

PRESSURE EXERTED BY THE SOIL IN SELECTED POINTS OF PLOUGHSHARE WORKING SURFACE DURING CULTIVATION OF SILTY SOIL

Summary

The values of pressure exerted by the soil in four points of attack surface at four plough velocities (5.21, 6.52, 7.33 and 7.78 km·h⁻¹) during cultivation of silty soil were stated. Under test conditions a large diversification of soil impact on ploughshare surface had a place. The highest values were in the measurement point localized at the tip of share (from 123.9 to 191.2 kPa) and the lowest - within the initial area of trapezoidal part of ploughshare (from 1.4 to 3.7 kPa). In the measurement point localized at the ploughshare tip an increase of plough speed responded to an important increase of soil pressure (approximately 14; 23 and 54% along with increasing plough speed of circa 25; 41 and 49%). In remaining measurement points distinct regularities have not been found.

NACISK WYWIERANY PRZEZ GLEBĘ W WYBRANYCH MIEJSCACH POWIERZCHNI ROBOCZEJ LEMIESZA PŁUŻNEGO PODCZAS UPRAWY GLEBY PYLASTEJ

Streszczenie

Ustalono w trakcie uprawy gleby pylastej wartość nacisku wywieranego przez glebę w czterech miejscach powierzchni natarcia lemiesza płużnego, przy czterech prędkościach zabiegu (5,21, 6,52, 7,33 i 7,78 km·h⁻¹). W warunkach badań występowało duże zróżnicowanie oddziaływania gleby na powierzchnię lemiesza. Największe wartości nacisku występowały w miejscu pomiarowym zlokalizowanym na dziobie lemiesza (od 123,9 do 191,2 kPa), a najmniejsze - w początkowym obszarze części trapezowej lemiesza (od 1,4 do 3,7 kPa). W miejscu pomiarowym zlokalizowanym na dziobie zwiększaniu prędkości orki odpowiadał wyraźny wzrost wartości nacisku gleby (o około 14, 23 i 54% wraz ze zwiększeniem prędkości orki odpowiednio o około 25; 41 i 49%). W pozostałych miejscach pomiarowych nie stwierdzono jednoznacznych prawidłowości w tym zakresie.

1. Wstęp

Nacisk wywierany na powierzchnie robocze elementów przemieszczających się w glebie wywołany jest ciężarem gleby spoczywającej na ich powierzchni, oporami odkształcenia gleby oraz siłami bezwładności, wynikającymi z przyspieszeń, jakim gleba ulega na powierzchni elementów. Stąd wartości nacisku i jego rozkład zależne są od cech i stanu gleby, geometrii elementów roboczych i ich pozycji w odniesieniu do kierunku ruchu, prędkości oraz głębokości pracy. Nacisk gleby wywierany na powierzchnie elementów roboczych wpływa na wartość oporu ich przemieszczania w glebie, przy czym znaczną rolę odgrywa tu też współczynnik tarcia zewnętrznego, rzutu na wartość powstałych sił tarcia [6]. Zgodnie z ogólną postacią modelu zużywania [8], od wartości nacisku wywieranego przez glebę w danym miejscu powierzchni zależność będzie intensywność zużywania się materiału w tym obszarze. Natomiast z rozkładem nacisku gleby występującym w danych warunkach na powierzchni roboczej elementu związana będzie lokalizacja obszarów największego ubytku materiału.

Pomiary nacisku występującego na powierzchni elementów przemieszczających się w glebie wykonywane są sporadycznie. Jedynie na przełomie lat 50. i 60. XX w. była podejmowana taka tematyka badań [4]. Ustalenia wartości tego parametru wykonywane były w warunkach laboratoryjnych lub eksploatacyjnych. Przykładowo, Pawlik [5] określił wartości nacisku gleby występującego w wybranych miejscach powierzchni lemiesza i odkładnicy dla dwóch typów korpusów płużnych, podczas ich pracy w ka-

nale glebowym wypełnionym piaskiem oraz w warunkach polowych podczas orki gleby średnio-zwięzłej. Podobnie w opracowaniu Seviernieva [7] przedstawione są wartości nacisku wywieranego przez glebę w określonych miejscach lemiesza, odkładnicy i płozu, a także na powierzchni roboczej talerza brony talerzowej, występujące podczas użytkowania tych elementów w wybranych warunkach eksploatacyjnych. Nieco odmienny kierunek badań podjęli Kęska i Rybka [1]. Opracowali oni stanowisko laboratoryjne umożliwiające pomiar nacisku wywieranego na powierzchnię wciskanego w glebę kłina. Na stanowisku tym wykonane zostały wstępne pomiary.

