

WPŁYW WIELOKROTNOŚCI PRZEJAZDU OPONY PO TYM SAMYM ŚLADZIE NA ROZKŁAD NAPRĘŻEŃ W GLEBIE

Streszczenie

Sformułowano wstępne założenia do opracowania modelu rozkładu naprężeń w funkcji ilości przejazdów. Zaprezentowano wyniki pomiarów laboratoryjnych, które prowadzono na kanale glebowym z wykorzystaniem urządzenia pomiarowego „Trak”.

Wprowadzenie

W ostatnich latach zwrócono szczególną uwagę na potrzebę ochrony gleby. Uznano, iż nadmierne zagęszczenie jest głównym aspektem wpływającym na jej degradację [2]. Wysokie wymagania w odniesieniu do wydajności zmuszają do stosowania maszyn we wszystkich rodzajach prac polowych. Przyczyn nadmiernego zagęszczenia gleby można się doszukiwać we wzroście wymiarów geometrycznych stosowanych maszyn, a zatem również ich masy, oraz rosnącej intensyfikacji prac polowych. Należy dążyć do tego, aby mechanizmy jezdne maszyn i urządzenia rolniczych osiągały maksymalne siły trakcyjne, a jednocześnie wywierały możliwie najmniejsze naciski jednostkowe na podłoże. Niski poziom plonów może być bowiem efektem zarówno niskiej sprawności prac polowych, jak i skutkiem zagęszczenia gleby.

Stwierdzono, że podczas wykonywania zabiegów agrotechnicznych ciągnik przejeżdża od 20 do 100 km na hektar powierzchni rocznie, niejednokrotnie po tym samym śladzie [2]. Sumaryczna powierzchnia śladów kół pięciokrotnie przewyższa powierzchnię pól przy uprawie zbóż i ośmiokrotnie przy uprawie okopowych [7]. O ile zagęszczona górna warstwa gleby, do głębokości około 30 cm podlega zabiegom spulchniania, to gleba poniżej ulega stopniowej degradacji w wyniku kumulacji zagęszczenia [8]. Powszechnie stosowane zabiegi spulchniające powodują rozluźnienie jedynie górnej warstwy gleby, zaś stan głębszych warstw cechuje się nadal niekorzystnymi właściwościami [3].

W aspekcie powyższych rozważań, ważnym zagadnieniem staje się konieczność określenia wpływu wielokrotnego przejazdu mechanizmu jezdno-tycznego po tym samym śladzie, na wielkość naprężeń występujących w glebie.

Wpływ wielokrotności przejazdu na zagęszczenie gleby

W trakcie zabiegów agrotechnicznych mamy do czynienia z wielokrotnym przejazdem maszyn i ciągników rolniczych po polu, niejednokrotnie po tym samym śladzie. W wyniku tego powstają lokalne pasma gleby o silnym ugnieceniu w stosunku do pozostałego arealu.

Ważnym czynnikiem wpływającym na wielkość naprężeń w glebie jest pomiar głębokości koleiny po kolejnych przejazdach.

Badania Buehle'go, przeprowadzone na glebie piaszczystej, wykazały, że 70-90% całkowitego odkształcenia wywołane jest przejazdem pierwszego koła [1]. Potwierdzają

to badania Swansona (dla gleby piaszczystej) [13] oraz Holma (dla gleby o wilgotności 16-23%) [1], gdzie pierwszy przejazd powodował powstanie 80% głębokości koleiny.

