

Tomasz ŚLICZNAK

WYZNACZENIE POWIERZCHNI KONTAKTU OPONY CIĄGNIKOWEJ Z GLEBĄ

W pracy przedstawiono metodę, badania i omówiono wyniki wyznaczania nacisków jednostkowych kół przednich i tylnych dwóch wybranych modeli opon ciągnikowych, na podstawie odwzorowania geometrii powierzchni styku koła z podłożem odkształcalnym.

WSTĘP

Przemierzający się pojazd oddziałuje na podłoże, w skutek czego w glebie powstaje stan naprężeń. W celu zapewnienia lepszych parametrów trakcyjnych i ochrony gleby przed ugniataniem konieczne jest aby mechanizm napędowy poruszającego się pojazdu w warunkach terenowych wywierał jak najmniejszy nacisk jednostkowy, przy zachowaniu maksymalnej siły uciągu.

W ciągnikach rolniczych można spotkać dwa mechanizmy jezdne:

- Gąsiennicowy mechanizm jezdny,
- Kołowy mechanizm jezdny.

Konstrukcje oparte na mechanizmie gąsiennicowym zapewniają maksymalną przyczepność przy minimalnym ugniataniu gleby [Rys.1] Chociaż napęd gąsiennicowy zapewnia większą ochronę gleby, jest zdecydowanie mniej popularny od mechanizmu kołowego, który umożliwi użytkownikowi ciągnika rolniczego wykorzystanie maszyny do szerszego zakresu prac.

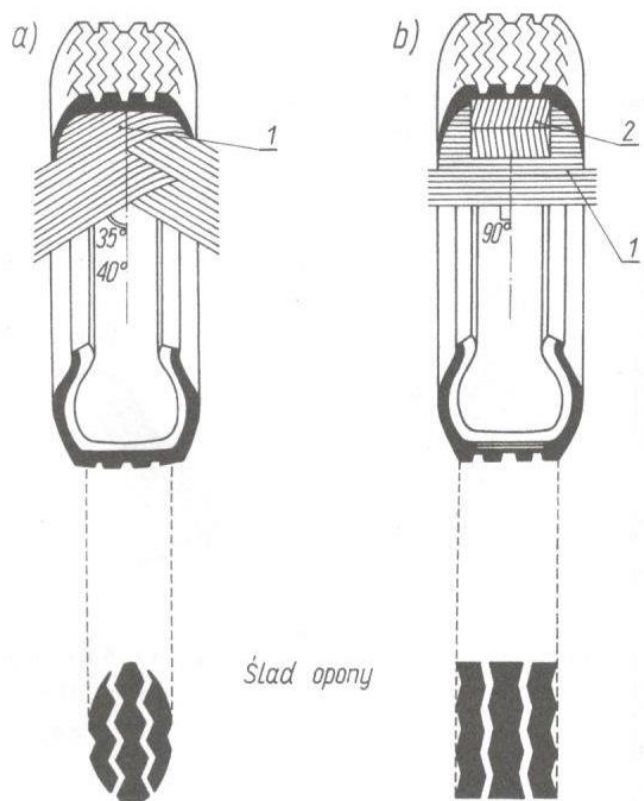


Rys. 1. Przykład gąsiennicowego mechanizmu jezdnego [1]

W mechanizmie kołowym bezpośredni wpływ na parametry trakcyjne pojazdu i stopień ugniotu gleby ma rodzaj zastosowanej opony. Na podstawie analizy budowy opon i ich śladów można zauważyć, że w oponach diagonalnych ślad przyjmuje kształt elipsy i ma mniejszą powierzchnię kontaktu opony z podłożem w porównaniu z oponą radialną, gdzie ślad przybiera kształt prostokąta [Rys. 2.].

Powierzchnia powstała po oddziaływaniu koła ogumionego na podłoże elastyczne jest powierzchnią trójwymiarową o trudnej do określenia wielkości. Szacunkową wartość nacisku jednostkowego uwzględniającą powierzchnię styku koła z glebą można wyliczyć na podstawie obciążenia, wymiarów koła, ciśnienia powietrza w ogumieniu, warunków glebowych, pomiarów kątów współpracy opony z glebą, ugięcia opony oraz głębokości koleiny. W formule opisującej wartość nacisków jednostkowych, oprócz pionowego obciążenia

koła, jako dodatkową zmienną niezależną można przyjąć siłę uciągu i osobno obliczyć wartości składowej normalnej oraz stycznej.



