

УДК. 631.301

**OCENA UGNIATAJĄCEGO DZIAŁANIA KÓŁ AGREGATÓW
ROLNICZYCH NA GLEBĘ
(ОЦІНКА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ҐРУНТИ КОЛІЙ
СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТИВ)**

Белінський Є. (Jerzy Buliński), д.с.-г.н (інж.), проф.

Повалка М. (Małgorzata Powalka), магістр (інж.)

Варшавський аграрний університет (Польща)

Тел./факс: (10 48 22)843 90 41

Ugniatanie gleb rolniczych jest zjawiskiem nieodłącznie związanym z przejazdami maszyn i ciągników rolniczych. Przyjmując, że w warunkach krajowego rolnictwa z dominującym systemem uprawy orkowej i zmechanizowanych technologiach prac polowych zawierających podstawowe zabiegi związane z doprowadzeniem roli, nawożeniem, siewem/sadzeniem, pielęgnacją i zbiorem, każdego roku, na każdym hektarze powierzchni poddanej uprawie musi przejechać od kilku, do kilkunastu agregatów. Każdy przejazd agregatu pozostawia po sobie co najmniej dwie koleiny o głębokości (w zależności od warunków glebowych i prędkości przejazdu) od kilku, do kilkunastu centymetrów, zmieniając w tych miejscach właściwości gleby. Niejednokrotnie, zakres powstających zmian jest tak duży i rozległy, że może znacznie utrudniać lub nawet uniemożliwiać rozwój roślin.

Ze względu na warunki rozwoju roślin, gleba - układ trójfazowy, charakteryzowana jest szeregiem parametrów jak: gęstość fazy stałej, porowatość, ułożenie porów, przewodność hydrauliczna, zwięzłość itp. W wyniku zwiększającego się zagęszczenia gleby spowodowanego przejazdami kół ciągników i maszyn rolniczych zmieniają się wartości tych parametrów. Zakres i charakter zmian zależy od szeregu czynników, wśród których najczęściej wymienia się właściwości gleby opisywane zazwyczaj jej składem granulometrycznym oraz pochodzeniem, wilgotnością, a także parametr charakteryzujący w ogólnym ujęciu intensywność oddziaływania kół przejeżdżającego agregatu na glebę.

W literaturze, ugniatające oddziaływanie kół agregatów ciągnikowych na glebę określa się w różny sposób. Według Forssblada [1981] stopień zagęszczenia gleby na polu można wyznaczyć odnosząc aktualną jej gęstość do gęstości maksymalnej, możliwej do uzyskania w warunkach laboratoryjnych. Dla uzyskania wiarygodnych i możliwych do powtórzenia rezultatów, takie podejście wymaga dokładnego określenia wartości nacisków wymuszających dalsze zagęszczenie gleby, dynamiki ich działania i stanu gleby, a zwłaszcza jej wilgotności i gęstości objętościowej w momencie

wykonywania testu. Wyznaczony w ten sposób wskaźnik pozwala określić potencjalne możliwości gleby do dalszego jej zagęszczenia. Uzyskane wartości mogą stanowić wartościową wskazówkę w zakresie mechaniki gruntu, natomiast mają mniejsze znaczenie dla oceny warunków rozwoju roślin uprawnych.

Bardziej przydatną dla rolnictwa oceną działania kół agregatów na glebę jest zaproponowana przez Salokhe'go i innych (1993) metoda oparta na wyznaczeniu względnego stopnia ugniecenia gleby. Opracowany przez tego autora wskaźnik wyraża stosunek aktualnej gęstości gleby suchej, do gęstości początkowej. Ukazuje zatem efektywne zmiany stanu gleby powodowane przejazdem agregatu, charakteryzuje aktualne warunki polowe i przez wprowadzenie gęstości gleby suchej umożliwia porównywanie stopnia ugniecenia gleby przez różne agregaty, przy różnej wilgotności podłoża i różnej dynamice oddziaływania na podłoże. Jest to szczególnie istotne podczas pomiarów rozciągniętych w czasie, w zmiennych warunkach pogodowych.

Podobne podejście prezentują Michalak i Kruszewski (1992) w badaniach wielokrotnych przejazdów koła w kanale glebowym. Autorzy przyjmują do oceny oddziaływania koła na glebę wskaźniki wyrażające procentowy przyrost gęstości (W_{ρ_i}), zwięzłości ($W_{R_{in}}$) oraz odkształcenia gleby (W_{z_i}) zgodnie z zależnościami:

$$W_{\rho_i} = \frac{\rho_{ki} - \rho_{oi}}{\rho_{oi}} 100 [\%]; \quad W_{R_{in}} = \frac{R_{in} - r_{in}}{r_{in}} 100 [\%]; \quad W_{z_i} = \frac{z_i}{B_i} 100 [\%];$$

gdzie: ρ_{oi} , r_{in} , - gęstość, zwięzłość gleby przed przejazdem koła,

ρ_{ki} , R_{in} , - gęstość, zwięzłość gleby po przejeździe koła

B_i , - szerokość opony,

z_i - średnia głębokość koleiny.

