

## OCENA ZUŻYCIA WYSTĘPÓW BIEŻNIKA OPON W ASPEKTCIE ZDOLNOŚCI TRAKCYJNYCH CIĄGNIKÓW ROLNICZYCH

Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki,  
Krzysztof Pieczarka, Marek Brennensthul

*Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu*

**Streszczenie.** W pracy przedstawiono wyniki badań opon mikrociągników na podłożach odkształcalnych. Badana była zależność siły trakcyjnej od wysokości występów bieżnika dla opon: 4.00-10, 4.50-10 i 5.00-10. Badania przeprowadzono na podłożu zadarnionym oraz na glebie (glinie piaszczystej). Stwierdzono, że zmniejszenie wysokości występów bieżnika doprowadza do spadku wartości sił trakcyjnych, przy czym charakter zmian tych sił jest uzależniony od rodzaju podłoża. Otrzymane wyniki pozwoliły na określenie granicznego poziomu zużycia opon.

**Słowa kluczowe:** właściwości trakcyjne, ciągnik rolniczy, opona, zużycie występów bieżnika

### Wstęp

Nowoczesne rolnictwo wymaga stosowania rozwiązań pozwalających na uzyskiwanie maksymalnych wydajności przy minimalnych kosztach. Oprócz wprowadzania wydajniejszych maszyn powinno dążyć się do obniżania kosztów eksploatacji parku maszynowego. Znaczna część nakładów przy wykonywaniu określonego zabiegu agrotechnicznego powiązana jest z eksploatacją ciągnika rolniczego - chodzi tu głównie o wydatki na paliwo. Chcąc zmniejszyć koszty eksploatacji ciągnika oraz zwiększyć jego wydajność należy szczególną uwagę poświęcić czynnikom, które mogą mieć wpływ na racjonalne wykorzystanie ciągnika jako źródła energii.

Ruch pojazdu rolniczego po podłożu odkształcalnym możliwy jest dzięki występowaniu siły napędowej na styku opony z podłożem. Siła ta pochodzi od momentu obrotowego na kołach napędowych, a jej przenoszenie na podłoże może odbywać się w dwojaki sposób:

z wykorzystaniem siły tarcia na styku występów z podłożem, bądź na skutek ścinania tymi występami wierzchniej warstwy podłoża. W sytuacji kiedy pojazd rolniczy porusza się po podłożu odkształcalnym przeważa siła napędowa (trakcyjna), która w głównej mierze generowana jest w wyniku naprężeń ścinających. Na podkreślenie zasługuje jednak fakt, że przenoszeniu siły trakcyjnej towarzyszy szereg negatywnych zjawisk, z których największe znaczenie przypisywane jest poślizgowi kół napędowych [Dajniak 1983]. Powoduje on zarówno straty energii jak i nadmierną deformację poziomą podłoża i przyczynia się do powiększania deformacji pionowej. Nie bez znaczenia jest fakt niszczenia pokrywy roślinnej.

nej, o ile w bezpośredniej sferze oddziaływania kół napędowych znajdują się rosące rośliny. [Białczyk i in. 1998]. Straty powstające przy ruchu koła po podłożu odkształcalnym można zatem rozpatrywać w dwóch aspektach: ekonomicznym (większe nakłady na eksploatację) oraz ekologicznym (degradacja podłoża). Dla polepszania właściwości trakcyjnych pojazdów rolniczych stosuje się różne rozwiązania techniczne bazujące na dociążaniu kół napędowych oraz na zwiększaniu powierzchni styku opony z podłożem, jednak metody te pociągają za sobą dodatkowe koszty, nierzadko też wymagają zwiększonego nakładu pracy. Dlatego też należy zwrócić szczególną uwagę na te czynniki, które w sposób bezpośredni mogą się przyczynić do pogorszenia zdolności uciążowych pojazdów rolniczych. Nie ulega wątpliwości, że należąca uwagę trzeba zwrócić na ogumienie pojazdu, a mianowicie na zużycie występów bieżników opon napędowych. Istotny jest przy tym brak uregulowań prawnych dotyczących minimalnej wysokości występów bieżnika w odniesieniu do opon pojazdów rolniczych. Odpowiedni akt prawny [Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 31.12.2002 „W sprawie warunków technicznych pojazdów oraz ich niezbędnego wyposażenia”, Dz. U. z dn. 26 lutego 2003] określa dopuszczalne wartości zużycia bieżnika jedynie dla samochodów osobowych i ciężarowych (1,6 mm) oraz dla autobusów (3,0 mm). Z rozpoznania jakie przeprowadzono w instytucjach odpowiedzialnych za kontrolę stanu technicznego, a mianowicie w Wydziale Ruchu Drogowego Komendy Wojewódzkiej Policji we Wrocławiu oraz w Okręgowych Stacjach Kontroli Pojazdów wynika, iż ocena stanu technicznego ogumienia ciągnika rozpatrywana jest pod kątem występowania bieżnika lub jego braku, nie ma natomiast określonej minimalnej wysokości występów.

