

Lech JAKLIŃSKI, Sławomir PILARCZYK
Politechnika Warszawska WBMiP w Płocku

EKSPLOATACYJNE ZASADY DOBORU WIELKOWYMIAROWYCH OPON NAPĘDOWYCH DO MASZYN I URZĄDZEŃ ROLNICZYCH

Słowa kluczowe

TM600, opony napędowe, dobór opon, optymalna ładowność i trakcja.

Streszczenie

W opracowaniu przedstawiono wybrane do analizy trzy opony typu TM600 pod względem ich zasad eksploatacji i właściwości trakcyjnych, z uwzględnieniem parametrów charakteryzujących ich współpracę z podłożem, takich jak: wielkości powierzchni oddziaływania na podłoże „F”, wartości nacisków jednostkowych „ p_p ” przy zmiennym ciśnieniu napompowania opony „ p_o ” i obciążeniu „G” oraz wielkości zagłębienia opony przy zmiennych parametrach eksploatacyjnych opony.

Wprowadzenie


Zagadnienie właściwego doboru napędowych opon do maszyn i urządzeń roboczych ma bardzo istotne znaczenie nie tylko ze względów ekonomicznych, eksploatacyjnych, lecz również ze względów trakcyjnych. Prawidłowo dobrana opona powinna być eksploatowana w zakresie maksymalnej sprawności mechanizmu jezdnego, tzn. osiągać maksymalne w zakresie jej eksploatacji siły trakcyjne, takie jak: siłę jazdy „ P_j ” czy też siłę uciągu „ P_u ”, przy minimalnych stratach, na które determinujący wpływ ma siła oporu toczenia „ P_f ”. Poza tym po-

winna w warunkach polowych wywierać jak najmniejszy nacisk ze względu na degradację podłoża z powodów agrotechnicznych [1].

1. Przedmiot analizy

Przedmiotem analizy porównawczej jest nowa linia opon bezdętkowych o metrycznym oznaczeniu rozmiaru. Optymalne właściwości trakcyjne, doskonałe właściwości samooczyszczające, niska kompensacja gleby, odporność na zużycie to cechy wyróżniające serię TM600. Dodatkowo innowacyjna rzeźba bieżnika pozwala zminimalizować proces uszkodzania gleby oraz plonów. Celem analizy jest porównanie tych opon serii TM600 w odniesieniu co do najważniejszych parametrów, charakteryzujących ich współpracę z podłożem, przy tych samych parametrach obciążenia „G” i ciśnieniu napompowania „p_o”.

Tabela 1. Dane katalogowe dla wybranych opon serii TM600

 Rys. 1. TM600	Rozmiar/ p _o [kPa]	40	80	100	140	160	180	210
	TL	Kg/opona						
	420/85R38	2250	2770	3030	3550	3810	4070	4760
	460/85R38	2595	3205	3510	4120	4425	4725	5525
	520/85R38	3105	3835	4195	4915	5275	5635	6590

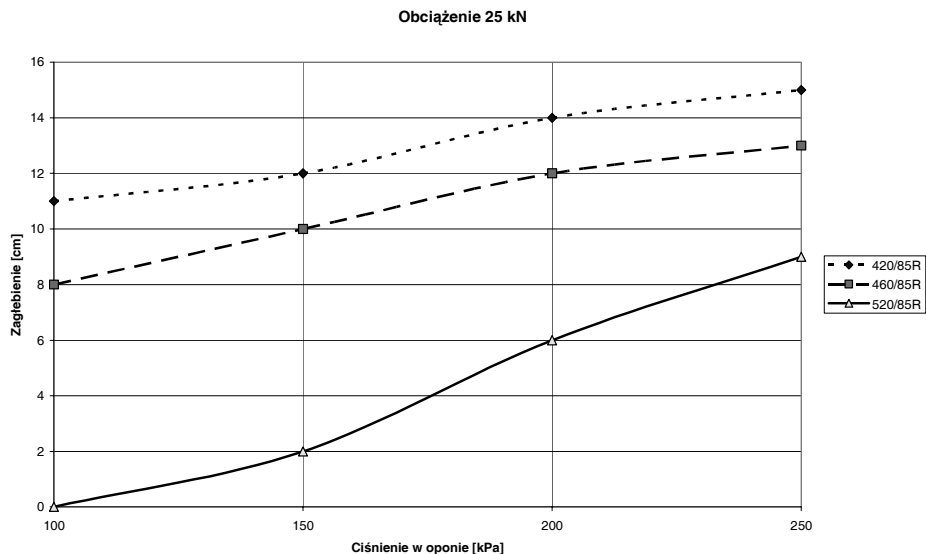
Zestawione (tab.1) dane katalogowe odnoszą się do prędkości poruszania 10 km/h.