Gromadzenie danych dotyczących wartości nacisku występującego na powierzchni roboczej elementów przemieszczających się w glebie może przyczynić się do wyjaśnienia prawidłowości występujących przy tym zjawisku. Zatem celowym wydają się prowadzenie badań w tym zakresie zarówno w warunkach laboratoryjnych jak i eksploatacyjnych.

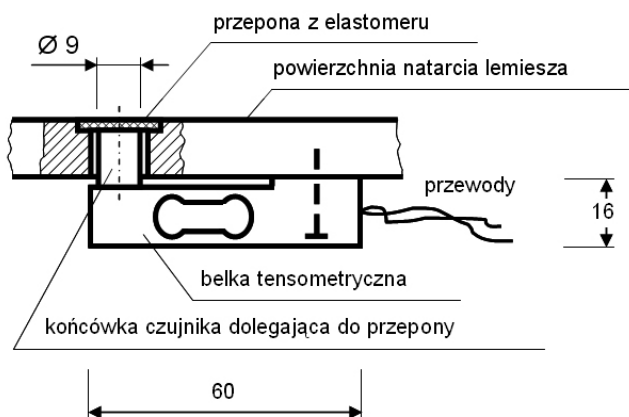
Celem przeprowadzonych badań było ustalenie wartości nacisku występującego w wybranych miejscach lemiesza płużnego, podczas orki gleby pylastej, przy kilku wartościach prędkości roboczej pługa.

2. Metodyka badań

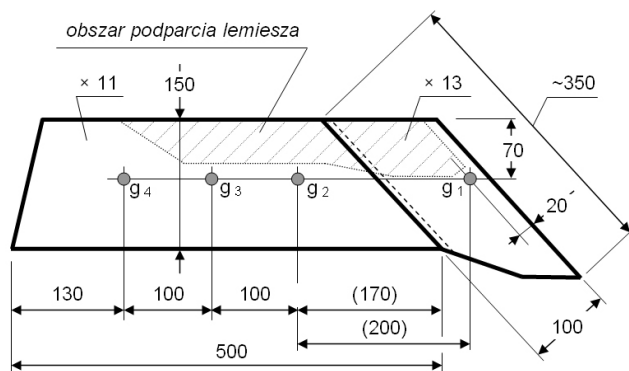
Pomiary przeprowadzono podczas orki gleby pylastej na terenach przedsiębiorstwa rolnego „Texass Ranch Company” mieszczącego się w Koszewku k. Stargardu Szczecińskiego. Orkę wykonywano na polu po zbiorze pszenicy,

na którym uprzednio nie przeprowadzono uprawy poźniwej. W trakcie pomiarów wykorzystywano siedmiskibowy półzawieszany pług do orki zagonowej „Vari-Turmalin 9” firmy Lemken, zaopatrzony w korpusy Dural BS 42 z odkładnicami ażurowymi. Pług wyposażony był w mechanizmy sprężynowe, chroniące korpusy płużne przed przeciążeniem.

