

JERZY JACKOWSKI*
MARCIN ŻMUDA**

OGUMIENIA POJAZDÓW WOJSKOWYCH - WYBRANE ZAGADNIENIA

1. Wstęp

Zapewnienie właściwego poziomu bezpieczeństwa załodze pojazdów wojskowych przy zachowaniu wymaganych cech pojazdu umożliwiających wykonanie postawionego zadania (m.in. siła ognia, odporność balistyczna i antyminowa, ruchliwość, bezpieczeństwo ruchu) stanowi pewnego rodzaju wyzwanie dla konstruktorów współczesnych pojazdów. Wszelkie dysproporcje pomiędzy wspomnianymi cechami znacząco wpływają na zmiany poziomu bezpieczeństwa [29]. Szczególnie ważnym elementem współczesnych pojazdów jest ogumienie, które wpływa bezpośrednio na ich ruchliwość oraz bezpieczeństwo ruchu. Pojazd unieruchomiony wskutek awarii ogumienia stanowi łatwy cel dla wojsk przeciwnika. Pewnym rozwiązaniem, umożliwiającym w ograniczonym zakresie zachowanie zdolności do samoewakuacji w wyniku uszkodzenia ogumienia pojazdu, jest system centralnego pompowania kół (umożliwiający także bieżące dopompowywanie opon) oraz tzw. ogumienie bezpieczne (np. run-flat) umożliwiające pokonanie określonej odległości z ograniczoną prędkością.

Kolejnym istotnym elementem wpływającym na bezpieczeństwo pojazdów wojskowych jest proces starzenia się ogumienia, który w dużej mierze zależy od warunków produkcji oraz klimatycznych, w których ogumienie jest użytkowane, a także warunków przechowywania. Istotny wpływ na stan ogumienia posiada także sam użytkownik, który powinien dokonywać okresowej kontroli stanu technicznego opon, w tym ciśnienia napompowania. Polskie regulacje prawne nie określają dopuszczalnego wieku opony, po którym dalsze użytkowanie jest niedopuszczalne. Przepisy wskazują jedynie minimalną wysokość rzeźby bieżnika oraz okres przechowywania w magazynie

* Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, ul. gen. Witolda Urbanowicza 2, 01-476 Warszawa, jerzy.jackowski@wat.edu.pl.

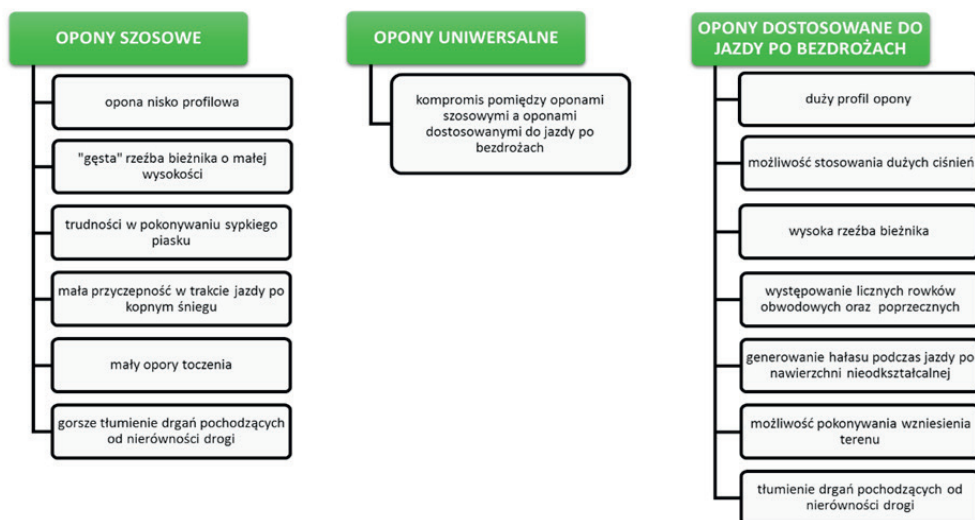
** Wojskowa Akademia Techniczna im. Jarosława Dąbrowskiego, ul. gen. Witolda Urbanowicza 2, 01-476 Warszawa, marcin.zmuda@wat.edu.pl.

do momentu sprzedaży. Proces starzenia się ogumienia jest szczególnie ważny w przypadku pojazdów wojskowych, dla których utrzymywany jest pewien poziom zapasu.