2. Analiza porównawcza

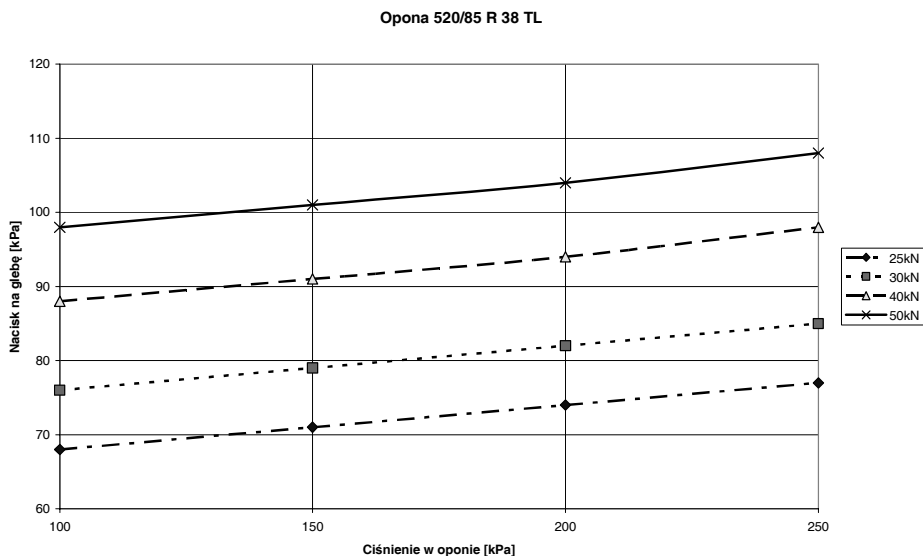
Korzystając z danych katalogowych opon „Trelleborg” [2], zestawionych w tab. 1, przeprowadzono symulację komputerową, zgodnie z oprogramowaniem TASC opracowanym przez „FAT Tänikon Swiss Federal Research Station for Agricultural Economics and Engineering” [3], dotyczącym obliczeń na podstawie danych wyjściowych. Otrzymano dane: wyniki obliczeń powierzchni jej kontaktu z podłożem „F”, wielkość jej zagłębienia w glebie „z” oraz, co najważniejsze, wielkości wywieranego przez nie na podłoże średniego nacisku jednostkowego. Wyniki obliczeń zestawiono w tab. 2 i na rys. 2–3.

Tabela 2. Wyniki obliczeń parametrów współpracy opony z podłożem

Obciążenie G [kN]	Ciśnienie p _o [kPa]	420/85R38 TL (16.9R38) B = 43, D = 169 [cm]				460/85R38 TL (18.4R38) B = 47, D = 175 [cm]				520/85R38 TL (20.8R38) B = 53, D = 184 [cm]			
		Odcisk F [cm ²]	Nacisk p _p [kPa]	Zagl. z [cm]		Odcisk F [cm ²]	Nacisk p _p [kPa]	Zagl. z [cm]		Odcisk F [cm ²]	Nacisk p _p [kPa]	Zagl. z [cm]	
25	100	2975	82	11	3221	76	8		3615	68	0		
	150	2827	87	12	3073	80	10		3467	71	2		
	200	2680	92	14	2926	84	12		3320	74	6		
	250	2532	97	15	2778	88	13		3172	77	9		
30	100	3253	90	14	3499	84	12		3893	76	8		
	150	3105	95	16	3351	88	14		3745	79	10		
	200	2958	100	17	3204	92	15		3598	82	12		
	250	2810	105	18	3056	96	17		3450	85	13		
40	100	3809	103	19	4055	97	18		4449	88	16		
	150	3661	107	20	3907	100	19		4301	91	17		
	200	3514	112	21	3760	104	20		4154	94	18		
	250	3366	117	22	3612	109	21		4006	98	19		
50	100	4365	112	22	4611	106	22		5005	98	20		
	150	4217	116	23	4463	110	23		4857	101	21		
	200	4070	121	24	4316	114	24		4710	104	22		
	250	3922	125	25	4168	118	25		4562	108	23		



Rys. 2. Wykres porównawczy trzech opon dla obciążenia 25 kN: $z = f(p_o)$, na glebie uprawnej średnio miękkiej (piaszczysty il, ilasty piasek)



Rys. 3. Rozkład nacisków w funkcji zmian ciśnienia napompowanej opony „ p_o ” w zakresie 100÷250 kPa dla czterech obciążeń od 25 do 50 kN, na glebie uprawnej średnio miękkiej (piaszczysty il, ilasty piasek)

3. Wytyczne dot. doboru opon pod względem eksploatacyjnym i trakcyjnym

Jak wynika z przedstawionego (tab. 2) zestawienia wyników obliczeń zasadnicze różnice w wielkości powierzchni oddziaływania „F”, nacisków „p_p” czy też zagłębienia „z” uwidaczniają się w zakresie mniejszych obciążeń opon, w zakresie 25÷30 kN. Przy obciążeniach większych różnice są minimalne i nie mają większego znaczenia. Ma to istotne znaczenie przy doborze opon do prac z mniejszym obciążeniem, gdyż mniejsze naciski i głębokość koleiny to mniejsza degradacja podłoża. Przy dużych obciążeniach powyżej 40 kN wybór opon przez użytkownika może być jedynie podyktowany ich ceną rynkową, gdyż parametry ich współpracy z podłożem są zbliżone.