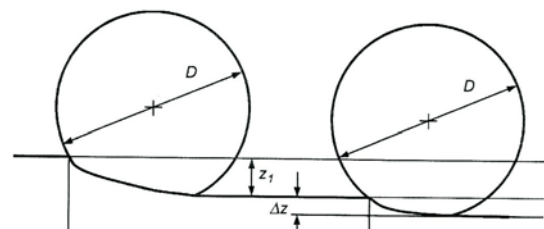
Wielokrotny przejazd po tym samym śladzie każdorazowo powoduje wzrost głębokości koleiny. Schmid i Ludewig [9] sformułowali równanie (1) opisujące przyrost zagłębienia opony przy wielokrotnym przejeździe:

$$\Delta z \approx \frac{G^2}{\left(1 + \frac{2}{3} n \frac{\Delta z}{z_o}\right) B^2 k^2 z_o^{2n} D^*}, \quad (1)$$

gdzie:

- G - obciążenie pionowe opony,
- D^* - zastępcza średnica opony,
- B - szerokość opony,
- z_o - zagłębienie po pierwszym przejeździe,
- Δz - przyrost zagłębienia,
- n - liczba przejazdów,
- k - moduł odkształcalności gleby.

Jakliński [5] zaobserwował, że wartość zagłębienia dąży wraz ze wzrostem liczby przejazdów asymptotycznie do wartości ustalonej (rys. 1, 2).



Rys. 1. Ustalenie przyrostu zagłębienia koleiny przy wielokrotnym przejeździe

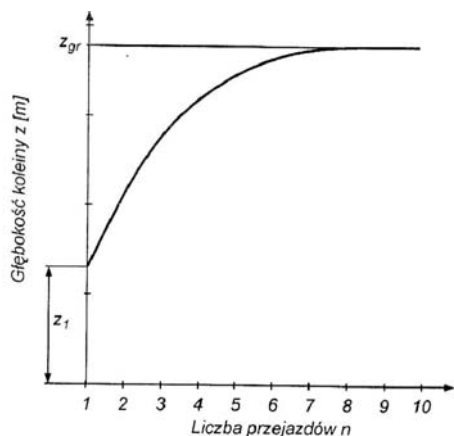
Fig. 1. Determination of increase of rut depth after repeated wheeling

Wartość przyrostu zagłębienia opisana jest równaniem:

$$\Delta z = z_1 \left[1 - \exp\left(-\frac{1}{2n_i}\right) \right] \quad \text{dla } n_i \geq 2, \quad (2)$$

gdzie:

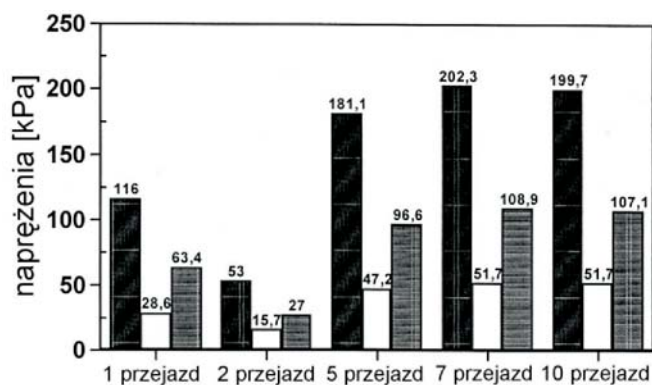
- z_1 - zagłębienie po pierwszym przejeździe,
- n_i - i-ty przejazd.



Rys. 2. Modelowy przebieg zmiany głębokości koleiny przy wielokrotnym przejeździe
Fig. 2. The course of change in rut depth after repeated wheeling

W badaniach Schmida i Ludewiga [9] przyjęto, że naciski wywierane na glebę przy wielokrotnym przejeździe koła będą osiągały takie same wartości, jak na podłożu sztywnym.

Horn [4] natomiast wykazuje, iż wielokrotność przejazdu wpływa na wzrost naprężeń w glebie aż do 7-10 przejazdu (rys. 3), po czym naprężenia osiągają ustaloną, maksymalną wartość.



Rys. 3. Wpływ wielokrotności przejazdu na rozkład naprężeń w glebie na głębokości 15 cm
Fig. 3. The effect of tyre repeated wheeling on stress distribution in the soil at depth of 15 cm

Wstępne założenia do opracowania modelu rozkładu naprężeń w glebie przy wielokrotnym przejeździe

Analiza danych literaturowych oraz wyników prowadzonych badań laboratoryjnych pozwoliła na przyjęcie założenia, że naprężenia w glebie w funkcji ilości przejazdów będą wzrastać asymptotycznie do wartości ustalonej. Charakter przebiegu zmian naprężeń w funkcji ilości przejazdów przedstawiono na rys. 4.