Z przeprowadzonych badań wynika, że wartości wskaźników zwiększały się wraz z liczbą wykonywanych przejazdów pionowych oraz obciążeniem koła i wynosiły: od 1% do 9% dla gęstości gleby, od ok. 70% do 280% dla zwięzłości gleby i od ok. 23% do ok. 40% dla odkształcenia gleby. Wyniki badań, uzyskane dla gleby wielokrotnie mieszanej i zagęszczanej, ze spójnością pozorną wynikającą głównie z ugniecenia badanej warstwy, nie w pełni można transponować do warunków pola naturalnego i ukazują pewne tendencje zmian, jakie mogą zachodzić w strefie działania koła.

Głównymi czynnikami prowadzącymi do zagęszczenia gleby przez koło przejeżdżającego agregatu jest jego obciążenie, oraz wielkość powierzchni styku opony z podłożem. Z badań (Domżał i inni 1989) wynika, że sumaryczna wielkość powierzchni śladów w zmechanizowanych technologiach uprawy zbóż wynosiła ok. 2,5 ha/ha, natomiast w uprawie ziemniaków wielkość ta była prawie dwukrotnie większa. Z kolei Watts i Dexter (1994) i Håkansson (1990), do oceny ugniecenia pola wprowadzają

wskaźnik oparty na iloczynie masy agregatu i długości wykonanego przejazdu odniesionego do jednostki powierzchni (t km/ha).

Przedstawione wskaźniki dają uogólnioną informację o ugnieceniu gleby na polu, gdyż nie uwzględniają sposobu poruszania się agregatu (ścieżki, tradycyjny) czy też sposobu połączenia ciągnik-maszyna przyczepiana (symetrycznie, asymetrycznie) i związanego z tym nakładania się śladów kół, prowadzącego do powstawania miejsc z silnie ugniecionym podłożem, o dużym zasięgu zarówno wглуб jak i w poprzek.

Przykładowo, przyjmując dwa agregaty ciągnikowe; A1 – zawieszany i A2 – przyczepiany, oraz ich parametry techniczno-eksploatacyjne (tabela 1), można wyznaczyć omówione wyżej wskaźniki ugniecenia powierzchni pola.

Tabela 1 - Parametry techniczno-eksploatacyjne agregatów A1 i A2

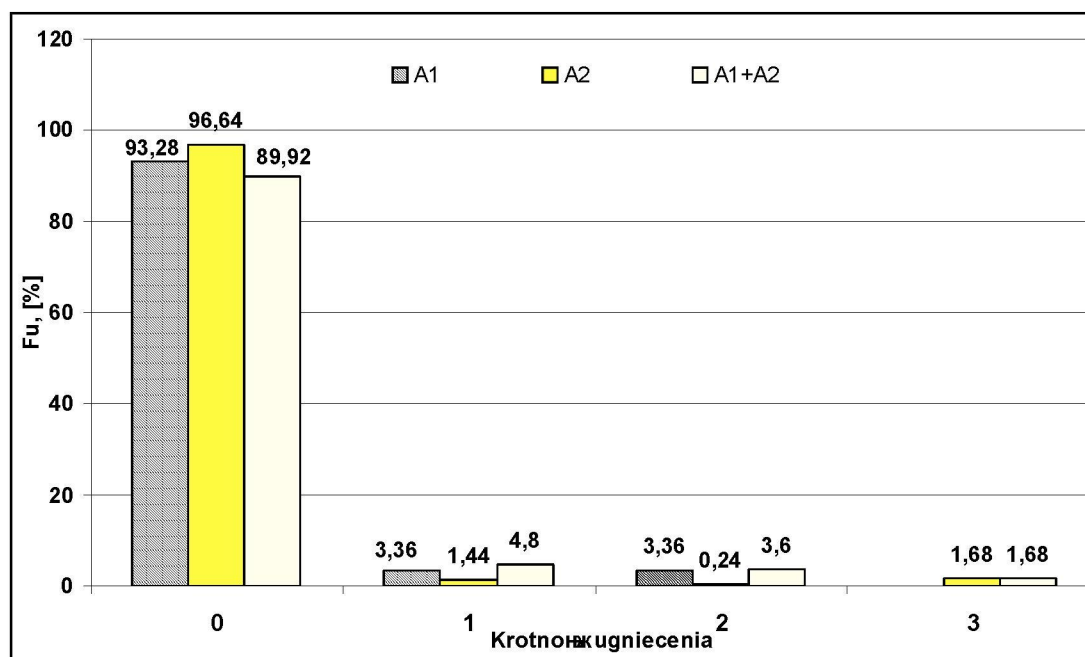
Wielkość	Jedn. miary	Agregat ciągnikowy	
		A1 – zawieszany	A2 – przyczepiany
Szerokość śladu koła ciągnika - przód	m	0,14	0,14
Szerokość śladu koła ciągnika – tył	m	0,28	0,28
Szerokość śladu koła maszyny	m	-	0,17
Średnica koła ciągnika - przód	m	0,75	0,75
Średnica koła ciągnika - tył	m	1,39	1,39
Średnica koła maszyny	m	-	1,40
Obciążenie osi przedniej ciągnika	kN	7,48	9,45
Obciążenie osi tylnej ciągnika	kN	19,44	18,69
Rozstaw kół agregatu	M	1,50	1,50
Obciążenie osi maszyny	kN	-	22,99
Ciśnienie w oponie koła ciągnika – przód	kPa	180	210
Ciśnienie w oponie koła ciągnika – tył	kPa	110	110
Ciśnienie w oponie koła maszyny	kPa	-	250
Szerokość robocza	m	8	18

