

OCENA TRAKCYJNOŚCI UKŁADU KOŁO NAPĘDOWE – PODŁOŻE LEŚNE W ASPEKCIE ZMIAN POŚLIZGU KÓŁ

Włodzimierz Białczyk, Anna Cudzik, Jarosław Czarnecki, Krzysztof Pieczarka
Instytut Inżynierii Rolniczej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu

Streszczenie. W pracy przedstawiono badania dotyczące rozpoznania sposobu wytwarzania sił napędowych na dwóch drogach leśnych: o nawierzchni gruntowej oraz utwardzonej tłuczniem, w aspekcie zmian poślizgu kół. Badano również wpływ stosowania łańcuchów antypoślizgowych na oponie 9.5-24 na jej właściwości trakcyjne na gruntowej drodze leśnej. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono, że rodzaj nawierzchni drogi leśnej istotnie wpływa na uzyskiwane przez oponę 9.5-24 wartości sił napędowych oraz sprawności trakcyjnej. Badania wykazały również, że stosowanie łańcuchów antypoślizgowych na kole napędowym przyczynia się do wzrostu wytwarzanych przez nie sił.

Słowa kluczowe: siła napędowa, poślizg kół napędowych, droga utwardzona, droga gruntowa, łańcuch antypoślizgowy

Wstęp

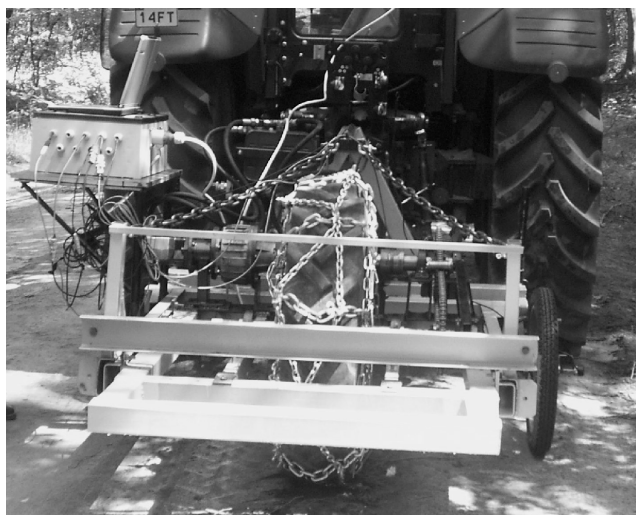
Główną cechą odróżniającą transport leśny od transportu w innych gałęziach gospodarki jest jego sezonowość, która wynika z rytmu biologicznego drzew, stanów chorobowych lasu oraz żywiołowości przyrody [Kubiak 1990]. To właśnie te cechy sprawiają, że w gospodarstwie leśnym przypadają okresy intensywnego transportu drewna. W krótkim przedziale czasu potrzeba wywieźć duże ilości drewna z jednostki powierzchni. Na skutek wielokrotnych przejazdów ciężkich środków transportowych po drogach leśnych dochodzi do licznych uszkodzeń tych dróg [Sosnowski 1999]. Tworzą się głębokie koleiny, które często wykluczają drogi z dalszego użytkowania. Ponadto nadmierne ugniecenie szlaków i dróg zrywkowych prowadzi do zaburzenia stosunków powietrzno-wodnych, nasilenia procesów erozyjnych, a także do znacznego osłabienia przyrostów drzew rosnących w ich bezpośrednim sąsiedztwie [Gil 2000]. Powstawanie odkształceń podłoża jest skutkiem nadmiernego ciężaru pojazdów, niskiej nośności gruntu i poślizgu kół [Hanak 2003; Suchomel 1992]. Im większy poślizg kół, tym większe straty energetyczne towarzyszą poruszaniu się pojazdu i tym większe szkody powstają w podłożach [Jakliński 1999].

Cel i metoda i warunki badań

Celem badań było rozpoznanie sposobu generowania sił napędowych oraz analiza zmian wartości sprawności trakcyjnej w zależności od zmian poślizgu kół:

- dla opony napędowej o rozmiarze 9.5-24 wyposażonej w łańcuchy antypoślizgowe oraz bez łańcuchów,
- na drogach o różnych nawierzchniach (gruntowa i utwardzona tłuczniem).