Powyższe rozważania pozwalają wnosić, iż graniczne zużycie bieżnika w odniesieniu do opon ciągników powinno być rozpatrywane w aspekcie ich zdolności trakcyjnych.

## **Cel badań**

Zdolności trakcyjne pojazdu poruszającego się po podłożu odkształcalnym zależą zarówno od stanu i rodzaju podłoża jak i od parametrów układu jezdnego. Ze względu na to, że użytkownik pojazdu może tylko w niewielkim stopniu wpływać na stan podłoża, całą swoją uwagę powinien poświęcić układowi jezdnemu pojazdu, a mianowicie stanowi technicznemu ogumienia. Dlatego też podjęto badania, których celem było:

1. Wyznaczenie maksymalnych sił trakcyjnych dla opon na dwóch różnych podłożach odkształcalnych oraz określenie wpływu zużycia bieżnika na wartości tych sił.
2. Określenie różnic w przebiegach sił trakcyjnych opon na podłożu glebowym i zadarnionym.

Realizacja powyższych celów pozwoli na określenie granicznego poziomu zużycia opon, po przekroczeniu którego siły trakcyjne gwałtownie obniżają się, co oznacza, że eksploatacja pojazdu stanie się mniej opłacalna ze względu na wzrost kosztów bezpośrednich i nadmierne niszczenie podłoża.

## **Metodyka badań**

Badania przeprowadzono w warunkach polowych na dwóch rodzajach podłoża. Pierwszym podłożem była gleba (głina piaszczysta) na terenie RZD Swojec k/Wrocławia, nato-

miast drugi rodzaj podłoża to darń na glinie piaszczystej mocnej; darń ta zlokalizowana była na poletkach sąsiadujących z Instytutem Inżynierii Rolniczej Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Badane były następujące opony przeznaczone do mikrociągników: 4.00-10, 4.50-10 i 5.00-10; parametry tych opon przedstawiono w tabeli 1. Wartość ciśnienia powietrza w oponach wynosiła 0,15 MPa i była zgodna z zaleceniami producentów opon, natomiast obciążenie pionowe kół wynosiło 930 N. Czynnikiem zmiennym był stopień zużycia opon, przy czym wyróżniono 4 poziomy zużycia: 0% (bieżnik nowy), 25%, 50% i 75% .

Tabela 1. Dane opon użytych do badań

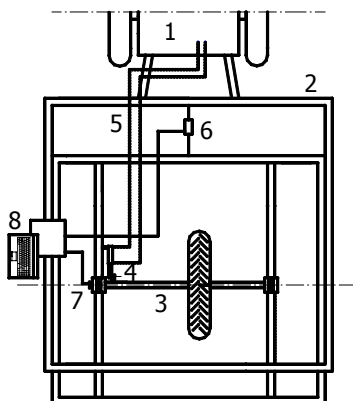
Table 1. Data for tyres used in tests

Oznaczenie opony	Promień opony [mm]	Szerokość opony [mm]	Wysokość występów bieżnika [mm]	Podziałka bieżnika [mm]	Ilość występów bieżnika	Masa opony [kg]
4.00-10	220,0	101,6	20	52,0	24	11,97
4.50-10	237,5	114,3	22	82,0	24	12,72
5.00-10	250,0	127,0	22	108,0	23	13,39