Wartości wskaźników ugniecenia powierzchni pola, wyznaczone na podstawie powyższych parametrów techniczno eksploatacyjnych agregatów dla powierzchni 1 ha kształtują się następująco:

Wskaźnik ugniecenia gleby kołami	Jedn. miary	Agregat ciągnikowy		
		A1	A2	A1 + A2
Sumaryczna powierzchnia śladów	ha/ha	0,105	0,065	0,17
Obciążenie pola	tkm/ha	3430	2866	6296

Rozpatrując uzyskane w ten sposób wyniki obliczone dla poszczególnych agregatów i wartości sumaryczne można przyjąć, że agregat A1, o mniejszej szerokości roboczej, pozostawiając po sobie większą sumaryczną powierzchnię śladów i obciążając pole więcej o prawie 20% będzie bardziej ugniatać glebę. Wskaźniki te nie dają jednak możliwości oceny rozkładu ugniecenia gleby na polu, a zwłaszcza nakładania się śladów, informacji szczególnie ważnej ze względu na intensywność ugniecenia gleby przez koło i związane z tym warunki rozwoju roślin.

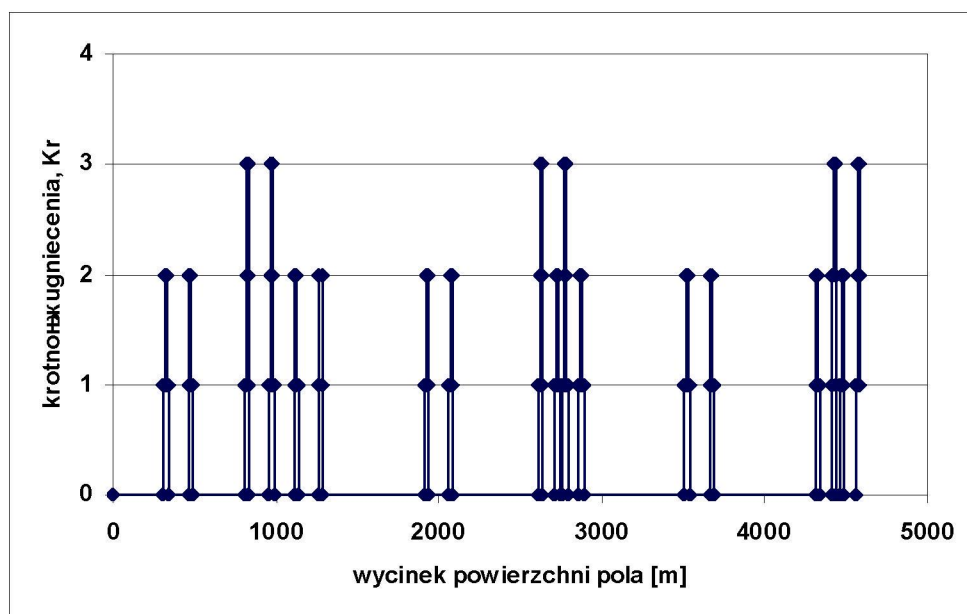
Uwzględniając nakładanie się śladów kół poszczególnych osi agregatu, dla rozpatrywanych agregatów można przedstawić rzeczywiste wartości powierzchni ugniecenia pola przez poszczególne agregaty, przy założeniu, że przejeżdżają po polu w miejscach wynikających z ich szerokości roboczej (rys. 1).