Badania przeprowadzono na terenie Nadleśnictwa Oława w Leśnictwie Chrzastawa. Roczne pozyskanie drewna w tym leśnictwie wynosi około 3 100 m³. Pomiary przeprowadzono na dwóch drogach leśnych: gruntowej oraz utwardzonej tłuczniem. Do badań zastosowano oponę o rozmiarze 9.5-24 w wersji z łańcuchami antypoślizgowymi i bez. Analizowane podłoża scharakteryzowano poprzez wyznaczenie ich wilgotności i pomiar maksymalnych naprężeń ścinających. Wielkości te wyznaczone na drodze gruntowej i utwardzonej wynosiły odpowiednio: wilgotność -10,2% i 14,8%, maksymalne naprężenia ścinające na głębokości 0,05 m – 84 kPa. Do pomiaru siły napędowej, wielkości poślizgu oraz sprawności trakcyjnej zastosowano specjalistyczne stanowisko do badań trakcyjnych w warunkach terenowych (rys. 1).



Rys. 1. Stanowisko do badań trakcyjnych
Fig. 1. Setup for traction tests

Czujniki oraz przyrządy zamontowane w stanowisku umożliwiły pomiar siły napędowej, momentu napędowego na kole, kąta obrotu koła badanego, pozwalającego na obliczenie drogi teoretycznej, kąta obrotu koła „piątego”, pozwalającego wyliczyć drogę rzeczywistą. Poślizg badanego koła obliczano z zależności (1), natomiast sprawność według wzoru (2) [Jakliński 2006]:

$$\delta = 1 - \frac{s_{rz}}{s_t} \quad [\%] \quad (1)$$

$$\eta = \frac{P_j}{M} \cdot r \cdot (1 - \delta) \quad [\%] \quad (2)$$

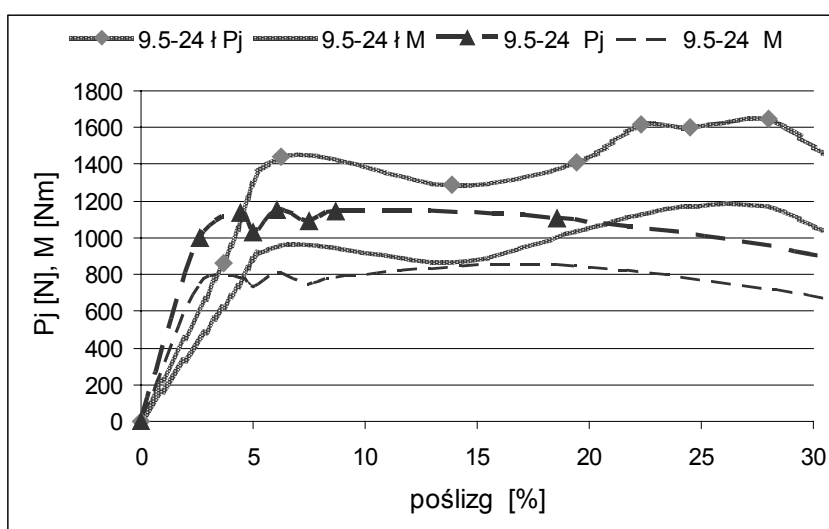
gdzie:

- P_j – siła napędowa [N],
- M – moment napędowy [Nm],
- r_d – promień toczenia [m],
- δ – poślizg [-].

Uzyskane wyniki poddano analizie statystycznej wykorzystując pakiet statystyczny Statistica 8.0. W celu określenia wpływu zmiennych niezależnych na zmienne zależne zastosowano wieloczynnikową analizę wariancji oraz test grup jednorodnych Tukeya HSD.

Wyniki badań i ich analiza

Na rysunku 2 przedstawiono przebiegi zmienności sił i momentów napędowych uzyskiwanych przez oponę 9.5-24 uzbrojoną w łańcuchy antypoślizgowe oraz bez łańcuchów na gruntowej drodze leśnej, przy obciążeniu 3300 N.

