

WYBRANE ZAGADNIENIA ODKSZTAŁCEŃ NAPĘDOWEGO KOŁA PNEUMATYCZNEGO CIĄGNIKA ROLNICZEGO

Bronisław Kolator

Katedra Eksploatacji Pojazdów i Maszyn, Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie

Streszczenie. Celem pracy było przeanalizowanie zjawiska zachodzącego w czasie promieniowego wertykalnego obciążania napędowego koła pneumatycznego ciągnika rolniczego. Przeprowadzono analizę istniejących modeli odkształceń promieniowych koła ogumionego. Wykonano badania eksperymentalne i zweryfikowano przyjęty model napędowego koła pneumatycznego.

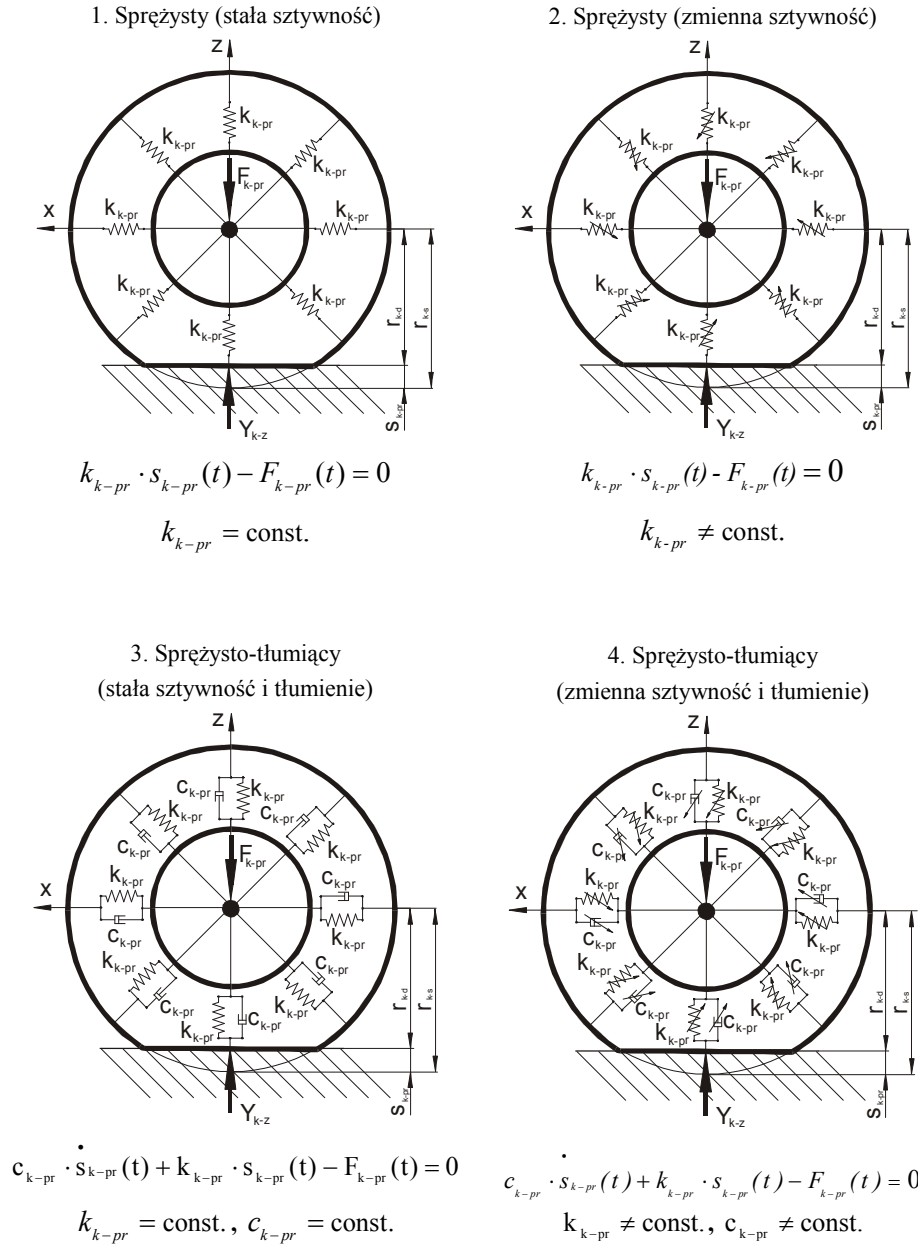
Słowa kluczowe: koło pneumatyczne, modelowanie, podatność promieniowa, ciągnik rolniczy