Zastosowany w trakcie badań układ do pomiaru nacisku gleby na powierzchnię lemiesza omówiony został w pracy [2]. W układzie pomiarowym, jako czujniki nacisku wykorzystano belkowe czujniki tensometryczne, których schemat budowy zamieszczono na rys. 1 [2]. Czujniki zainstalowano na lemieszu produkcji Zakładu Badawczo-Wdrożeniowego Techniki Rolniczej B. M. Worona, po uprzednim jego przystosowaniu do tego celu. Lemiesz z czujnikami umieszczono na piątym korpusie pługa. Podstawowe wymiary elementu oraz położenie miejsc pomiaru nacisku gleby przedstawiono na rys. 2 [3]. Z powodu względnie dużych wymiarów czujników (rys. 3) liczbę miejsc pomiaru nacisku ograniczono do czterech. Należy nadmienić, że zastosowany lemiesz miał konstrukcję dzieloną (oddzielne części: dziobowa i trapezowa), a elementy te produkowane przez wymieniony zakład przeznaczone były do pługów firmy Lemken. Maksymalna szerokość robocza korpusu, przy części trapezowej o długości 500 mm, wynosi 45 cm.



Rys. 1. Schemat budowy stosowanych czujników nacisku [2]
Fig. 1. The scheme of applied pressure sensors [2]



Rys. 2. Wymiary lemiesza i lokalizacja miejsc pomiaru nacisku gleby na powierzchni natarcia elementu (punkty g_1 do g_4) [3]
Fig. 2. The dimensions of a share and the points of measurement of soil pressure on attack surface of element (the points g_1 to g_4) [3]



Rys. 3. Lemiesz z zainstalowanymi czujnikami nacisku widziany od strony przeciwnej do strony roboczej
Fig. 3. The ploughshare with pressure sensors seen from the side opposite to the working one

W celu scharakteryzowania warunków orki ustalono: gatunek uprawianej gleby, skład granulometryczny i udział żwiru, zawartość próchnicy, wilgotność i gęstość objętościową gleby, jej zwięzłość oraz naprężenia ścinające, a także prędkość, głębokość i szerokość orki. Stosowane techniki wyznaczania wartości poszczególnych parametrów podano w pracy [3]. Naprężenia ścinające mierzono, stosując ścinarkę obrotową firmy Eijkelkamp zaopatrzoną w końcówkę CL 100 o średnicy 1”.

W badaniach zaplanowaną zmienną była prędkość orki. Zakres zmian wartości tego parametru podyktowany był założeniem stosowania prędkości z zakresu występującego w praktyce. W konsekwencji przeprowadzono pomiary nacisku gleby na powierzchnię roboczą lemiesza podczas siedmiu przejazdów pługa na 120-tu metrowych odcinkach pomiarowych, starając się podczas tych przejazdów różnicować prędkość orki. Pomiary nacisku wykonywano z częstotliwością próbkowania wynoszącą około 3 Hz, uzyskując przy każdym przejeździe ponad 150 punktów pomiarowych. Następnie pogrupowano poszczególne przejazdy pod względem prędkości orki, otrzymując ostateczne cztery grupy pomiarów, odpowiednio dla prędkości: $5,21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $6,43$ i $6,60 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ - średnio $6,52 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$; $7,26$, $7,32$ i $7,42 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ - średnio $7,33 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ oraz $7,78 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$.

3. Wyniki badań i ich analiza

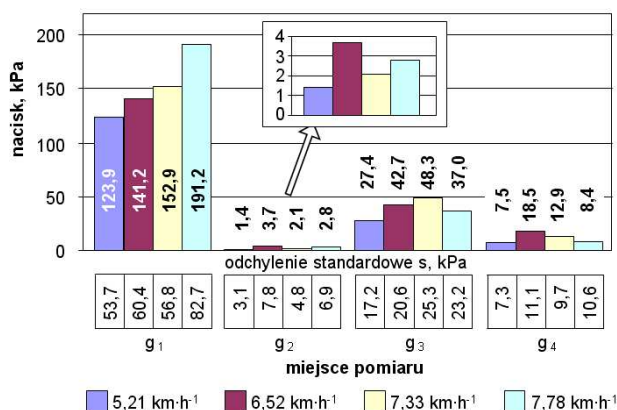
Wartości parametrów charakteryzujących warunki orki podano w tab. 1. Zgodnie z poprzednim sposobem oznaczenia gatunków gleb (zastosowanym w tab. 1) w czasie badań uprawiano pył zwykły. Natomiast według klasyfikacji uziarnienia i utworów mineralnych przyjętej przez Polskie Towarzystwo Gleboznawcze w 2008 r. uprawiana gleba cechowała się następującym składem granulometrycznym: piasek (2 - 0,05 mm) - 47%, pył (0,05 - 0,002 mm) - 44%, il (cząstki mniejsze niż 0,002 mm) - 9%, stąd według nowej klasyfikacji należałoby ją zakwalifikować jako glinę zwykłą. Podczas badań uprawiana gleba cechowała się podwyższoną wilgotnością, właściwą dla okresu jesiennego, w którym wykonywano pomiary. Dość nietypowo natomiast przedstawiał się stan gleby pod względem gęstości objętościowej, gdyż była ona silniej zagęszczona w warstwie 0-15 cm niż w warstwie 15-30 cm. Znalazło to odzwierciedlenie w wartościach naprężeń ścinających glebę w tych warstwach. Natomiast większa zwięzłość gleby z obszaru 15-30 cm wynikała przypuszczalnie z mniejszej jej wilgotności. Głębokość orki odpowiadała typowej orce przedziomowej, a szerokość robocza korpusów była maksymalna dla zastosowanej w badaniach części trapezowej lemiesza.