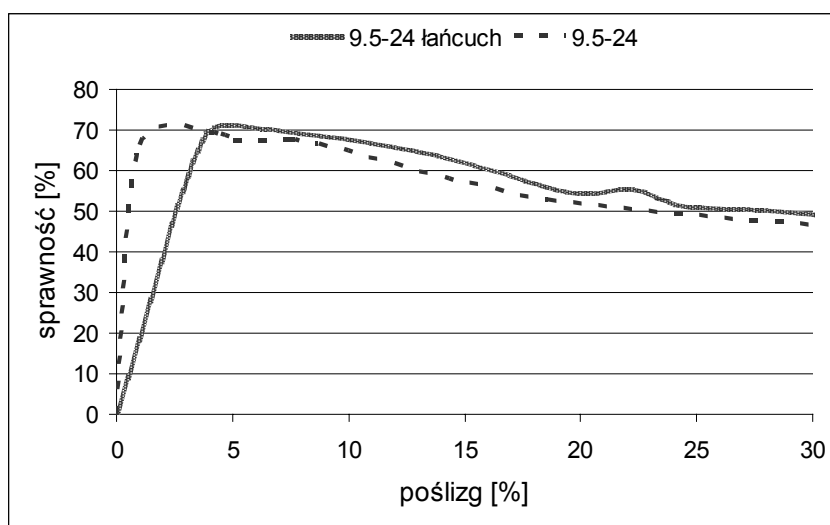


Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 2. Przebiegi zmienności sił i momentów napędowych jako funkcja poślizgu dla opony 9.5-24 w wersji z łańcuchem antypoślizgowym i bez łańcucha na drodze gruntowej, przy obciążeniu 3300 N

Fig. 2. Trajectories of variability in forces and driving torques as the slip function for 9.5-24 tyre, version with anti-slip chain and without anti-slip chain on a soil-surfaced road, for the load of 3,300 N

Z prezentowanego wykresu wynika, że stosowanie łańcuchów korzystnie wpływa na właściwości trakcyjne układu koło – podłoże. Opona wyposażona w łańcuchy antypoślizgowe wytwarzała średnio o 30% większą siłę napędową dla całego analizowanego zakresu poślizgu koła. Siła napędowa w przypadku opony z łańcuchem tworzona jest przy w głównej mierze w wyniku ścinania. Przy poślizgu w granicach (0÷5)% obserwuje się intensywne narastanie generowanej siły zarówno przez oponę z łańcuchem jak i bez aż do osiągnięcia wartości maksymalnych. Po przekroczeniu 18% poślizgu opony bez łańcucha oraz 28% koła z łańcuchem wartości generowanych sił napędowych zaczynają spadać.



Źródło: opracowanie własne autorów

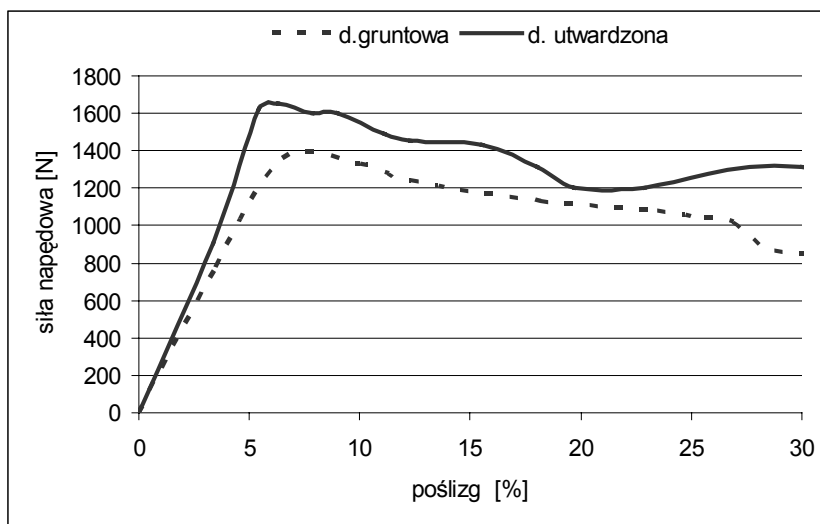
Rys. 3. Przebiegi zmienności sprawności trakcyjnej jako funkcja poślizgu wyznaczonej dla opony 9.5-24 w wersji z łańcuchem antypoślizgowym i bez łańcucha na drodze gruntowej, przy obciążeniu 3300 N

Fig. 3. Trajectories of variability in traction efficiency as the slip function for 9.5-24 tyre, version with anti-slip chain and without anti-slip chain on a soil-surfaced road, for the load of 3,300 N