WSTĘP

Podczas pracy agregatu maszynowego koła napędowe ciągnika są poddawane działaniom zmiennych sił i momentów obrotowych. Analiza tych zjawisk jest niezbędna do określenia właściwości trakcyjnych ciągnika. Duże znaczenie ma właściwy opis sił i towarzyszących im odkształceń kół napędowych ciągnika rolniczego, ponieważ ma to wpływ między innymi na wielkość promienia dynamicznego, którego wartość jest niezbędna między innymi do określenia prędkości teoretycznej agregatu, a także do wyznaczenia sił napędowych na kołach ciągnika.

MODELE KOŁA PNEUMATYCZNEGO

W celu wywołania odkształcenia opony, należy nie tylko pokonać jej opór sprężysty, ale także siły tarcia wewnętrznego. Odkształcenia obręczy, tarczy i piast są pomijalnie małe, a więc można przyjąć, że odkształcenie koła pneumatycznego jest równoważne odkształceniu samej opony. W zależności od przebiegu zmian obciążenia siła tarcia wewnętrznego może przyjmować dodatni lub ujemny zwrot. Wielkość odkształceń opon zależy od ich właściwości konstrukcyjnych, materiałów użytych do ich budowy i przebiegu procesu użytkowania. Odkształcenia są odwracalne i towarzyszy im rozproszenie energii. Straty energetyczne są wywołane międzycząsteczkowym tarcie w gumie (ich wzajemnym przemieszczaniem się) i tarcie poszczególnych części składowych opony, szczególnie osnowy.



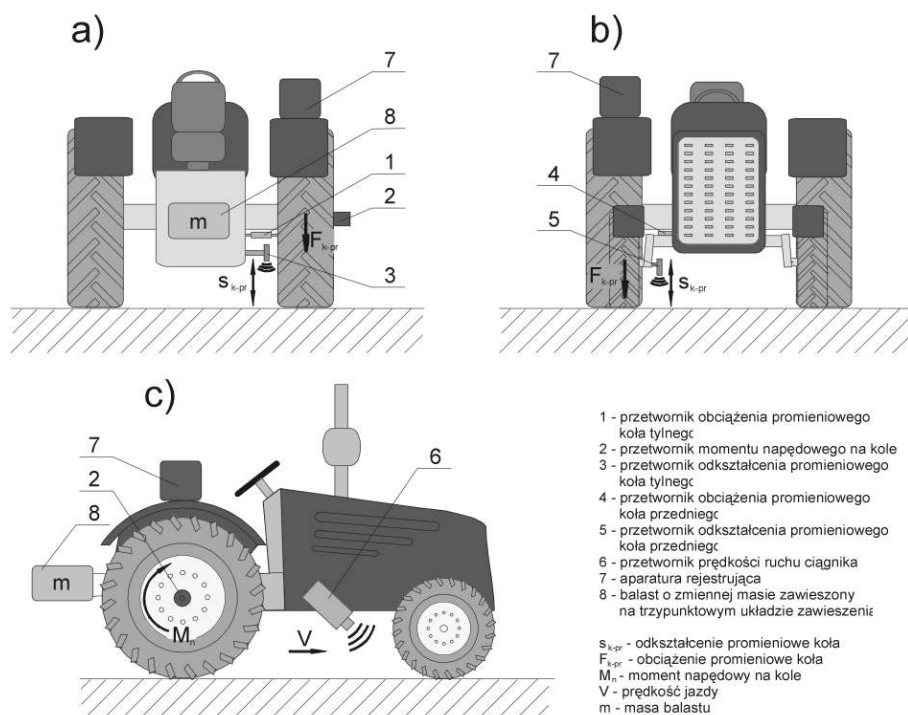
Rys 1. Schematy modeli podatności promieniowej koła pneumatycznego; $s_{k-pr}(t)$ – odkształcenie promieniowe, $F_{k-pr}(t)$ – obciążenie promieniowe, $Y_{k-z}(t)$ – pionowa składowa reakcji podłoża działająca na koło, k_{k-pr} – sztywność promieniowa, c_{k-pr} – tłumienie promieniowe, r_{k-d} – promień dynamiczny koła, r_{k-s} – promień swobodny koła