Rys. 2. Schemat budowy opony: a) diagonalnej, b) radialnej 1 - osnowa, 2 – opasanie [3]

Pomimo, że nacisk jednostkowy kół nie jest we wszystkich strefach powierzchni styku z glebą jednakowy, często ze względu na łatwość oznaczenia, wyznacza się jego średnią wartość do porównania z oszacowanym naprężeniem granicznym[1].

Powierzchnia kontaktu opony z podłożem w warunkach rzeczywistych zależy od wielu czynników między innymi od wilgotności gleby, rodzaju i ciśnienia w ogumieniu oraz rodzaju podłoża. Badana powierzchnia ma decydujący wpływ na parametry trakcyjne maszyny oraz na stopień ugniatania gleby. Wyznaczenie powierzchni styku opony z podłożem stanowi duży problem i jest to wykonywane różnymi metodami np. Kormanek i Walczyk [2005] pole powierzchni styku wyznaczają na podstawie rejestracji obrazów profilomierza przesuwającego wzdłuż odkształconej powierzchni [2].

W pracy przedstawiono metodę oraz wyniki określenia pola powierzchni kontaktu opony z podłożem i wyznaczenie nacisków jednostkowych na podstawie wykonania „pieczątki” śladu (Rys. 3)



Rys. 3. Odzworowanie śladów na matach.

1. METODYKA BADAŃ

Przeprowadzone badania miały na celu wyznaczenie pola powierzchni styku opony z podłożem odkształcalnym i na ich podstawie wyznaczenie nacisków jednostkowych. Badania przeprowadzono w dwóch wariantach spulchnienia gleby przy zbliżonej wilgotności w granicach 30%. Pierwsze badania przeprowadzono po wykonaniu uprawy przedsejowej, na spulchnionej glebie na głębokość około 7 cm, z widocznymi resztkami poźniwnymi. W drugim przypadku została wykonana orka głęboka na głębokość około 25 cm.

W badaniach wykorzystano dwa ciągniki o różnych masach całkowitych CASE Farmall 95A i JOHN DEERE 5075E (Tab. 1). Oba pojazdy posiadają opony radialne. Pomimo, że w literaturze można odszukać informacje, że kształt śladu opony radialnej w uproszczeniu jest prostokątem, w warunkach rzeczywistych w żadnej próbie nie wyodrębniono takiego kształtu.

Tab. 1. Podstawowe dane ciągników.

	J.mm	Rodzaj ciągnika	
		JD 5075E	CASE 95A
Oś przednia			
Rozkład mas na oś	[kg]	1339,8	1500
Siła statycznego nacisku na koło	[N]	6569,47	7354,985
Wymiar ogumienia	[-]	320/85R2	340/85R24
Ciśnienie w ogumieniu	[Mp]	1,6	1,6
Oś tylna			
Rozkład mas na oś	[kg]	1705,8	2200
Siła statycznego nacisku na koło	[N]	8361,15	10787,315
Wymiar ogumienia	[-]	420/85R3	460/85R34
Ciśnienie w ogumieniu	[Mpa]	1,6	1,6

Niestety producent w obydwu przypadkach nie podaje rozkładu ciężaru, jaki przypada na poszczególne koło. Podczas obliczeń przyjęto, że rozkład mas na koła jest symetryczny.

Operator ciągnika najechał na wcześniej przygotowany podest (Rys. 4). Następnie koła były podnoszone tak, aby była możliwość usunięcia najazdów i na gruncie można było rozłożyć nierozciągliwe maty polipropylenowe. W początkowej fazie badań próbowano wykorzystać arkusze papieru, jednak po obciążeniu arkusze nie wytrzymały siły naporu i ulegały całkowitemu zniszczeniu, co uniemożliwiało wykonanie jakichkolwiek pomiarów.



Rys. 4. Najazd ciągnikiem na podest.

Opona po dokładnym oczyszczeniu, była malowana tuszem, następnie obracano kołem w sposób umożliwiający odzworowanie śladu na macie. Następnie pojazd był opuszczany na przygotowaną matę (Rys. 5). Po opuszczeniu pojazdu odczekiwano 10 min, tak aby nastąpiło odzworowanie śladu, po czym ciągnik był podnoszony, tak aby nie nastąpiło przemieszczenie pojazdu. Wyjęta mata z odzworowanym śladem przedstawia rzeczywistą powierzchnię kontaktu koła z podłożem.



Rys. 5. Odzworowanie śladów na matach polipropylenowych.