Rysunek 3 przedstawia przebiegi zmienności sprawności trakcyjnej wyznaczonej dla opony 9.5-24 w wersji z łańcuchem antypoślizgowym i bez łańcucha przy obciążeniu 3300 N na gruntowej drodze leśnej. Na wykresie można zaobserwować brak wyraźnych różnic w wartościach analizowanego parametru wyznaczonego dla badanych układów jezdnych. Maksymalne wartości sprawności trakcyjnej kształtowały się na poziomie 70% i uzyskano je przy 4% poślizgu dla koła bez łańcucha oraz 6% dla koła z łańcuchami. Dla poślizgów z przedziału 5-25% na badanej drodze opona 9.5-24 uzbrojona w łańcuch uzyskiwała około 5% większe wartości sprawności niż opona bez łańcucha.

Sposób wytwarzania siły napędowej przez oponę 9.5-24 na badanej drodze gruntowej oraz na drodze utwardzonej tłuczniem jest bardzo podobny, co widać na rysunku 4. Po-

czątkowo dla poślizgu do ok. 5% obserwuje się intensywne narastanie siły napędowej aż do osiągnięcia maksimum, po którym wartości analizowanego parametru zaczynają stopniowo spadać. Maksymalna wartość siły napędowej generowanej przez oponę 9.5-24 na drodze utwardzonej wynosiła 1650 N i była o 290 N większa od maksymalnej siły napędowej uzyskanej na drodze gruntowej.



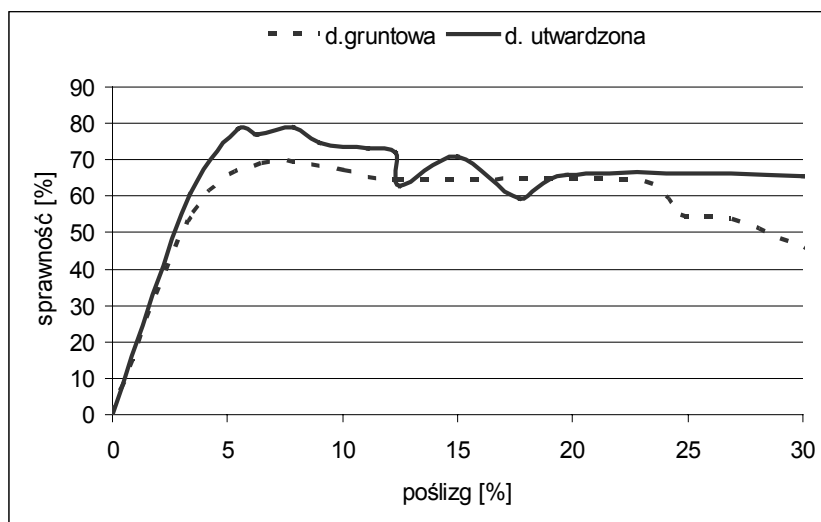
Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 4. Przebiegi zmienności sił napędowych jako funkcja poślizgu dla opony 9.5-24 na drodze gruntowej i utwardzonej, przy obciążeniu 4300 N
 Fig. 4. Trajectories of variability in driving forces as the slip function for 9.5-24 tyre on soil-surfaced road and paved road, for the load of 4,300 N

Na rysunku 5 przedstawiono z kolei przebiegi sprawności trakcyjnej wyznaczonej dla opony 9.5-24 na drodze gruntowej oraz drodze utwardzonej w zależności od poślizgu badanego koła. Najwyższe wartości sprawności trakcyjnej badana opona uzyskała przy poślizgu 5% zarówno na drodze utwardzonej jak i gruntowej i wynosiły one odpowiednio: 78% i 69%. Dalszy wzrost poślizgu badanego koła na drodze gruntowej skutkował nieznacznymi spadkami wartości sprawności, natomiast dla poślizgu powyżej 25% wartości sprawności trakcyjnej zaczynają gwałtownie spadać. W przypadku drogi utwardzonej największy spadek wartości sprawności trakcyjnej obserwuje się przy poślizgu z przedziału 5-20%. Przy poślizgu w granicach 20-30% wartości sprawności badanej opony na drodze utwardzonej nie ulegają istotnym zmianom i kształtują się na poziomie 65%.