Tab. 1. Charakterystyka warunków badań
Table 1. Characteristics of working conditions

Wielkość	Warstwa gleby	Wartość	
Gatunek uprawianej gleby	warstwa orna	pył zwykły	
Skład granulometryczny gleby, %		piasek (1-0,1 mm)	16
		pył (0,1-0,02 mm)	59
		części spławialne (poniżej 0,02 mm)	25
Zawartość żwiru, % wag.		0,7	
Zawartość próchnicy, %	3,10		
Wilgotność aktualna wagowa gleby, %	0 - 15 cm	18,8	s=1,3
	15 - 30 cm	17,8	s=1,8
Gęstość objętościowa gleby, g·cm ⁻³	0 - 15 cm	1,43	s=0,04
	15 - 30 cm	1,38	s=0,04
Zwięzłość gleby, kPa	0 - 15 cm	802	s=211
	15 - 30 cm	1203	s=368
Naprężenia ścinające, kPa	0 - 15 cm	33	s=3
	15 - 30 cm	28	s=6
Głębokość robocza pługa, cm		27,0	s=1,5
Szerokość pracy korpusu, cm		45	s=1

s - odchylenie standardowe, *s* - standard deviation

Ustalone wartości przeciętnego nacisku gleby, występujące przy zastosowanych prędkościach uprawy w określonych miejscach powierzchni roboczej lemieszka, podano na rys. 4 (zamieszczono również wartości odchylenia standardowego mierzonego parametru).

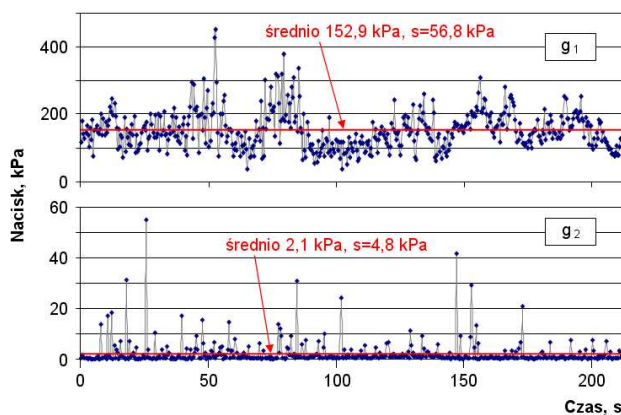


Rys. 4. Średnie wartości nacisku wywieranego w określonych miejscach pomiarowych przez glebę na powierzchnię roboczą lemieszka przy różnych prędkościach orki

Fig. 4. Average values of pressure exerted by the soil on working surface of the ploughshare in specified measurement points at various plough velocities

