

**POSTĘPY W INŻYNIERII MECHANICZNEJ
DEVELOPMENTS IN MECHANICAL ENGINEERING**

2(1)/2013, 31-39

Czasopismo naukowo-techniczne – Scientific-Technical Journal

Maciej KOTYK, Adam TROSZYŃSKI

**WPLYW TEMPERATURY NA CIŚNIENIE
W OPONACH SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH**

Streszczenie: W pracy opisano wpływ temperatury powietrza oraz temperatury azotu na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych. Prawidłowe ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego pozwala na zapewnienie komfortu oraz bezpieczeństwa podczas jazdy. Zbadano, jaki wpływ na zachowanie prawidłowego ciśnienia w oponie ma temperatura. Po to, aby uzyskać pewne porównanie, oponę samochodu ciężarowego napełniono najpierw powietrzem, a następnie azotem i wystawiono ją na działanie niskich temperatur.

Słowa kluczowe: ciśnienie, azot, powietrze, rozszerzalność cieplna

1. WSTĘP

Opony samochodów ciężarowych są jedynymi elementami, które podczas jazdy stykają się z nawierzchnią dróg. Warunkują bezpieczeństwo kierowców oraz innych uczestników ruchu drogowego. Niestety istnieje wiele czynników, które w różnym stopniu ograniczają prawidłowe funkcjonowanie opon i komfort podróżowania. Mimo ciągłego doskonalenia procesów technologicznych oraz mieszanek, z jakich wytwarza się opony, nie można w żadnym stopniu zmienić elementarnych zjawisk fizycznych zachodzących w oponach podczas jazdy, zwłaszcza zmiany ciśnienia na skutek wahań temperatury. Można jedynie ograniczyć skutki tych procesów.

Zmiana właściwego ciśnienia w oponach zmniejsza bezpieczeństwo poruszania się samochodami ciężarowymi, diametralnie przyspiesza zużycie opon oraz powoduje zużycie paliwa. Zmieniające się warunki zewnętrzne wpływają na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych, jednak stopień tych zmian nie jest szczegółowo znany [3].

2. BADANIA DOTYCZĄCE CIŚNIENIA W OPONACH SAMOCHODOWYCH

Użytkowników pojazdów oraz producentów ogumienia zawsze interesował temat doboru odpowiedniego ciśnienia w oponach samochodowych. Zauważono, że wahania temperatury mają znaczny wpływ na sztywność opon samocho-

mgr inż. Maciej KOTYK, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: maciej.kotyk@utp.edu.pl
mgr inż. Adam TROSZYŃSKI, Uniwersytet Technologiczno-Przyrodniczy, Wydział Inżynierii Mechanicznej, ul. prof. S. Kaliskiego 7, 85-789 Bydgoszcz, e-mail: adasko1918@wp.pl

dowych. Wynikało to ze zmiany właściwości mieszanki stosowanej do produkcji opon samochodowych, jak również zmiany ciśnienia wewnątrz ogumienia.

Przeanalizowano rozszerzalność cieplną gazów wchodzących w skład powietrza atmosferycznego i zaobserwowano, że tlen jest główną przyczyną niekorzystnych zjawisk mających wpływ na zmianę ciśnienia w oponach samochodowych na skutek zmiany temperatury zewnętrznej, jak i samej opony.

Ograniczenie negatywnego wpływu zmiany temperatury na zmianę ciśnienia w oponach samochodowych uzyska się poprzez napełnianie ogumienia bardzo kosztownym do uzyskania argonem lub znacznie tańszym tlenem.

Jedne z bardziej istotnych i szeroko zakrojonych badań dotyczących wpływu napełniania opon samochodów ciężarowych azotem na ograniczenie ich zużycia przeprowadził amerykański badacz J. Baldwin. Do badań wykorzystał flotę pojazdów samochodowych użytkowanych przez pewną firmę transportową, o dopuszczalnej masie całkowitej znacznie przekraczającej 3,5 tony. Opony połowy z nich wypełniało powietrze, natomiast opony drugiej połowy pojazdów napełniono azotem. Po opisaniu, ponumerowaniu i wykonaniu szeregu czynności identyfikacyjnych pojazdów i opon starannie śledzono przebiegi samochodów. Znaczną uwagę poświęcono szybkości ścierania się warstwy bieżnika.