Fig. 1. Model drafts of radial flexibility of a pneumatic wheel: $s_{k-pr}(t)$ – radial deformation, $F_{k-pr}(t)$ – radial loading, $Y_{k-z}(t)$ – vertical element of the ground's reaction to the wheel, k_{k-pr} – radial rigidity, c_{k-pr} – radial suppression, r_{k-d} – dynamic radius of a wheel, r_{k-s} – free radius of a wheel

Charakter zmian obciążeń i odkształceń można opisać za pomocą więzów podatnych [Jaworski 1987]. Uprozczone modele koła pneumatycznego oraz związki między obciążeniem i odkształceniem przedstawiono na rys. 1 [Mitschke 1977, Borkowski *i in.* 1996, Kolator i Szczygłak 2004].

BADANIA EKSPERYMENTALNE I ICH WYNIKI

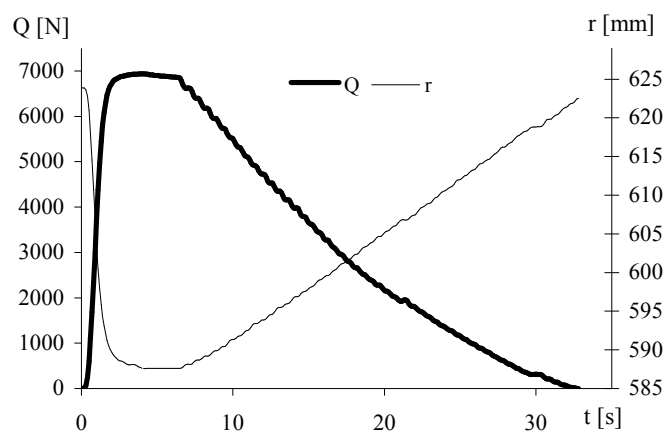
Zasadniczym celem badań eksperymentalnych było wyznaczenie odkształceń promieniowych wywołanych zmiennym wertykalnym obciążeniem tylnych kół napędowych ciągnika, współpracujących ze sztywnym płaskim podłożem. Badania wykonano na mobilnym stanowisku badawczym wyposażonym w odpowiednie przetworniki mierzących wielkości i aparaturę rejestrującą. Mobilne stanowisko badawcze to agregat maszynowy, składający się z ciągnika MF235 wraz zawieszonym narzędziem rolniczym. Na tylnych kołach napędowych ciągnika były zamontowane opony (oznaczone fabrycznie) 11.2-28 6PR A6 AN-13 Stomil Olsztyn, o ciśnieniu wewnętrznym 0,1 MPa (nośność maksymalna 10,9 kN przy ciśnieniu 0,18 MPa). Na rysunku 2 przedstawiono schemat ciągnika z układem pomiarowym do badań podatności promieniowej kół współpracujących ze sztywnym płaskim podłożem.



Rys. 2. Schemat ciągnika z układem do pomiaru podatności promieniowej kół współpracujących ze sztywnym płaskim podłożem: a) widok z tyłu, b) widok z przodu, c) widok z boku

Fig. 2. Draft of a tractor with a system for the measurement of radial flexibility of wheels cooperating with rigid, flat ground: a) rear view, b) front view, c) side view

W pierwszym etapie badań eksperymentalnych określono sztywność statyczną napędowego koła. Sztywność statyczna jest stosunkiem siły wertykalnej do przemieszczenia osi koła (odległość od osi koła do podłoża zdefiniowano jako promień koła r) podczas quasi-statycznego obciążenia nieruchomego koła ogumionego. Przykładowe mierzone i zarejestrowane wielkości przedstawiono na rys. 3. Uzyskane wielkości pomiarowe przetransponowano do postaci zależności odkształcenia promieniowego koła od obciążenia wertykalnego, a następnie po aproksymacji otrzymano funkcję zmian promienia koła w zależności od obciążenia, którą (w postaci algebraicznej i wykreślnej) przedstawiono na rysunku 4 (odpowiednio do zmiany obciążenia). Na podstawie analizy uzyskanych wyników określono średnią sztywność statyczną badanego pneumatycznego koła, która podczas zwiększania obciążenia wynosi 18,7 daN/mm, a przy zmniejszaniu obciążenia 19,5 daN/mm.