Największe wartości nacisku gleby występowały w miejscu pomiarowym g₁, usytuowanym na dziobie lemieszka. Były one średnio aż od około 36 do 87 razy większe niż w miejscu pomiarowym g₂, położonym najbliżej miejsca g₁ (rys. 2), oraz przeciętnie od około 3 do 9 i od 8 do 23 razy większe niż odpowiednio w miejscach g₃ i g₄. W ramach zastosowanych punktów pomiarowych, w miejscu pomiarowym g₂ stwierdzono występowanie najmniejszych wartości nacisku gleby na powierzchnię natarcia lemieszka. Należy zwrócić uwagę na to, że podczas przemieszczania lemieszka w glebie, jej oddziaływanie w miejscach pomiarowych g₁ i g₃ przebiegało nieco inaczej niż w miejscach g₂ i g₄. W miejscach g₁ i g₃, cechujących się względnie silnym oddziaływaniem gleby, wartość nacisku oscylowała wokół określonej wartości średniej. Natomiast w dwóch pozostałych miejscach pomiarowych wartość nacisku w trakcie pracy lemieszka chwilowo obniżała się do zera (w szczególności w miejscu g₂). Wpłynęło to na

ustalenie względnie małych wartości przeciętnego nacisku gleby w tych miejscach. Należy jednak zaznaczyć, że okresowo w miejscach g₂ i g₄ występowały również relatywnie duże wartości nacisku - do 54,9 kPa w miejscu g₂ i do 58,7 kPa w miejscu g₄. Odmienne przebiegi oddziaływania gleby w omawianych miejscach pomiarowych przedstawiono na rys. 5, na którym zamieszczono zarejestrowane przykładowe wyniki pomiarów nacisku gleby w miejscach g₁ i g₂ w funkcji czasu pomiaru. Są to miejsca, w których wspomniane odmienne zjawiska występowały najsilniej. Linii łączącej na rys. 5 poszczególne punkty pomiarowe nie należy traktować jako obrazującej przebieg zmian wartości nacisku w czasie. Została ona umieszczona w celu uwidocznienia omawianych wcześniej zjawisk.



Rys. 5. Przykładowe wyniki pomiarów nacisku gleby w miejscach g₁ i g₂ przy prędkości orki 7,33 km·h⁻¹

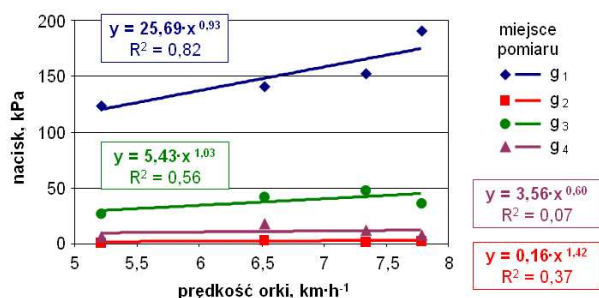
Fig. 5. Exemplary results of measurements of soil pressure in the points g₁ and g₂ at plough speed of 7,33 km·h⁻¹

Rozkłady o mniejszych wartościach nacisku wywieranego przez glebę w środkowym i końcowym obszarze powierzchni roboczej lemieszka, zbliżone do uzyskanych w badaniach własnych, ustalił w kilku warunkach orki również Sevierniev [7]. Także wyniki badań laboratoryjnych Pawlika [5] wskazują na tak przebiegające oddziaływanie gleby na powierzchnię lemieszka. We wcześniejszej publikacji autorów [3], dotyczącej nacisku gleby na powierzchnię roboczą lemieszka podczas uprawy gleby piaszczystej, występują również podobne rozkłady nacisku. Należy jednak

podkreślić, że prezentowane aktualnie wyniki cechują się szczególnie dużymi różnicami pod tym względem.

Na uwagę zasługują również wartości odchylenia standardowego określone dla przeciętnych wartości nacisku gleby wywieranego w danych miejscach powierzchni lemieszka (rys. 4). Ich wartość jest znaczna, co wskazuje na dużą zmienność oddziaływania gleby na powierzchnię elementu. Wartość odchylenia standardowego w miejscach pomiarowych g_1 i g_3 wynosi średnio odpowiednio około 42 i 57% przeciętnej wartości mierzonego parametru. Natomiast w miejscach g_2 i g_4 relacja ta jest jeszcze większa (dla kilku przypadków w miejscach tych wartość odchylenia standardowego przewyższa średnią wartość nacisku gleby).