Można przyjąć, że przebieg tych zmian najdokładniej opisywać będzie krzywa wykładnicza:

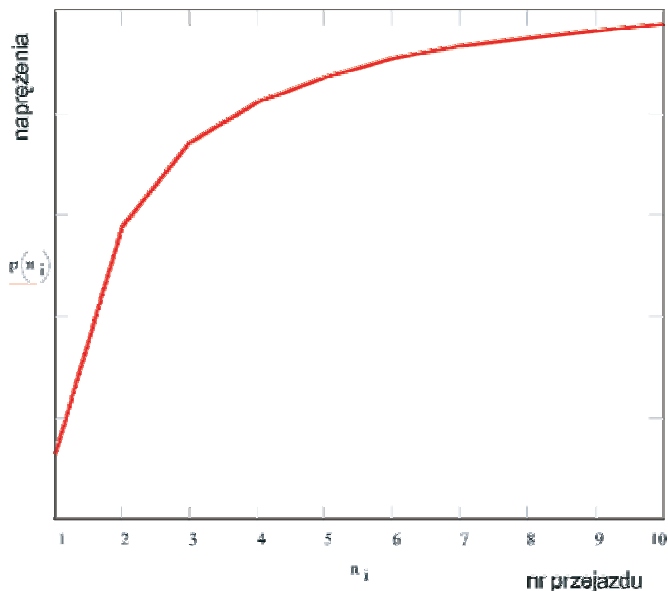
$$p_i = p_1 \cdot \exp\left(\frac{n_i - 1}{k \cdot n_i}\right), \quad (3)$$

gdzie:

p_1 - wartość naprężenia po pierwszym przejeździe,

n_i - i-ty przejazd,

k - współczynnik obliczeniowy, zależny od przyrostu głębokości koleiny oraz pionowego przemieszczenia gleby.



Rys. 4. Przebieg zmian naprężeń w funkcji ilości przejazdów
Fig. 4. The course of stress changes as a function of wheeling number

Wartość naprężenia po pierwszym przejeździe może być obliczona z wykorzystaniem wcześniej zaproponowanego przez autora równania [11].

W dalszych badaniach ważnym krokiem będzie wyznaczenie występującego w równaniu współczynnika obliczeniowego k oraz wpływu przyrostu głębokości koleiny i pionowego przemieszczenia gleby, podczas wielokrotnych przejazdów, na jego wartość.

Wyniki pomiarów laboratoryjnych

Badania laboratoryjne [6] przeprowadzono w Instytucie Inżynierii Mechanicznej Politechniki Warszawskiej w Płocku, na kanale glebowym, z wykorzystaniem urządzenia do badań trakcyjnych pojedynczych mechanizmów jezdnych „Trak” [10].

Przedmiotem badań była napędowa opona rolnicza Good-Year o wymiarach 14.9/13-28. Pomiary przeprowadzono na glebie naturalnej gliniasto-piaszczystej o wilgotności 10,8%. Obciążenie koła w czasie badań było stałe i wynosiło $G = 10$ kN, przy ciśnieniu powietrza w dętce $p_o = 100$ kPa i prędkości przetaczania $V_p = 0,21$ m/s.

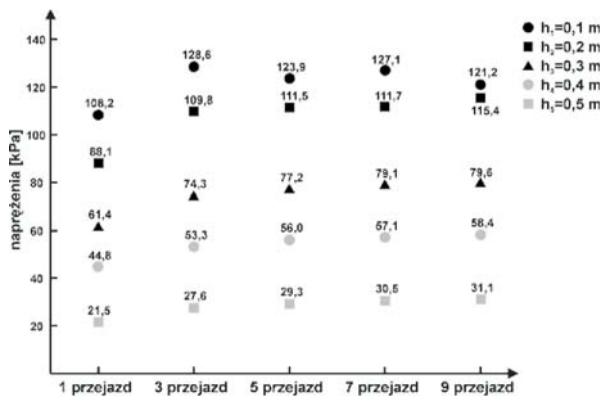
Naprężenia w glebie w osi koleiny mierzono z wykorzystaniem membranowych czujników tensometrycznych na pięciu głębokościach: $h_1 = 0,1$ m, $h_2 = 0,2$ m, $h_3 = 0,3$ m, $h_4 = 0,4$ m, $h_5 = 0,5$ m [12].