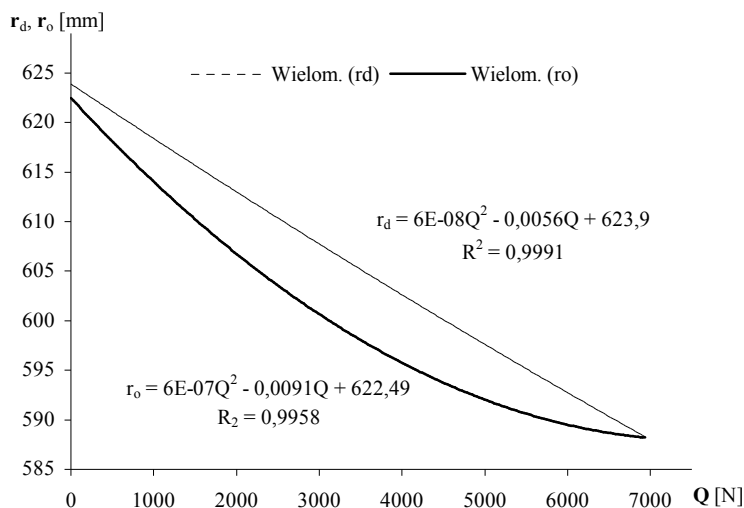


Rys. 3. Przykładowe przebiegi w czasie zmian wertykalnego obciążenia Q napędowego koła i jego promienia r

Fig. 3. Sample changeability runs for the vertical loading Q of the driving wheel and its radius r

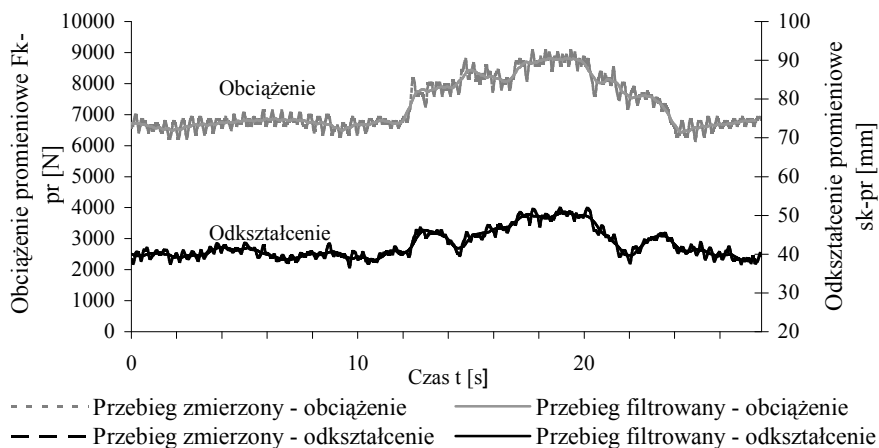
W drugim etapie badań eksperymentalnych, podczas jazdy agregatu po poziomym nieodkształcalnym podłożu, wymuszano zmianę wertykalnego obciążenia kół napędowych poprzez zmianę położenia narzędzia (zawieszonego na trzypunktowym układzie) względem ciągnika. Podczas przejazdów eksperymentalnych agregatem mierzono sygnały następujących wielkości: odkształcenia promieniowego koła s_{k-pr} , obciążenia promieniowego koła F_{k-pr} , prędkość jazdy v . Wielkości te rejestrowano (częstotliwość próbkowania 50 Hz) wykorzystując przetworniki A/C Spider 8 firmy HBM, współpracujące z przenośnym komputerem Toughbook Panasonic Cf-28.

Uzyskane przebiegi czasowe obciążenia i odkształcenia promieniowego koła poddano filtracji częstotliwościowej przy pomocy programu Matlab. Przykładowe przebiegi zarejestrowanych sygnałów (obciążenia i odkształcenia promieniowego) w trakcie badań eksperymentalnych przed i po ich filtracji przedstawiono na rys. 5.