Badania wykonano za pomocą specjalistycznego stanowiska pomiarowego zagregowanego z ciągnikiem Ursus C360. Stanowisko zostało zaprojektowane i wykonane w Instytucie Inżynierii Rolniczej i było wykorzystywane do wcześniejszych badań z zakresu właściwości trakcyjnych na podłożach odkształcalnych [Czarnecki 2000]. Konstrukcja stanowiska, które schematycznie przedstawiono na rysunku 1, umożliwiała jednoczesny pomiar siły trakcyjnej i kąta obrotu koła. Wartości kąta obrotu były przeliczane na deformację poziomą podłoża. Obrót wału z badanym kołem (3) realizowany był za pośrednictwem siłownika hydraulicznego (4) połączonego z dźwignią. Siłownik zasilany był z układu hydrauliki zewnętrznej ciągnika. Zaznaczyć należy, iż stanowisko było unieruchomione, w związku z czym badane koło nie wykonywało ruchu postępowego, dlatego wartość oporów przetaczania równa była zeru. Dane uzyskane podczas pomiarów przesyłane były do elektronicznego rejestratora danych (8) połączonego z komputerem.

W trakcie realizacji badań trakcyjnych prowadzono kontrolę wilgotności analizowanych podłoży na głębokości 0-0,01 m (oznaczanie wilgotności przeprowadzono z wykorzystaniem wagosuszarki), oznaczano zwięzłość gleby wykorzystując do tego celu penetrometr stożkowy. Mierzono także maksymalne naprężenia ścinające za pomocą testera skrzydełkowego Vane H60. Pomiaru wymienionych parametrów przeprowadzono w pięciu powtórzeniach, po czym obliczano wartości średnie. W przypadku darni średnia wilgotność względna wynosiła 10%, średnia zwięzłość 326 kPa a średnie naprężenia ścinające – 69,3 kPa. W przypadku gleby wartości te wynosiły kolejno: 16%, 120 kPa i 31 kPa.

Na podstawie badań zasadniczych sporządzano wykresy przedstawiające zależność siły trakcyjnej od deformacji poziomej podłoża. Z wykresów tych odczytywano maksymalne wartości sił trakcyjnych. Dla każdego rodzaju opony na określonym podłożu wykonano 5 powtórzeń, następnie obliczano średnie wartości maksymalnych sił trakcyjnych, które stanowiły podstawę do porównania opon o różnym stopniu zużycia bieżnika. Wykresy umożliwiały ponadto określenie przebiegów sił trakcyjnych na poszczególnych podłożach.

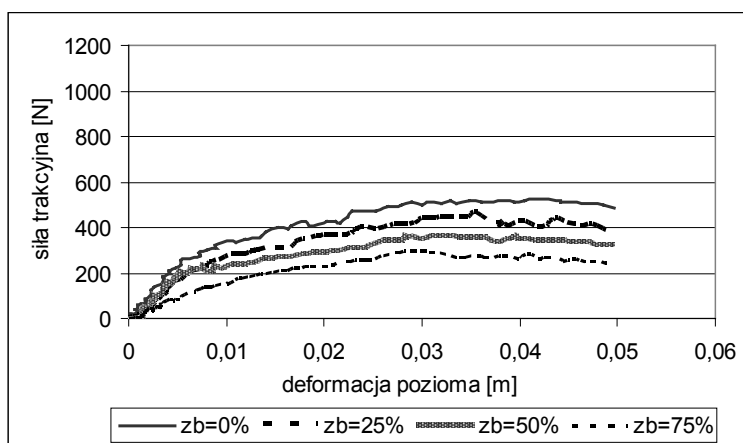


Rys. 1. Schemat stanowiska do pomiaru sił trakcyjnych: 1 – ciągnik, 2 – rama nośna, 3 – wał z badanym kołem, 4 – siłownik wymuszający obrót koła, 5 – przewody hydrauliczne, 6 – czujnik pomiaru siły trakcyjnej, 7 – czujnik pomiaru kąta obrotu wału, 8 – elektroniczny układ rejestrujący połączony z komputerem

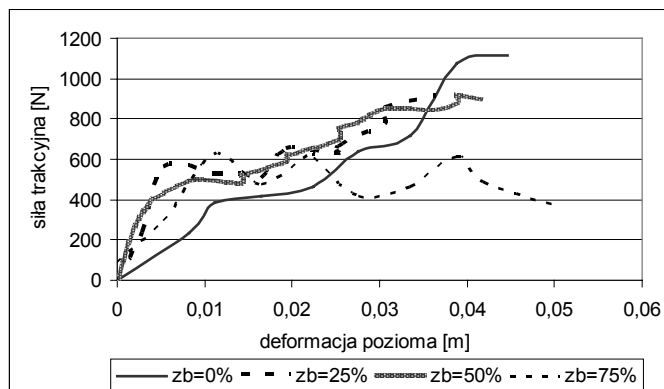
Fig. 1. Layout of measurement setup for traction forces: 1 – tractor, 2 – load-bearing frame, 3 – shaft with a tested wheel, 4 – cylinder forcing wheel rotation, 5 – hydraulic hoses, 6 – sensor measuring traction force, 7 – sensor measuring shaft rotation angle, 8 – electronic recording system connected to a computer.