W celu wyznaczenia rzeczywistego pola powierzchni kontaktu koła z podłożem odkształcalnym, odzworowane ślady na macie sfotografowano z przyłożoną taśmą pomiarową. Następnie zdjęcia zostały wprowadzone do programu AutoCad, gdzie zostały zeskalowane, w celu uzyskania rzeczywistych wymiarów, po czym wyznaczono pola powierzchni śladów (Rys. 6).

Obliczenia nacisku (N) przeprowadzono na podstawie wzoru:

$$N = \frac{F}{S} \text{ [MPa] ,}$$

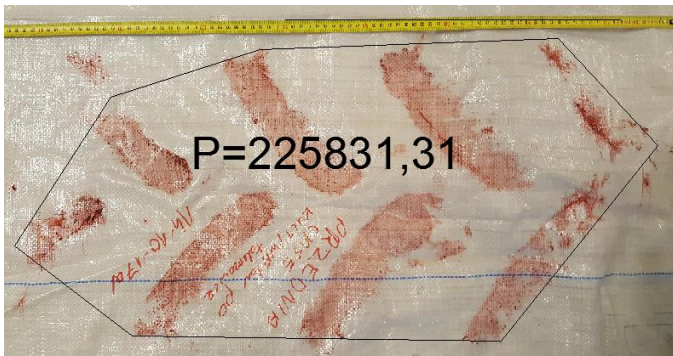
Gdzie:

F- siła statyczna nacisku koła na podłoże [N],

S- pole powierzchni styku koła z glebą [mm²],

Siła statyczna nacisku koła na podłoże obliczono na podstawie masy przypadającej na poszczególne koła ciągników.

Dla pola powierzchni kontaktu koła z gruntem równego 225831,31 mm² obliczonego powyższą metodą, nacisk jednostkowy dla koła równy jest 0,0325 MPa.

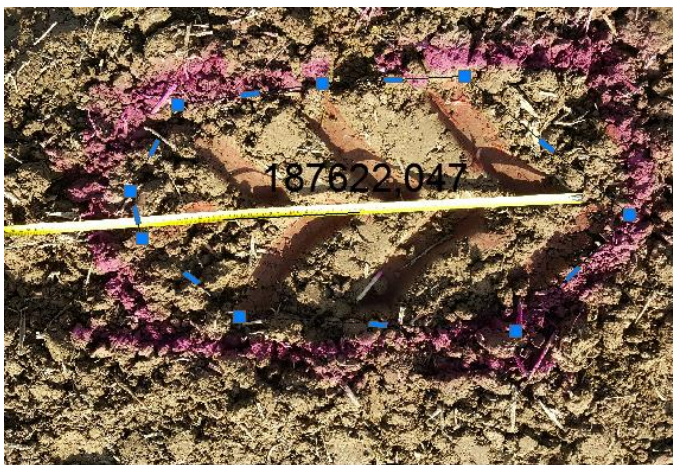


Rys. 6. Wyznaczenie powierzchni kontaktu koła z podłożem. Przednie koło ciągnika CASE.

2. OMÓWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

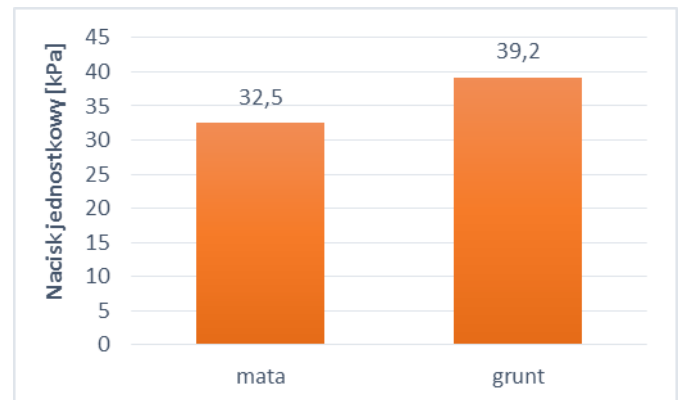
Uzyskane wyniki pomiarów i obliczeń przedstawiono w tab. 2 i tab. 3. Wyznaczony nacisk jednostkowy zawiera się w przedziale $0,0234 \div 0,0386$ MPa. Wyniki badań różnią się nieznacznie w zależności od sposobu uprawy gleby. W glebie która została uprawiona na mniejszą głębokość widać, że nacisk jednostkowy jest większy, zaś gleba, która została uprawiona na głębokość około 25 cm charakteryzuje się mniejszym naciskiem jednostkowym. Zmniejszony nacisk jest wynikiem kontaktu opony z podłożem na większej powierzchni.