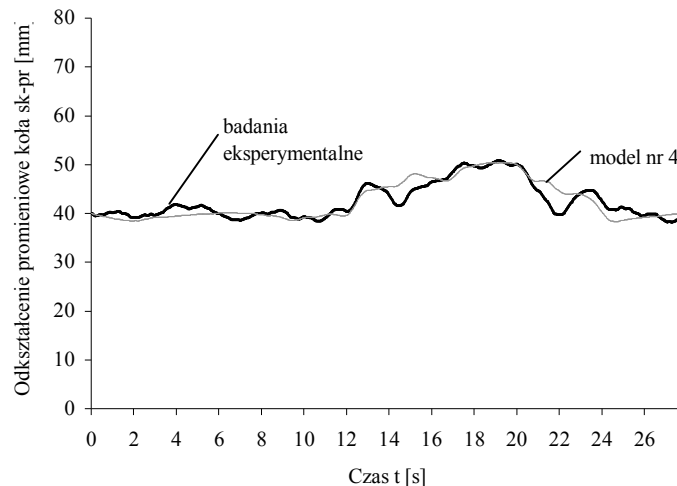
Rys. 4. Aproxymowana zależność od wertykalnego obciążenia Q napędowego koła pneumatycznego na jego promień (podczas: r_d – zwiększania obciążenia, r_o – zmniejszania obciążenia)

Fig. 4. Approximate dependency on the vertical loading Q of the pneumatic driving wheel in relation to its radius (during: r_d – loading increase, r_o – loading decrease)



Rys. 5. Przebiegi czasowe obciążenia promieniowego F_{k-pr} i odkształcenia promieniowego s_{k-pr} napędowego koła ogumionego podczas jazdy agregatu przed i po filtracji

Fig. 5. Time runs for the radial loading F_{k-pr} and radial deformation s_{k-pr} of a rubber driving wheel during an aggregate's drive before and after filtration



Rys. 6. Przebieg w czasie odkształcenia promieniowego koła napędowego ciągnika

Fig. 6. A run during radial deformation of a tractor's driving wheel

Na podstawie wyników badań eksperymentalnych wyznaczono dla napędowego koła tylnego wskaźniki sztywności k_{k-pr} w zależności od odkształcenia promieniowego i tłumienia c_{k-pr} (przedstawione poniżej):

$$k_{k-pr} = -0,020326 \cdot s_{k-pr}^2 + 2,232054 \cdot s_{k-pr} + 113,7687, \text{ N/mm}$$

$$c_{k-pr} = 0,2373 \cdot k_{k-pr}, \text{ Ns/mm}$$

Następnie zweryfikowano przedstawione modele z wynikami badań. Porównanie odkształcenia promieniowego koła uzyskanego z badań i z modelu nr 4 sprężysto-tłumiącego (najbardziej odpowiadającemu eksperymentowi) przedstawiono na rys. 6.

PODSUMOWANIE

Na podstawie badań eksperymentalnych i wykorzystując opracowane metody wyznaczono zmienność współczynników sprężystości i tłumienia. Określono na tej podstawie zależności między siłą wymuszającą a ugięciem promieniowym koła ogumionego. Porównując wyniki obliczeń z danymi uzyskanymi podczas badań eksperymentalnych stwierdzono, że najmniejsze różnice między przebiegami czasowymi występują w przypadku modelu z więzami sprężysto-tłumiącymi o zmiennej charakterystyce sprężystości i tłumienia.

LITERATURA

- Borkowski W., Konopka S., Prochowski L. 1996: Dynamika maszyn roboczych. Wydawnictwo Naukowo-Techniczne. Warszawa.
- Jaworski J. 1987: Ogumienie pojazdów samochodowych budowa i eksploatacja. Wydawnictwo Komunikacji i Łączności. Warszawa.
- Kolator B., Szczyglak P. 2004: Modelowanie podatności promieniowej koła pneumatycznego. Transport 2 (20), Politechnika Radomska, 257–260.
- Mitschke M. 1977: Dynamika samochodu. Wyd. Komunikacji i Łączności. Warszawa.

THE SELECTED DEFORMATION ASPECTS OF A PNEUMATIC DRIVING WHEEL
OF A TRACTOR

Summary. The aim of the work was to analyse the phenomena during radial vertical loading of a pneumatic driving wheel of a tractor. The analysis of existing models of pneumatic wheels radial deformation was conducted. Experimental researches were conducted and the model of driving pneumatic wheel was accepted and verified.

Keywords: pneumatic wheel, modelling, radial flexibility, tractor

Recenzent: prof. dr hab. Cezary Bocheński