## Wyniki badań i ich analiza

Na rysunkach 2 i 3 przedstawiono przykładowe przebiegi sił trakcyjnych dla opony 5.00-10 na obu rodzajach podłoża.



Rys. 2. Przebiegi sił trakcyjnych dla opony 5.00-10 na glebie (zb – zużycie bieżnika)  
Fig. 2. Trajectories of traction forces for 5.00-10 tyre on soil (zb – tread wear)

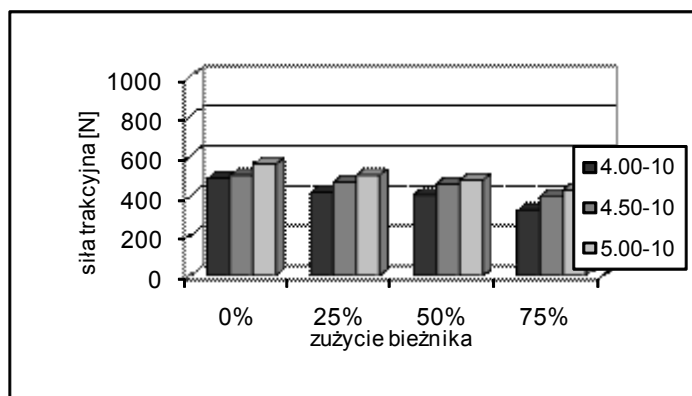


Rys. 3. Przebiegi sił trakcyjnych dla opony 5.00-10 na darni (zb – zużycie bieżnika)

Fig. 3. Trajectories of traction forces for 5.00-10 tyre on sod (zb – tread wear)

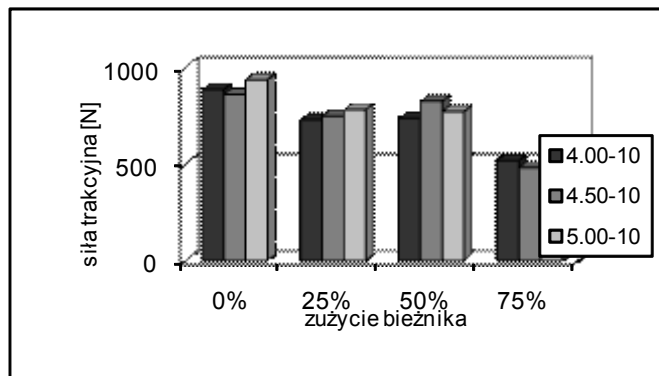
Z przedstawionych wykresów wynika, że przebiegi na poszczególnych podłożach różnią się między sobą. W przypadku gleby widoczne są bardziej płynne zmiany siły trakcyjnej w funkcji obrotu koła, natomiast w przypadku podłoża zadarnionego charakter zmian jest skokowy. Różnice te spowodowane mogą być obecnością systemu korzeniowego w podłożu zadarnionym. System korzeniowy roślin darniowych wpływa bowiem na właściwości wytrzymałościowe podłoża; z tego powodu nieco inny jest przebieg procesu ścinania; oprócz ścięcia warstwy gleby musi nastąpić rozerwanie korzeni roślin.

Wartości maksymalne sił trakcyjnych odczytane z wykresów przedstawiających zależność siły trakcyjnej od deformacji poziomej podłoża posłużyły do sporządzenia zestawień porównujących opony o poszczególnych stopniach zużycia bieżnika. Zestawienia te przedstawiono na rysunkach 4 i 5.