3.1. Znakowanie opon

Trelleborg Wheel Systems, podobnie jak wszyscy producenci opon, używa kombinacji oznaczenia metrycznego, jak również oznaczenia w calach. Weźmy dla przykładu oponę o nowym oznaczeniu: 420/85 R38TL.

Poniżej tłumaczenie podanych wartości:

- 420 – nominalna szerokość opony w milimetrach,
- 85 – wskaźnik profilu w %,
- R – oznaczenie konstrukcji wewnętrznej opony – opona radialna,
- 38 – średnica osadzenia wyrażona w calach,
- TL – oznaczenie opony bezdętkowej (tubeless).

3.2. Zasady eksploatacji opon TM600

a) dopuszczalne prędkości:

Indeks prędkości (SI) umieszczony na boku opony stanowi międzynarodowy kod określający maksymalną prędkość, przy której opona może być użytkowana. Dla prędkości do 40 km/h, SI wyrażony jest kombinacją litery i cyfry, np. A5 = 25 km/h, A8 = 40 km/h. Dla prędkości większej niż 40 km/h kod SI jest wyrażony wyłącznie za pomocą litery, na przykład litera B wskazuje maksymalną prędkość 50 km/h;

b) dopuszczalne ciśnienie napompowania opony:

Nie ma jednoznacznej odpowiedzi na to pytanie, gdyż zalecane ciśnienie jest zróżnicowane w zależności od rozmiaru opony, przenoszonych ładunków i rodzaju pracy wykonywanej przez daną maszynę. Minimalne ciśnienie, przy którym można użytkować opony? Odpowiedź na to pytanie zależy od kilku czynników takich jak prędkość pojazdu, rodzaj powierzchni oraz typ wykonywanej pracy;

- c) maksymalny ciężar, którym można bezpiecznie obciążyć oponę:
Maksymalne obciążenie jest określane z użyciem powszechnie stosowanego kodu – ‘Indeksu Nośności’ (LI), który można znaleźć na boku opony. Zawsze sąsiaduje on z kodem określającym indeks prędkości (SI). Kod LI pokazuje maksymalny dopuszczalny ciężar dla konkretnej opony, niezależnie od jej typu czy wielkości;
- d) zasadnicza różnica między oponą radialną i diagonalną:
Oponę radialną wyróżnia promieniowe ułożenie warstw kordu. Oznacza to, że sięgają one od stopki do stopki i są ułożone pod kątem 90 stopni w stosunku do linii centralnej bieżnika. Konstrukcja radialna gwarantuje dużą elastyczność boków opony przy jednoczesnej większej sztywności bieżnika, dzięki czemu przylega on całą swoją powierzchnią do nawierzchni. Sztywne czoło bieżnika zmniejsza opory toczenia;
W oponach diagonalnych warstwy kordu krzyżują się i są ułożone pod kątem około 45 stopni w stosunku do linii centralnej bieżnika. W przypadku opon diagonalnych boki opony są sztywniejsze w porównaniu z oponami o konstrukcji radialnej i mają bardziej elastyczną powierzchnię bieżnika. Daje to oponę o wysokiej odporności na uszkodzenia mechaniczne.
Wymienione wyżej różnice w konstrukcji opony radialnej i diagonalnej są bardzo istotne, jeśli rozważać zużycie bieżnika, trakcję i stabilność – szczególnie podczas transportu drogowego.
- e) pojęcie „podwójnej trakcji”
Pojęcie to wskazuje, że moc napędowa traktora jest przenoszona przez dwie osie – przednią i tylną, innymi słowy, że mamy do czynienia z napędem na cztery koła ‘4WD’. Takie rozwiązanie stanowi nieuchronną konsekwencję wzrostu siły napędowej i ciężaru nowoczesnych traktorów. W traktorach z napędem na cztery koła do zamiany mocy silnika na „siłę jezdną” potrzebne są: mechaniczne przekładnie, wał napędowy, półoś, biegi redukcyjne, dyferencjał itd. Wszystkie te elementy w naturalny sposób wpływają na opór toczenia i ograniczają moc, która jest przez nie przenoszona, w szczególności przy pojazdach o napędzie na dwa koła. Jednakże tam, gdzie jest wymagana zdolność do przekazywania dużej siły napędowej, producenci wybierają rozłożenie mocy na obie osie – przednią i tylną, stąd właśnie wzrost znaczenia maszyn z napędem na cztery koła.

