przyspieszenia glebie w tym obszarze lemiesza i wydaje się, że jest związane też ze względnie dużą masą gleby unoszoną przez dziób. Jest oczywistym, że na dziobie lemiesza zachodzi radykalna zmiana kierunku względnej prędkości gleby i pojawienie się związanego z tym jej przyspieszenia. W konsekwencji ujawniają się siły bezwładności gleby, których znaczna wartość przyczynia się do wystąpienia w tym obszarze powierzchni roboczej lemiesza nacisku dynamicznego gleby również o względnie dużej wartości.

LITERATURA

1. Dajniak H., Ciągniki. Teoria ruchu i konstruowanie. Wydanie czwarte poprawione i uzupełnione. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności, Warszawa 1985.
2. Kostencki P., Borowiak P., Stężala S., Metoda pomiaru nacisku gleby wywieranego na powierzchnie robocze elementów pracujących w glebie. Inżynieria Rolnicza nr 8 (96), 2007, s. 121–128.
3. Kostencki P., Borowiak P., Nacisk gleby na powierzchnię roboczą lemiesza pługowego pracującego w glebie piaszczystej. Tribologia 1 (217), 2008, s. 35–43.
4. Kuczewski J., Waszkiewicz Cz., Mechanizacja rolnictwa. Maszyny i urządzenia do produkcji roślinnej i zwierzęcej. Wydanie IV. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2007.
5. Pawlik A., Pomiarów oporów występujących na powierzchniach roboczych korpusu pługa. Biuletyn prac naukowo-badawczych IMER nr 1, 1961, s. 69–121.
6. Pawlik A., Opory orki w świetle pomiaru ciśnienia skiby na powierzchnię roboczą korpusu pługa. Biuletyn prac naukowo-badawczych IMER nr 3, 1964, s. 105–180.

Summary

The values of soil pressure exerted onto the working surface of a ploughshare in its four points during ploughing loamy silt at two tillage speeds (0.355 and 1.955 m·s⁻¹) were measured. It made possible, based on known Goriatchkin's formula, the separation of the measured pressure from its components, i.e. the values of static and dynamic pressure. At working speed equal to 1.955 m·s⁻¹, the highest value of soil pressure and

its components occurred at the measuring point placed on the forepart of a ploughshare. In that point, the relative part of dynamic and static pressure in reference to total soil pressure was equal to 34% and 66%. At other measurement points, placed on the trapezoidal part of the ploughshare, the part of dynamic pressure was smaller and amounted to 24%, while its absolute value was many times smaller than the value in measuring point placed at the forepart of ploughshare.