Rys. 4. Zestawienie maksymalnych sił trakcyjnych na glebie

Fig. 4. Comparison of maximum traction forces on soil



Rys. 5. Zestawienie maksymalnych sił trakcyjnych na darni  
Fig. 5. Comparison of maximum traction forces on sod

Z powyższych zestawień wynika, że wzrost zużycia bieżnika powoduje spadek wartości sił trakcyjnych dla opon na obu podłożach, w obu przypadkach największe spadki wystąpiły po przekroczeniu zużycia równego 50%, przy czym większe wartości spadków wystąpiły dla opon na podłożu zadarnionym. W związku z wyższą wytrzymałością podłoża zadarnionego wartości sił trakcyjnych osiągniętych na tym podłożu są większe niż na glebie.

Na glebie gliniastej wyższe wartości sił trakcyjnych występowały dla opon o większej szerokości; na podłożu zadarnionym tendencja ta dotyczy tylko opony 5.00-10 i występuje przy 0%, 25% i 75% zużycia bieżnika. Osiągnięcie większych wartości sił trakcyjnych przez oponę 5.00-10 może mieć związek z większą szerokością tej opony a co za tym idzie większą powierzchnią jej styku z podłożem.

Uzyskane wyniki poddano wieloczynnikowej analizie wariancji za pomocą testu HSD Tukeya na poziomie istotności  $\alpha=0,05$ . Wyniki analizy przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 2. Wyniki analizy statystycznej  
Table 2. Statistical analysis results

Zmienne	Rodzaj podłoża	Rozmiar opony	Zużycie bieżnika
Siła trakcyjna	0,0000	0,1698	0,0000

Na podstawie wyników analizy stwierdzono, iż stopień zużycia bieżnika oraz rodzaj podłoża miały istotny wpływ na wartość siły trakcyjnej.

## Podsumowanie i wnioski

Na podstawie przeprowadzonych badań sformułowano następujące wnioski:

1. Wzrost zużycia bieżnika opon ciągnika rolniczego powoduje pogorszenie jego właściwości trakcyjnych objawiające się spadkiem wartości siły trakcyjnej.

2. Dla wszystkich badanych opon na obu rodzajach podłoża największe wartości spadków sił trakcyjnych obserwuje się po przekroczeniu 50% zużycia występów, dlatego też tę wartość zużycia można uznać za graniczną.
3. Oba rodzaje badanych podłoży różnią się między sobą pod względem właściwości wytrzymałościowych, co objawia się tym, że maksymalne siły trakcyjne rozwijane na darni mają większe wartości niż na glebie. Ma to związek z obecnością systemu korzeniowego w podłożu zadarnionym, co przyczynia się do wzrostu wytrzymałości tego podłoża.
4. Opona o największej szerokości (5.00-10) charakteryzowała się największymi wartościami generowanych sił trakcyjnych na obu rodzajach podłoża.

## Bibliografia

- Białczyk W., Bernat J., Materek D.** 1998. Przyczepność opony napędowej na zadarnionym podłożu jako funkcja wysokości występów bieżnika. Zeszyty Problemowe Postępu Nauk Rolniczych. Z 454. cz. I. s. 73-80.
- Czarnecki J.** 2000. Analiza układu koła mikrociągnika – podłoże odkształcalne. Praca doktorska. Instytut Inżynierii Rolniczej. Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu. Maszynopis.
- Dajniak H.** 1983. Ciągniki. Teoria ruchu i konstruowanie. WKiŁ. Warszawa.
- Rozporządzenie Ministra Infrastruktury z dn. 31.12.2002 „W sprawie warunków technicznych pojazdów oraz ich niezbędnego wyposażenia”. Dz. U. z dn. 26 lutego 2003.

## ASSESSMENT OF TYRE TREAD PROTRUSION WEAR IN THE ASPECT OF FARM TRACTORS TRACTION CAPACITY

Abstract. The paper presents the results of testing micro tractor tyres on deformable grounds. The researchers examined the relationship between traction force and height of tread protrusions for the following tyres: 4.00-10, 4.50-10 and 5.00-10. The tests were carried out on ground covered with sod and on soil (sandy clay). It has been observed that reduction in height of tread protrusions results in drop of traction forces, while the nature of changes in these forces depends on ground type. The results showed boundary tyre wear level.

**Key words:** traction properties, farm tractor, tyre, tyre tread protrusion wear

### Adres do korespondencji:

Włodzimierz Białczyk; e-mail: wlodzimierz.bialczyk@up.wroc.pl  
Instytut Inżynierii Rolniczej  
ul. Chełmońskiego 37/41  
51-630 Wrocław