Charakterystycznym jest to, że w miejscu pomiarowym g_1 zwiększaniu prędkości orki odpowiadał wyraźny wzrost wartości nacisku gleby. Wartość nacisku gleby w tym miejscu wzrosła, w odniesieniu do wartości występującej przy prędkości uprawy wynoszącej $5,21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$, o około 14, 23 i 54% wraz ze zwiększeniem prędkości orki odpowiednio o około 25, 41 i 49%. Natomiast w pozostałych miejscach pomiarowych nie stwierdzono jednoznacznych prawidłowości w tym zakresie (rys. 4). Na rys. 6 przedstawiono zmiany nacisku gleby występujące podczas omawianych badań w określonych miejscach powierzchni natarcia lemieszka płuznego w zależności od prędkości orki. Wyniki opisano funkcjami potęgowymi. Stwierdzono, że dla miejsc pomiarowych g_1 i g_3 wykładniki potęg są bliskie jedności, natomiast dla miejsc g_2 i g_4 odbiegają od jedności i wynoszą odpowiednio około 1,4 oraz 0,6. Należy dodać, że współczynniki determinacji R^2 dla funkcji potęgowych opisujących przebieg zmian nacisku w zależności od prędkości orki są niskie, szczególnie w przypadku miejsc g_2 i g_4 , niemniej wyższe niż przy zastosowaniu do opisu funkcji liniowych.



Rys. 6. Nacisk gleby w określonych miejscach powierzchni roboczej lemieszka płuznego w zależności od prędkości orki
Fig. 6. Soil pressure in specified points of ploughshare working surface according to a plough speed

4. Podsumowanie

Podczas uprawy pyłu zwykłego o zastanym stanie, w ramach stosowanych miejsc pomiarowych największy nacisk gleby na powierzchnię natarcia lemieszka występował, co było przewidywane, w miejscu pomiarowym znajdującym się na części dziobowej elementu (miejsce g_1). W miejscu tym wraz ze wzrostem prędkości orki nacisk gleby sukcesywnie wzrastał: od wartości $123,9 \text{ kPa}$ przy prędkości $5,21 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$ do $191,2 \text{ kPa}$ przy prędkości $7,78 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$. W pozostałych miejscach pomiarowych, zlokalizowanych na części trapezowej lemieszka, oddziaływanie gleby na jego powierzchnię było zdecydowanie mniejsze. W szczególności małe średnie wartości nacisku występowały w miejscu pomiarowym położonym najbliżej części dziobowej (miejsce g_2) - do $3,7 \text{ kPa}$, a także w miejscu pomiarowym umieszczonym w końcowym obszarze części trapezowej (miejsce g_4) - do $18,5 \text{ kPa}$. W miejscu pomiarowym położonym w środkowym obszarze części trapezowej lemieszka (miejsce g_3) oddziaływanie gleby było nieco silniejsze - do $48,3 \text{ kPa}$. W miejscach pomiarowych zlokalizowanych na powierzchni części trapezowej lemieszka nie stwierdzono jednoznacznego wzrostu wartości nacisku gleby odpowiadającego zwiększeniu prędkości zabiegu, a taka zależność wydałaby się logiczna. Stwierdzony układ zmian wartości nacisku (rys. 4) może wynikać z nieco innego oddziaływania powierzchni natarcia lemieszka na glebę przy różnych prędkościach zabiegu. Przyczyną takiego układu może być też nieunikniona zmienność warunków glebowych występująca przy wykonywaniu pomiarów w warunkach eksploatacyjnych. Należy również dodać, że oddziaływanie gleby w poszczególnych miejscach powierzchni lemieszka cechuje się znaczną zmiennością, na co wskazują duże wartości odchylenia standardowego mierzonego parametru.

Rozkłady nacisku wywieranego przez glebę na powierzchnię roboczą lemieszka z względnie małymi wartościami nacisku występującymi w początkowym i końcowym obszarze części trapezowej lemieszka, podobne do przedstawionych w niniejszej pracy, zostały stwierdzone też w innych badaniach, wykonywanych przez różnych autorów. Niemniej w przypadku omawianych aktualnie wyników różnice między wartościami nacisku występującego w poszczególnych miejscach pomiarowych są szczególnie duże.