Rys. 1 - Struktura ugniecenia powierzchni pola przez agregaty A1 i A2

Przedstawione na rysunku wartości wykazują, że agregat A1, o szerokości 8 m pozostawił po sobie ślady przejazdów zajmujące tylko 3,36% więcej powierzchni niż agregat A2 – 18 metrowy. Agregat mniejszy tworzył koleiny z miejscami 1 i 2.krotnie ugniecionymi o jednakowym udziale 3,36% wynikającym z różnicy szerokości opon

kół przednich i tylnych. Natomiast agregat 3 osiowy, pozostawił najwięcej miejsc 1 i 3-krotnie ugniecionych, przy niewielkim udziale 2-krotnego ugniecenia. Sumaryczna powierzchnia ugnieciona wielokrotnie ($>1x$), wyniosła 1,92%. Mając na uwadze wymagania roślin odnośnie zagęszczenia gleby w strefie rozwoju systemu korzeniowego, ważna jest możliwość uzyskania obrazu powierzchni pola po przejazdach kolejnych agregatów, a zwłaszcza miejsc, w których koleiny przejazdów nakładają się lub rozmieszczone są blisko siebie. Rozkład śladów przejazdów, dla przykładowego wycinka pola o szerokości 50 m, z zaznaczoną krotnością ugniecenia dla obydwu rozpatrywanych agregatów przedstawia rysunek 2.

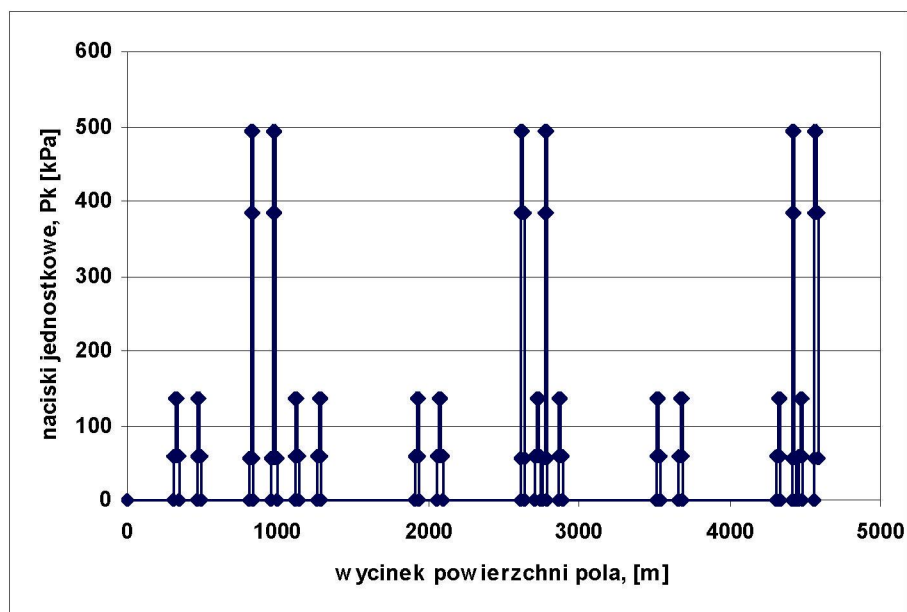


Rys. 2 - Rozkład śladów przejazdów agregatów po polu

Przedstawione rozmieszczenie śladów kół na powierzchni pola wynika z założonego sposobu wykonywania przejazdów przez rozpatrywane agregaty. Oznaczone wartości wskazują miejsca na polu o różnym stopniu ugniecenia, wynikającym z nakładania się śladów kół poszczególnych osi (1-2 lub 1-2-3) agregatów. Wartości wytworzonych jednostkowych nacisków kół na glebę wynikających z obciążenia osi agregatów A1, A2 i wymiarów opon, w miejscach przejazdu na rozpatrywanym wycinku powierzchni pola ukazuje rysunek 3.

Na podstawie przedstawionych wartości nacisków i ich rozmieszczenia na polu można stwierdzić, że przy takim doborze agregatów i sposobie wykonywania przejazdów, na powierzchni pola (ok. 27 m i 45 m) powstają miejsca o szczególnie dużym zagęszczeniu. Przy uwzględnieniu oddziaływania kół na boki, można wyznaczyć

пасы gleby silnie zagęszczonej z niekorzystnymi warunkami glebowymi dla rozwoju roślin. Równocześnie, znajomość rozkładu śladów na polu i wartości nacisków umożliwiają ocenę technologii pod względem prawidłowości doboru szerokości roboczych agregatów i sposobu ich poruszania się po polu.