Dla porównania przeprowadzono analizę śladu pozostawionego przez przednie koło ciągnika CASE na glebie, przy uprawie na głębokość około 7cm. Wyznaczenie pola kontaktu koła z glebą przeprowadzono na podstawie zdjęcia śladu pozostawionego przez pojazd na powierzchni gleby (Rys. 7).

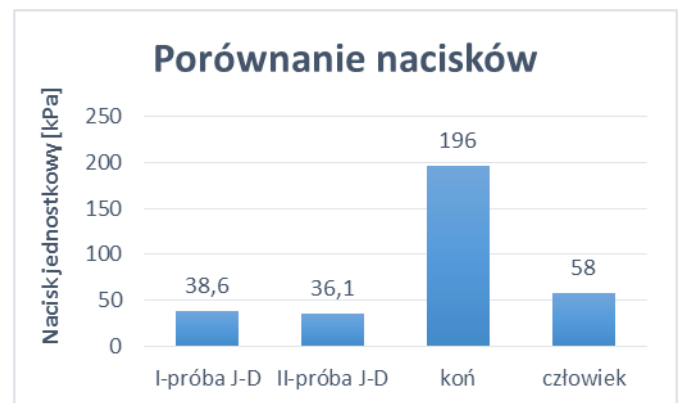


Rys. 7. Wyznaczenie powierzchni kontaktu koła z podłożem. Przednie koło ciągnika CASE.

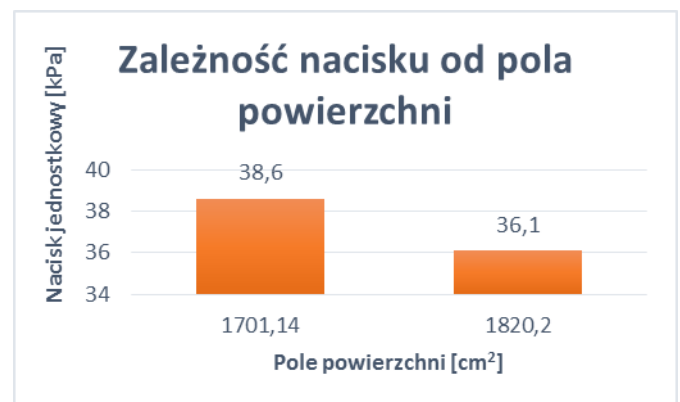
Na podstawie obliczeń dokonanych w ten sam sposób co powyżej, pole powierzchni kontaktu koła z gruntem jest równe $187622,047$ mm² w związku z czym nacisk jednostkowy dla koła równy jest $0,03920$ MPa (Rys. 8).



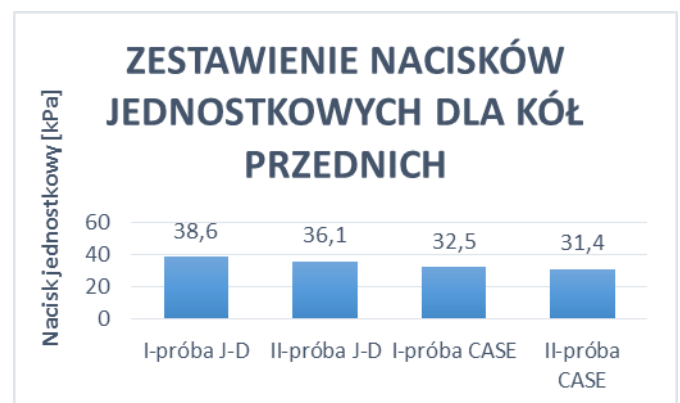
Rys. 8. Porównanie nacisków jednostkowych w zależności od sposobu liczenia pola powierzchni..



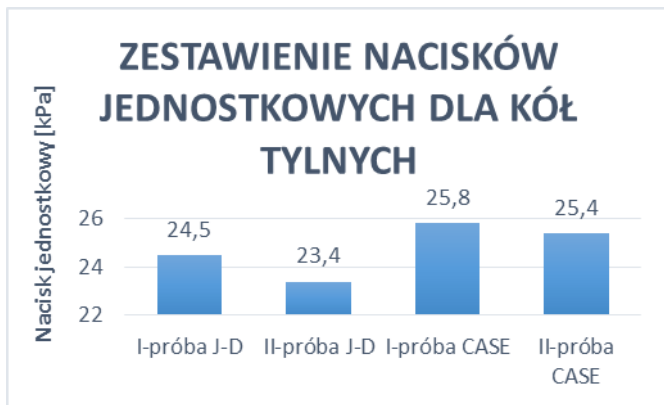
Rys. 9. Porównanie nacisków jednostkowych.