Stan gleby podczas wykonywania badań był dość nietypowy, gdyż w wierzchniej warstwie (0-15 cm) charakteryzowała się nieco większą gęstością objętościową niż w warstwie położonej poniżej (15-30 cm). Taki stan gleby rzutował zapewne na procesy zachodzące pomiędzy glebą a powierzchnią roboczą korpusu. Można wysunąć przypuszczenie, że przy silniej zagęszczanej glebie w warstwie wierzchniej, zasadnicze procesy deformacji i kruszenia gleby występowały powyżej lemieszka, odciażając jego powierzchnię. Wyjaśniałoby to względnie małe wartości nacisku występujące w miejscach pomiarowych położonych na powierzchni części trapezowej elementu. Natomiast względnie duże wartości nacisku występujące w miejscu pomiarowym położonym na powierzchni części dziobowej lemieszka powiązać można z głębszym oddziaływaniem tego elementu oraz z dodatkowym obciążeniem wynikającym z oddzielania gleby od calizny w procesie tworzenia ścianki bruzdowej.

Przedstawione wyniki badań wskazują na złożoność procesu oddziaływania gleby na powierzchnię roboczą lemieszka, determinowanego przez szereg czynników oraz cechującego się dużą zmiennością. Utrudnia to interpretację wyników badań. Dodatkowym utrudnieniem przy realizacji takich badań są ograniczenia natury techniczno-organizacyjnej, związane choćby z możliwością stosowania niewielkiej liczby miejsc pomiarowych oraz niestalością warunków glebowych występującą podczas pomiarów polowych.

Przedstawione wyniki badań wskazują na złożoność procesu oddziaływania gleby na powierzchnię roboczą lemieszka, determinowanego przez szereg czynników oraz cechującego się dużą zmiennością. Utrudnia to interpretację wyników badań. Dodatkowym utrudnieniem przy realizacji takich badań są ograniczenia natury techniczno-organizacyjnej, związane choćby z możliwością stosowania niewielkiej liczby miejsc pomiarowych oraz niestalością warunków glebowych występującą podczas pomiarów polowych.

5. Literatura

- [1] Kęska W., Rybka P.: Metoda pomiaru rozkładu ciśnień na powierzchni klina roboczego zagłębianego w ośrodek glebowy. V Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Problemy techniki rolniczej i leśnej”. Warszawa, 19-20 czerwca 2002. Materiały konferencyjne SGGW, s. 107-108.
- [2] Kostencki P., Borowiak P., Steżala S.: Metoda pomiaru nacisku gleby wywieranego na powierzchni robocze elementów pracujących w glebie. Inżynieria Rolnicza, 2007, nr 8 (96), s. 121-128.
- [3] Kostencki P., Borowiak P.: Nacisk gleby na powierzchnię roboczą lemieszka płuznego pracującego w glebie piaszczystej. Tribologia, 2008, 1 (217), s. 35-43.
- [4] Pawlik A.: Pomiary oporów występujących na powierzchniach roboczych korpusu pługa. Biuletyn prac naukowo-badawczych IMER, 1961, nr 1, s. 69-121.
- [5] Pawlik A.: Opory orki w świetle pomiaru ciśnienia skiby na powierzchnię roboczą korpusu pługa. Biuletyn prac naukowo-badawczych IMER, 1964, nr 3, s. 105-180.
- [6] Pawlik A.: Spadek oporu pługa na skutek zmniejszenia sił tarcia między jego elementami roboczymi a glebą. Przegląd Techniki Rolniczej i Leśnej, 2000, nr 8, s. 4-6 i 10.
- [7] Sevierniev M.: (red.) Iznos detalej sel'skokożajstviennyh mašin. Leningrad: Kolos, 1972.
- [8] Zwierzycki W.: (red.) Wybrane zagadnienia zużywania się materiałów w ślizgowych węzłach maszyn. Warszawa-Poznań: PWN, 1990. ISBN 83-01-10355-8.