3.3. Czas użytkowania opon

Trudno jest oszacować maksymalny okres eksploatacji opon rolniczych w porównaniu z oponami do samochodów osobowych czy też ciężarowych. Te ostatnie są niemalże w 100% użytkowane na drogach, w związku z czym ich trwałość jest wyrażona w przejechanych kilometrach. W rolnictwie przewidywany czas użytkowania opon, podobnie jak eksploatacja traktorów, jest mierzo-

ny ilością przepracowanych roboczo-godzin, od momentu włączenia silnika do momentu jego wyłączenia, niezależnie od tego czy maszyna pracuje w tym czasie na drodze, polu czy też stoi.

Aby bliżej wyjaśnić powyższą różnicę w żywotności opon, przedstawiamy kilka czynników, które w znaczący sposób wpływają na zużycie bieżnika:

- Użytkowanie na drodze powoduje większe zużycie bieżnika, jeżeli mamy do czynienia z maszyną z napędem na cztery koła. Używanie napędu na 4 koła nie jest zalecane przy transporcie drogowym, jednakże wiele maszyn automatycznie przechodzi na taki napęd przy hamowaniu, co powoduje większe obciążenie mechanizmów różnicowych i układu przeniesienia napędu, w tym opon.
- Użytkowanie opon w trudnych pracach polowych, jak np. orka w brzdach, jest oceniane jako praca o średnim bądź też niskim wpływie na „czyste” zużycie bieżnika, ale często obniżenie ciśnienia w oponie w celu uzyskania zadawalającego poziomu poślizgu kół powoduje dodatkowe niekorzystne obciążenia konstrukcji opony i prowadzi do przedwczesnego zużycia zmęczeniowego karkasu.
- Użytkowanie w polu, przy lekkich pracach takich jak bronowanie, walcowanie, nawożenie pogłównie itp. powoduje minimalne zużycie opon.
- Użytkowanie opon w przypadku prac stacjonarnych bądź też wykonywanych przy niskich prędkościach jest bliskie zeru, nawet jeśli licznik roboczo-godzin wciąż pracuje.

Rodzaj podejmowanych prac, rodzaj uprawianej gleby, procent godzin spędzonych na drodze, ciężar traktora, moc silnika i właściwie najważniejszy ze wszystkich czynników – właściwa konserwacja opon, wszystkie te czynniki wpływają na żywotność opony. Właśnie z powodu tak wielkiej różnorodności tych czynników trudno z góry określić okres użytkowania opony.

Podsumowanie

1. Zasady doboru opon dla maszyn i urządzeń rolniczych związane są bezpośrednio z ich przeznaczeniem i charakterem pracy. Wiąże się to z parametrami eksploatacyjnymi opon, takimi jak: obciążenie „G” i ciśnienie napompowania opony „p_o”.
2. Istotne znaczenie ma podłoże, po jakim się one poruszają. Innymi parametrami charakteryzuje się ich współpraca z podłożem nieodkształcalnym, a innym z podłożem odkształcalnym typu gleba.
3. Istotnym parametrem eksploatacyjnym jest prędkość przemieszczania się pojazdu. Warunkuje ona czas zużycia rzeźby bieżnika.
4. Nie ma jednak jednoznacznych metod optymalizujących ten problem, ze względu na swoją złożoność i bardzo wiele czynników wpływających na jej współpracę z podłożem.

5. Należy jednak dążyć, aby opony osiągały maksymalne siły trakcyjne przy minimalnych naciskach jednostkowych i nieprzekraczanie dopuszczalnych ugięć opony, zgodnie z danymi katalogowymi podawanymi przez producenta. Ma to istotny wpływ na przeginanie opony i ewentualnie jej uszkodzenia na bokach.

Bibliografia

1. Jakliński L.: Mechanika układu pojazd–teren, Wybrane zagadnienia. Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 2006.
2. Trelleborg Industries Polska Sp. z o.o., Opony radialne Trelleborg – Dane techniczne 2009.
3. © FAT 2005 / Etienne Diserens / TASCv1.xls V1.0 (Tyres/Tracks And Soil Compaction).

Recenzent:
Piotr DUDZIŃSKI

Maintenance rules of large dimension driving tyres' selection for agricultural machinery

Key-words

TM600, driving tyres, selection of tyres, optimal load capacity and traction.

Summary

The paper presents three TM600 tyres, chosen for the analysis in terms of their maintenance and traction characteristics. It takes into account the parameters which describe their cooperation with the soil, such as: the size of soil-tyre contact area F , the value of individual stresses p_p with changeable tyre pressure p_o and load G and rut depth with changeable parameters of tyre exploitation.