Rys. 10 Zależność nacisku od pola powierzchni ciągnika John Deere.



Rys. 11 Zestawienie nacisków jednostkowych dla kół przednich.



Rys. 12 Zestawienie nacisków jednostkowych dla kół przednich.

Dla porównania nacisk buta człowieka na podłoże wynosi ok. 0,0588 MPa, zaś poruszający się koń po polu oddziałuje na glebę z naciskiem około 0,1961 MPa. Na podstawie poniższego wykresu widać, że ciągnik pomimo dużej masy w porównaniu z człowiekiem i koniem ugniata glebę w dużo mniejszym stopniu (Rys. 9).

Tab. 2. Wyniki pomiarów i obliczeń I – gleba spulchniona na głębokość około 7 cm, z widocznymi resztkami poźniwnymi, II - wykonana orka głęboka na głębokość około 25 cm.

Typ ciągnika	Numer próby	Kolo przednie		
		Pole powierzchni [mm ²]	Nacisk jednostkowy [MPa]	Max. głębokość śladu [mm]
John Deere	I	170113,89	0,0386	52
	II	182020,10	0,0361	84
Typ ciągnika	Numer próby	Kolo tylne		
		Pole powierzchni [mm ²]	Nacisk jednostkowy [MPa]	Max. głębokość śladu [mm]
John Deere	I	341006,91	0,0245	61
	II	356729,30	0,0234	98

PODSUMOWANIE

Przeprowadzone badania pokazały, że omówione metody mogą być pomocne w wyznaczeniu nacisków jednostkowych wywieranych na podłoże. Porównując wyniki nacisku jednostkowego dla dwóch metod wyznaczania pola powierzchni dla przedniego koła ciągnika CASE przy uprawie na głębokość 7cm, można stwierdzić, że w przypadku analizy śladu na glebie nacisk jednostkowy różni się o około 1 kPa. Na podstawie przeprowadzonych badań można sformułować następujące wnioski:

1. Odwzorowany ślad na macie można traktować jak rzeczywistą powierzchnię kontaktu koła z podłożem (Rys. 10).
2. Nacisk jednostkowy jest różny w zależności od głębokości uprawy gleby, maleje wraz ze wzrostem głębokości uprawy (Rys. 11, 12).
3. Nacisk jednostkowy kół tylnych badanych ciągników jest mniejszy niż nacisk kół przednich (Rys. 11, 12).

Tab. 3. Wyniki pomiarów i obliczeń I – gleba spulchniona na głębokość około 7 cm, z widocznymi resztkami poźniwnymi, II - wykonana orka głęboka na głębokość około 25 cm.

Typ ciągnika	Numer próby	Kolo przednie		
		Pole powierzchni [mm ²]	Nacisk jednostkowy [MPa]	Max. głębokość śladu [mm]
CASE	I	225831,31	0,0325	70
	II	234004,66	0,0314	100
Typ ciągnika	Numer próby	Kolo tylne		
		Pole powierzchni [mm ²]	Nacisk jednostkowy [MPa]	Max. głębokość śladu [mm]
CASE	I	416678,40	0,0258	105
	II	423141,82	0,0254	115

BIBLIOGRAFIA

1. Jurga J. 2008. Wpływ głębokości koleiny i ciśnienia powietrza w ogumieniu na naciski jednostkowe kół ciągników na glebę.
2. Kormanek M., Walczyk J. 2005. Zastosowanie Metod Wideo-komputerowych do uzyskania trójwymiarowego odwzorowania powierzchni kontaktu opony z podłożem odkształcalnym w warunkach laboratoryjnych.
3. Orzełowski S. 2007. Budowa podwozi i nadwozi samochodowych

Determining the contact area between tractor tires and soil

The paper presents the results of the study of the determination of frontal and rear wheel drive pressures of two selected tractor models, based on the geometry of the contact surface of the wheel with the deformation medium.

Autor:

mgr inż. **Tomasz Śliczniak** – doktorant, Katedra Pojazdów Samochodowych, Politechnika Lubelska