Rys. 3 - Sumaryczne wartości jednostkowych nacisków kół na glebę w miejscach przejazdu agregatów

W tym świetle przydatny jest wskaźnik intensywności ugniecenia gleby (W_i) zaproponowany przez Bulińskiego [2001], wyrażający stosunek udziału powierzchni ugniecionej wielokrotnie do powierzchni wolnej od ugniecenia na danym polu według wzoru:

$$W_i = \frac{\sum_{i=2}^n F_u}{F_o}$$

Autor na podstawie własnych doświadczeń i danych literaturowych przyjął, że ze względu na warunki rozwoju roślin, graniczne wartości jednostkowych nacisków koła na glebę powstają już przy 2 przejazdach koła ciągnika ($i=2$). Dla rozpatrywanego przykładu i przyjętych agregatów A1 i A2 wartości wskaźnika wynoszą odpowiednio: $W_{iA1}=3,602 \times 10^{-2}$, $W_{iA2}=1,99 \times 10^{-2}$, natomiast dla „technologii” z udziałem dwóch agregatów wskaźnik ten wynosi: $W_{iA1+A2}=5,87 \times 10^{-2}$

Wartości wskaźnika, pozwalają ocenić pod względem intensywności ugniatania zarówno kolejne poszczególne agregaty jak i całe technologie.

Przedstawione rozważania nie ukazują całości problematyki ugniatania gleby przez mechanizmy jezdne agregatów ciągnikowych. Zwracają jednak uwagę na potrzebę analizy problemu doboru agregatów w technologii, a zwłaszcza pod kątem ich szerokości roboczej oraz sposobu wykonywania przejazdów po polu.

Literatura

Buliński J. 2001: Evaluation of intensity of compacting action of agricultural tractor and machinery wheels on soil. Annals of Warsaw Agricultural University. Agriculture. No 41, 39-44.

Domżał H., Gliński J., Lipiec J. 1991: Soil compaction research in Poland. Soil & Tillage Research, 19, 99-109.

Forsblad L. 1981: Vibratory soil and rock fill compaction. Dynapac Maskin AB, Solna Sweden. s. 175.

Håkansson I. 1990: Soil compaction control – objectives, possibilities and prospects. Soil Technology, vol. 3, 231-239.

Michalak G., Kruszewski Z.: 1992: Wpływ oddziaływania mechanizmu jezdnego na zmiany wybranych właściwości gleby. Zeszyty. Naukowe AR Kraków. Mechanizacja i energetyka rolnictwa nr 10, s. 87-95.

Salokhe V.M., Nguyen The Ninii. 1993: Modelling soil compaction under pneumatic tyres in clay soil. Journal of Terramechanics, Vol. 30, No 2, 63-75.

Watts C.W., Dexter A.R. 1994 : Traffic and seasonal influences on the energy for cultivation and on the subsequent tilth. Soil and Tillage Research. Vol. 31, No.4, 303-332.

Streszczenie

W artykule przedstawiono różne sposoby oceny ugniatającego działania kół agregatów ciągnikowych na glebę. Na przykładzie dwóch agregatów przedstawiono wartości wskaźników ugniecenia gleby liczone różnymi metodami. Podkreślono znaczenie prawidłowego doboru agregatów w technologii pod względem szerokości roboczych.

ОЦІНКА НЕГАТИВНОГО ВПЛИВУ НА ҐРУНТИ КОЛІЙ СІЛЬСЬКОГОСПОДАРСЬКИХ МАШИНО-ТРАКТОРНИХ АГРЕГАТИВ

Резюме. В роботі приведені різні способи оцінки негативного впливу ходових систем машино-тракторних агрегатів на ґрунти. На прикладі двох агрегатів представлено значимість показників техногенного впливу на ґрунти, які визначе-

но різними методами. Підкреслено значну роль правильного комплектування машино-тракторних агрегатів в технологіях в залежності від ширини їх захоплення.

ESTIMATION OF NEGATIVE INFLUENCE ON SOIL OF A TRACK OF AGRICULTURAL MACHINE-TRACTOR UNITS

Summary. In work the different ways of an estimation of negative influence of running systems of machine-tractor units on soil are given. On an example of two units the importance of parameters of technogene influence on soils is submitted which are determined by different ways. The significant role of correct acquisition of machines in technologies is underlined depending on width of their machine - tractor units