Opona była przetaczana dziewięciokrotnie po tym samym śladzie, przy czym pomiarów naprężeń dokonywano po pierwszym, trzecim, piątym, siódmym i dziewiątym przejeździe.

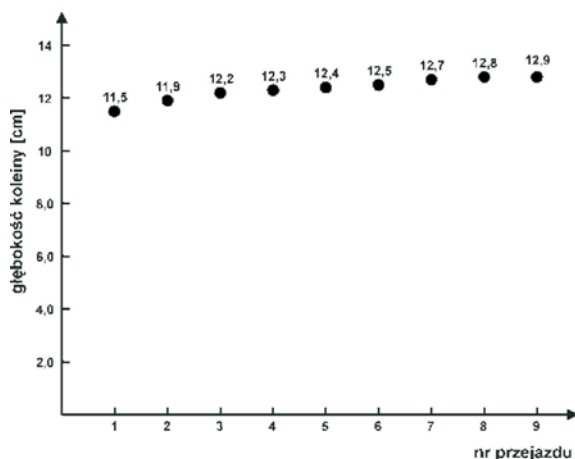
Średnie wartości naprężeń w glebie przy wielokrotnym przejeździe po tym samym śladzie dla pięciu głębokości pomiarowych przedstawiono na rys. 5.

Po każdym z dziewięciu przejazdów mierzone było zagłębienie opony w glebie. Wartości średnie głębokości powstałej koleiny przedstawiono na rys. 6.

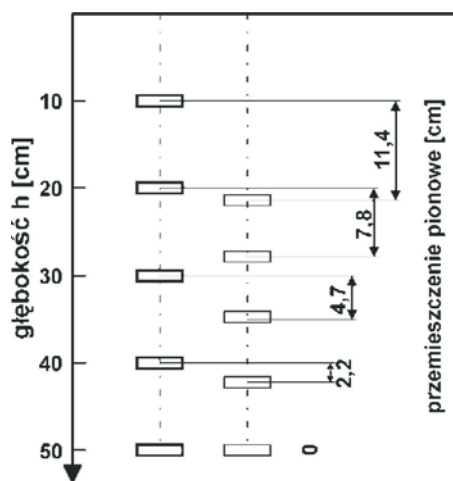
Po wykonaniu dziewięciu przejazdów dokonano również pomiaru przemieszczenia pionowego czujników użytych w trakcie badań (rys. 7).



Rys. 5. Rozkład naprężeń w glebie przy wielokrotnym przejeździe dla pięciu głębokości pomiarowych
Fig. 5. Stress distribution in soil after repeated wheeling for five measurement depths



Rys. 6. Wartości średnie głębokości koleiny przy wielokrotnym przejeździe
Fig. 6. The average values of rut depth after repeated wheeling



Rys. 7. Przesunięcie pionowe czujników pomiarowych po 9 przejazdach
Fig. 7. Vertical movement of the sensors after nine wheelings

Podsumowanie

Wielokrotny przejazd mechanizmu jezdnych po tym samym śladzie znacząco wpływa na wzrost ugniecenia gleby. To negatywne oddziaływanie jest szczególnie widoczne w głębszych warstwach gleby, gdzie powszechnie stosowane zabiegi spulchniające nie dają oczekiwanych efektów.