2. Wymagania stawiane ogumieniu pojazdów wojskowych

Ogumienie pneumatyczne jest obecnie najszerzej wykorzystywanym typem ogumienia współczesnych kołowych pojazdów specjalnych. W zależności od przeznaczenia pojazdu (np. transport dalekobieżny, przystosowanie do jazdy po drogach polnych i bezdrożach, maszyna samobieżna) ogumienie musi sprostać innym wymaganiom. Poniżej zebrano najważniejsze wymagania stawiane ogumieniu współczesnych pojazdów wojskowych [13, 24, 29]:

- bezpieczeństwo eksploatacji i zapewnienie odpowiednich własności ruchowych pojazdu po podłożu utwardzonym,
- komfort jazdy, w tym łagodzenie dynamicznego oddziaływania nierówności terenowych,
- ekonomiczność eksploatacji,
- trwałość,
- oddziaływanie na środowisko (np. hałas, podatność na recykling),
- możliwość regulacji wartości ciśnienia napompowania przy stałej wartości obciążenia statycznego,
- pokonywanie naturalnych i sztucznych przeszkód terenowych,
- możliwość poruszania się w terenie o niskiej wartości nośności podłoża,
- podwyższona odporność na uszkodzenia mechaniczne.

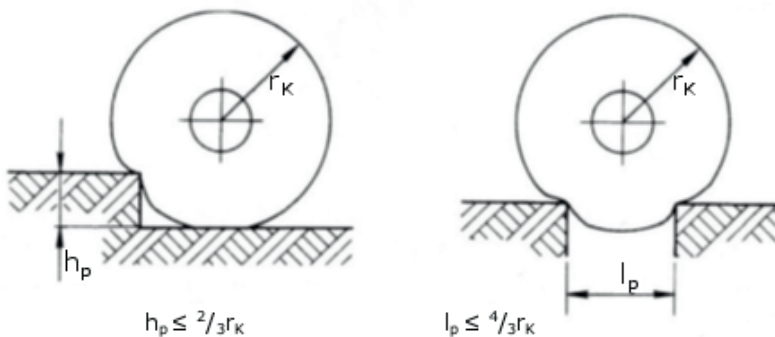


Rys. 1. Ogumienie pojazdów specjalnych [17]

W celu zapewnienia jak najlepszych osiągnięć pojazdów specjalnych (np. prędkość maksymalna, komfort jazdy, zużycie paliwa) w zależności od warunków terenowych, w których opony są użytkowane, stosowane są następujące typy opon: szosowe, uniwersalne oraz przystosowane do jazdy po bezdrożach (rys. 1). Przy czym zasadniczymi cechami i wielkościami odróżniającymi wskazane typy opon są: rzeźba bieżnika (wysokość, kształt występów, współczynnik wypełnienia), średnica zewnętrzna, szerokość, profil opony, a także wartość generowanego hałasu [29].

Dodatkowo, od pojazdów wojskowych wymaga się możliwości eksploatacji w skrajnie różnych warunkach terenowych i klimatycznych. Biorąc pod uwagę warunki klimatyczne obszaru Polski, pojazdy muszą być zdolne do bezpiecznej eksploatacji oraz realizacji zadań w klimacie umiarkowanie zimnym (temperatura pracy od -50°C do $+50^{\circ}\text{C}$) [27]. Wymaga się również zdolności do pokonywania naturalnych i sztucznych przeszkód terenowych, m.in. występów i wgłębień o znacznych wymiarach, w tym przeszkód wodnych. Stosowanie kół o dużym promieniu poprawia zdolność sprawnego pokonywania rowów, kanałów oraz pionowych przeszkód o znacznej wysokości (rys. 2) [22].

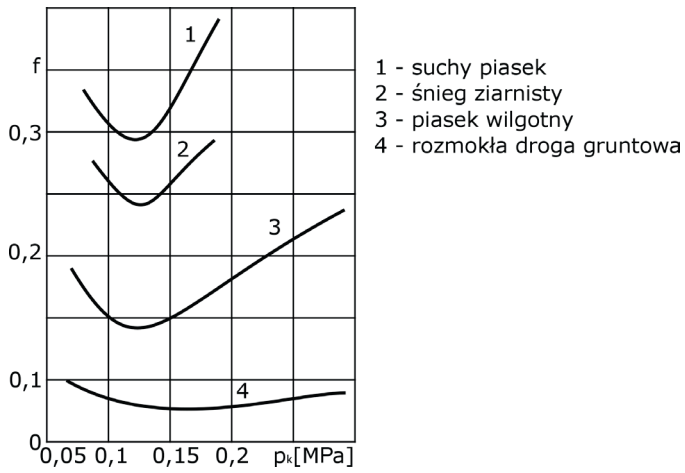
System centralnego pompowania kół jest często wykorzystywany do zwiększenia zdolności pokonywania terenu o niskiej wartości nośności gruntu (np. piasek, błoto, torf, śnieg). Zmniejszenie wartości ciśnienia napompowania wpływa na zmianę parametrów geometrycznych jej śladu, tj. zwiększa długość i szerokość (rys. 3). Zwiększenie powierzchni styku zmniejsza opory toczenia po podłożu odkształcalnym. Różne pozycje literaturowe zgodnie wskazują wartość ciśnienia napompowania w zakresie 0,10–0,15 MPa jako najkorzystniejszą podczas poruszania się w takich warunkach drogowych (rys. 4) [23, 29]. Długotrwała jazda (szczególnie na podłożu utwardzonym) ze zmniejszonym ciśnieniem ogranicza „żywność” opony (rys. 5), ale jednocześnie wskazuje się, że opony pojazdów wojskowych powinny mieć możliwość krótkotrwałego ruchu przy ugięciu do 0,35 H (H – wysokość przekroju opony) [28–29].