Otrzymane wyniki poddano wieloczynnikowej analizie wariancji, która wykazała, że stosowanie łańcuchów antypoślizgowych istotnie wpływa na wartości generowanych sił napędowych, na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Nie stwierdzono jednak istotności wpływu stosowania łańcuchów na wartości sprawności trakcyjnej. Analiza wpływu rodzaju drogi

(gruntowa, utwardzona tłucznem) na analizowane parametry trakcyjne wykazała, istotny wpływ rodzaju nawierzchni zarówno na wartości sił napędowych jak i wartości sprawności trakcyjnej na poziomie istotności $\alpha=0,05$. Wyniki tej analizy zestawiono w tabeli 1.



Źródło: opracowanie własne autorów

Rys. 5. Przebiegi zmienności sprawności trakcyjnej jako funkcja poślizgu dla opony 9.5-24 na drodze gruntowej i utwardzonej, przy obciążeniu 4300 N

Fig. 5. Trajectories of variability in traction efficiency as the slip function for 9.5-24 tyre on soil-surfaced road and paved road, for load 4,300 N

Tabela 1. Wyniki wieloczynnikowej analizy wariancji

Table 1. Results of multi-factor variance analysis

Zmienne	Modyfikacja (łańcuchy antypoślizgowe)	Rodzaj drogi
Siła napędowa	0,046138	0,043061
Sprawność	0,957812	0,000070

źródło: obliczenia własne autorów

Wnioski

Przeprowadzone badania i analiza uzyskanych wyników pozwoliły na sformułowanie następujących wniosków:

1. Zastosowanie łańcuchów antypoślizgowych skutkowało około 10% przyrostem siły trakcyjnej w porównaniu z wartościami uzyskiwanymi przez oponę bez łańcuchów. Maksymalne wartości sił trakcyjnych uzyskiwano przy poślizgach 4-6%.

2. Sprawności trakcyjne obliczone dla opony z łańcuchami były większe średnio o 5% w porównaniu z oponą bez łańcucha przy poślizgu z zakresu 5-25%.
3. Rodzaj nawierzchni istotnie wpływa na właściwości trakcyjne badanej opony. Większe wartości sił trakcyjnych (średnio o 30%) uzyskiwano na drodze utwardzonej dla poślizgów w zakresie 5-15%.
4. Zarówno na drodze utwardzonej jak i na drodze gruntowej najwyższe wartości sprawności trakcyjnej badanego koła uzyskano przy poślizgu 5%. Większe wartości sprawności trakcyjnej badanego koła uzyskano na drodze utwardzonej przy poślizgu w granicach 5-12% i powyżej 25%.

Bibliografia

- Gil W.** 2000. Naziemna zrywka drewna skiderami w ujęciu kodeksu praktyk pozyskaniowych. Sylwan. Nr 1. s. 59-73.
- Hanák K.** 2003 Zpevnování málo unosných podloží lesních cest. Lesnája Promyslennost. Nr 7. s. 34-35.
- Jakliński L.** 1999 Modele oddziaływania koła pneumatycznego na glebę. Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej. Z. 175 Mechanika. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. s. 20-23.
- Jakliński L.** 2006 Mechanika układu pojazd – teren w teorii i badaniach wybrane zagadnienia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej. ISBN 83-7207-595-6.
- Kubiak M.** 1990 Transport leśny. Wydawnictwo Akademii Rolniczej w Poznaniu. s. 17-28.
- Sosnowski J.** 1999 Problem oceny szkód wyrządzanych przy zrywce drewna. Sylwan. Nr 7. s. 33-43.
- Suchomel J.** 1992 Poskodzovanie porastu, podrastu a pody tazbovych a dopravných technologiach. Acta Fac. For. Zvolen T.34. s. 331-342.

EVALUATION OF TRACTION PROPERTIES IN THE DRIVE WHEEL – FOREST GROUND ARRANGEMENT IN THE ASPECT OF WHEEL SLIP CHANGES

Abstract. The paper presents research on identifying method used to generate driving forces on two forest road types: soil-surfaced and paved with road stone, in the aspect of changes in wheel slip. Moreover, the researchers examined the impact of using anti-slip chains for 9.5-24 tyre on its traction properties on a soil-surfaced forest road. Completed tests lead to the conclusion that forest road surface type significantly affects values of driving forces and traction efficiency obtained by 9.5-24 tyre. The tests have also shown that anti-slip chains used on the drive wheel contribute to the increase in generated forces.

Key words: driving force, drive wheel slip, paved road, soil-surfaced road, anti-slip chain

Adres do korespondencji:

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