Opracowując wstępny model rozkładu naprężeń przyjęto, że naprężenia w glebie w funkcji ilości przejazdów będą wzrastać asymptotycznie do wartości ustalonej. Założenie to potwierdzają przeprowadzone badania laboratoryjne. Wynika z nich, że ilość przejazdów powoduje wzrost naprężeń, niezależnie od rozpatrywanej głębokości. Wzrost ten najbardziej widoczny jest między pierwszym a siódmym przejazdem, natomiast kolejne przetaczania nie spowodowały widocznych różnic w wartościach naprężeń.

Największy wzrost głębokości koleiny następował po pierwszych trzech przejazdach. Można przyjąć, że kolejne przejazdy nie miały widocznego wpływu na zagłębienie opony. Fakt ten wydaje się mieć duże znaczenie na rozkład naprężeń w glebie.

Ważnym czynnikiem, przy dalszych pracach nad omawianym modelem, będzie również przemieszczenie pionowe czujników pomiarowych (a co za tym idzie przemieszczenie gleby), co powinno zostać uwzględnione w występującym w równaniu współczynnikiem obliczeniowym k .

Literatura

- [1] Byszewski W., Haman J.: Gleba, maszyna, roślina. PWN, Warszawa, 1977.
- [2] Commission of the European Communities Communication from the Commission to the Council, the European Parliament, the Economic and Social Committee and the Committee of the Regions Towards a Thematic Strategy for Soil Protection. Bruksela, 2002, s. 35.
- [3] Hakanson I.: Swedish experiment on the persistence of subsoil compaction caused by vehicles with high axle load. Soil & Tillage Research, 29, s. 105-110, 1994.
- [4] Horn R.: Stress strain dependent changes of soil structure in arable and forest soils - consequences for the environment. Plant growth in relation to soil physical conditions. Institute of Agrophysics PAN, Lublin 2004, s. 57-66.
- [5] Jakliński L.: Modele oddziaływania koła pneumatycznego na glebę. Prace Naukowe, Mechanika, z.175, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa, 1999.
- [6] Kruszewski Z., Jakliński L., Michalak G.: Ocena rozkładu naprężeń powstających w glebie przy ruchu po niej mechanizmów jezdnych. Sprawozdanie IMiUR, NB-202/2 Etap III, Płock, 1985.
- [7] Niemyzyk H.: Znaczenie ścieżek przejazdowych w ograniczaniu niekorzystnego oddziaływania kół agregatów rolniczych na właściwości fizyczne gleby i plonowanie roślin. Annales UMCS, Sec. E, Lublin, 2004, 59, 2, s. 913-922.
- [8] Nosalewicz A.: Ocena wpływu przejazdów ciężkich maszyn rolniczych na zagęszczenie gleby przy użyciu modelu SOCOMO. Acta Agrophysica, Lublin, 2005, 6(3), s. 753-759.
- [9] Schmid I. C.: Interaction of vehicle and terrain results from 10 years reasearch at IKK. Journal of Terramechanics, 1995, Vol.32, No.1, s. 3-26.
- [10] Sołyński A.: Trak - stanowisko do laboratoryjnych badań trakcyjnych pojedynczych mechanizmów jezdnych pracujących w glebie. IBMER, Warszawa, 1969, Nr 3(62).
- [11] Stasiak W.: Modele propagacji nacisków w glebie generowanych przez oponę. Rozprawa doktorska, Płock, 2003.
- [12] Stasiak W.: Przegląd dotychczasowych rozwiązań konstrukcyjnych czujników tensometrycznych do pomiaru nacisków jednostkowych oraz ich nowe tendencje rozwojowe. VII Sympozjum im. Prof. Cz. Kanafojskiego, t. 2, s. 236-241, Płock, 1997.
- [13] Swanson G.D.: Studies of single and tandem rigid wheel performance in sand. Journal of Terramechanics, 1973, No. 10, s. 9-47.

THE EFFECT OF TYRE REPEATED WHEELING ON STRESS DISTRIBUTION IN THE SOIL

Summary

The paper describes the effect of tyre repeated wheeling on stress distribution in the soil. It includes preliminary assumptions necessary for elaborating the model of stress distribution in function of wheeling number. The next part shows the results of laboratory tests carried out in the soil test channel, where the research equipment „Trak” was used.