Rys. 2. Wpływ rozmiaru opony na pokonywanie przeszkód drogowych [22]



Rys. 3. Wpływ zmniejszenia wartości ciśnienia napompowania na wielkość tworzonej koleiny [6]



Rys. 4. Zależność współczynnika oporu toczenia f od ciśnienia powietrza w kole [23]

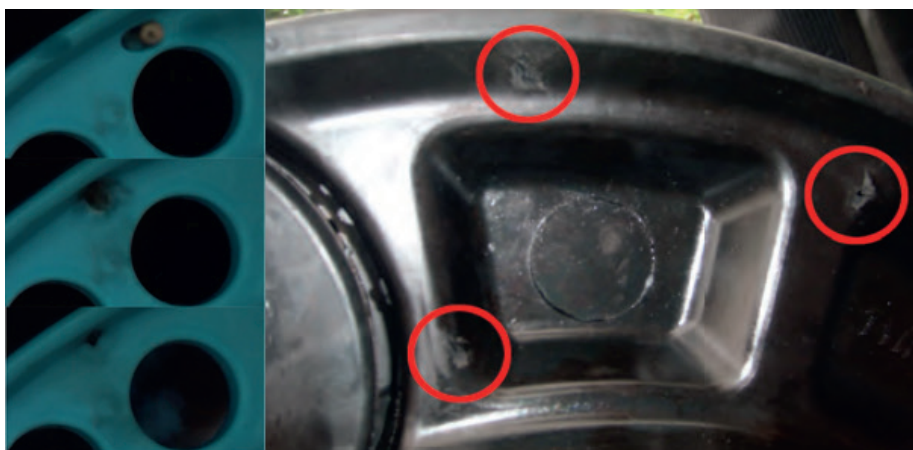


Rys. 5. Negatywne skutki jazdy bez wymaganego ciśnienia napompowania [28]

Ogumienie jest narażone na szereg czynników, które mogą spowodować przyspieszone starzenie (np. oddziaływanie promieni słonecznych, eksploatacja w zakresie niskich i wysokich temperatur, znaczne i trwałe odkształcenie powierzchni ogumienia), uszkodzenia mechaniczne (np. przecięcie, przebicie) oraz te związane z oddziaływaniem przeciwnika (np. IED, ostrzał z broni małokalibrowej). W celu zapewnienia zdolności do kontynuowania jazdy bez wymaganego ciśnienia w ogumieniu pojazdy coraz częściej wyposażane są w tzw. ogumienie bezpieczne. Może to być realizowane poprzez zwiększenie odporności powłoki opony na przebicie (np. specjalna mieszanka uszczelnia powstały otwór oraz przedmiot wnikaający do wnętrza opony) lub rozwiązania konstrukcyjne pozwalające na jazdę po utracie wymaganego ciśnienia (np. zwiększenie grubości boku opony, wkładki nośne) [18, 41]. Niezależnie od zastosowanego rozwiązania należy pamiętać o ograniczeniach dotyczących maksymalnej prędkości jazdy oraz dystansu, w których użytkowanie jest bezpieczne. W pojazdach wojskowych coraz powszechniej stosowane są w kołach wkładki nośne wykonane jako jednolite lub dzielone pierścienie, a także segmentowe elementy umieszczone pomiędzy standardową obręczą koła a wewnętrzną powierzchnią opony. Powoduje to jednak wzrost masy nieresorowanej koła, która wpływa na obciążenia dynamiczne układu jezdnego [18]. Po utracie wymaganego ciśnienia wkładka nośna ma za zadanie przeniesienie sił i momentów potrzebnych do poruszania się pojazdu. Jednak jazda „na wkładce” powoduje jej tarcie o wewnętrzną powierzchnię opony i w efekcie znaczne jej rozgrzanie, które powoduje rozwarstwienie konstrukcji nośnej, a w skrajnych warunkach może być nawet przyczyną samozapłonu opony. W celu zmniejszenia wartości tarcia wprowadza się do opony środek smarny w opakowaniach jednorazowego użytku (rys. 6). Pozwala to na zwiększenie dopuszczalnej prędkości jazdy oraz wydłuża dystans, jaki można pokonać po utracie ciśnienia [40]. Materiały wykorzystywane na wkładki nośne wykazują również dobre właściwości antybalistyczne (rys. 7), zachowując swój kształt mimo przestrzelenia.



Rys. 6. Środek smarny wykorzystywany w celu zmniejszenia tarcia pomiędzy oponą a wkładką po utracie wymaganego ciśnienia napompowania [5, 40]

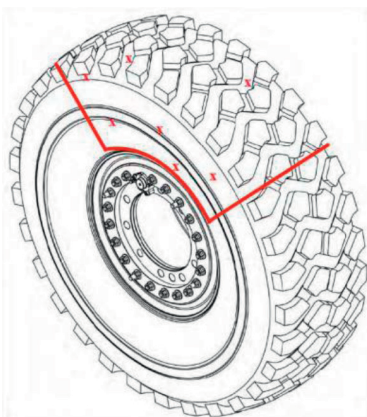


Rys. 7. Widok wkładek nośnych po przestrzeleniu pociskiem [35, 36]

Tabela 1. Wymagania FINABEL dot. wkładek nośnych run-flat [9, 10]

Dystans	50 km	100 km
Liczba i miejsce przestrzelin	5 – bok opony 2 – czoło opony kaliber – 7,62 mm, odległość oddania strzałów – 50 m	
Wymagania trasa – droga utwardzona	– 3 km z maksymalną prędkością – 10 km z prędkością 50 km/h – pozostały dystans z prędkością 25 km/h	– 3 km z maksymalną prędkością (do 90 km/h) – 22 km z prędkością 50 km/h – 75 km z prędkością 25 km/h
lub		
Wymagania trasa – droga nieutwardzona	Podczas jazdy z prędkością 20 km/h opona nie zsunęła się z obręczy lub nie uległa zapaleniu.	Podczas jazdy z prędkością 30 km/h opona nie zsunęła się z obręczy lub nie uległa zapaleniu.

W odniesieniu do pojazdów wojskowych wkładki nośne montowane w kołach muszą sprostać odpowiednim wymaganiom normatywnym. Pierwsze międzynarodowe wymagania dotyczące opon pojazdów wojskowych zostały podane już latach 70. XX wieku przez organizację FINABEL [8–10]. Wymagania dotyczą odpowiednio możliwości kontynuowania jazdy na dystansie 50 km oraz 100 km pomimo przestrzelenia jednej lub dwóch opon (tabela 1). Określono również warunki badań takich opon na drodze utwardzonej oraz bezdrożu. Poprzez drogę utwardzoną należy rozumieć trasę o nawierzchni asfaltowej lub betonowej w kształcie cyfry 8 o promieniu łuku drogi od 25 m do 100 m. Natomiast trasa na drodze nieutwardzonej powinna obejmować przeszkody terenowe, m.in. zbocza i rowy. Określono również, że przestrzeliny mają się znajdować w obszarze ograniczonym do jednej czwartej koła, co przedstawia rysunek 8.



Rys. 8. Lokalizacja miejsc oddania strzału podczas badań wkładek nośnych run-flat (5 strzałów – bok opony, 2 strzały – bieżnik) [38]

Uwzględniając m.in. powyższe wymagania, armia Stanów Zjednoczonych opracowała własne wymagania dot. badań wkładek nośnych run-flat. Dokument [38] określa wymagania dla trasy (o podłożu utwardzonym oraz rejonu misji wojskowej), warunków temperaturowych oraz środowiskowych, sposobie rozszczelnienia opony (analogiczny jak w przypadku wymagań FINABEL), jak również wymagania w stosunku do opony testowej (m.in. bieżnik o wysokości min. 50% oraz wiek maksymalnie 60 tygodni od daty produkcji). Jeżeli wymagania badań nie określają inaczej, testy wykonuje się na drodze utwardzonej na dystansie 48,3 km (30 mil) z prędkością 48 km/h (ok. 30 mph).



Rys. 9. Widok kół z wkładkami nośnymi po badaniach [38]

Wynik testu jest negatywny, gdy nastąpi jeden z poniższych przypadków:

- niezdolność kierowcy do kontroli nad pojazdem,
- niezdolność do bezpiecznego kierowania pojazdem,
- zmniejszenie prędkości poniżej określonej w warunkach badań,