Po przeanalizowaniu wyników wielomiesięcznych badań okazało się, że liczba kilometrów pokonanych przez opony napełnione azotem była o 10% większa niż napełnionych powietrzem [1].

Zdaniem autora wynikało to z dwóch czynników. Pierwszym z nich była mniejsza wrażliwość azotu na zmiany temperatury, drugim zaś brak atomów mogących przereagować z mieszanką gumową opony, tj. atomów tlenu.

Czasopisma motoryzacyjne są wręcz przepełnione wynikami różnych badań dotyczących porównania właściwości powietrza oraz azotu na ciśnienie w oponach samochodowych, jednak autorzy nie podają sposobu przeprowadzenia tych badań.

Autorzy pracy postanowili samodzielnie przeprowadzić tego typu badania i szczegółowo określić warunki oraz aparaturę badawczą, a otrzymane wyniki poddać obróbce statystycznej, jak również przedstawić je w formie graficznej. Celem badań było jednoznaczne określenie wpływu temperatury na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych.

3. BADANIA WPLYWU OBNIŻANIA SIĘ TEMPERATURY POWIETRZA ORAZ TEMPERATURY AZOTU NA CIŚNIENIE W OPONACH SAMOCHODÓW CIĘŻAROWYCH

3.1. Obiekt badań

Obiektem badań były dwa czynniki mające zastosowanie do napełniania opon samochodów ciężarowych. Do badań wykorzystano oponę firmy Dunlop, wyprodukowaną w 2007 roku o rozmiarze 235/75/17,5. Do opony napełnianej kolejno powietrzem oraz azotem była podłączona aparatura, umożliwiająca jednoczesny pomiar ciśnienia i temperatury. Do celów badawczych usunięto pew-

ną część obręczy koła. Oponę wykorzystaną do badań przedstawiono na rysunku 1.



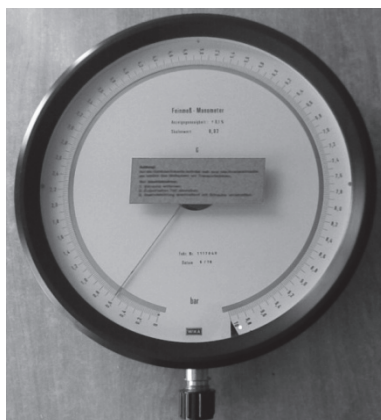
Rys. 1. Opona wykorzystana do badań
Fig. 1. The tire used for research

3.2. Opis badań

Badania przeprowadzono w Trzciance na terenie warsztatów działu utrzymania ruchu, w firmie transportowej, w maju 2011 roku. Polegały na poznaniu wpływu temperatury powietrza oraz temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego.

Przeprowadzenie badań wymagało przygotowania odpowiedniego stanowiska pomiarowego.

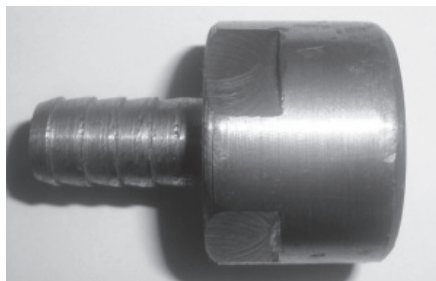
Dla potrzeb przeprowadzenia pomiarów ciśnienia powietrza oraz azotu wykorzystano manometr mechaniczny firmy Wika (rys. 2.) o zakresie pomiarowym od 0 do 1,0 MPa i dokładności 0,002 MPa.



Rys. 2. Manometr wykorzystany do wykonania badań
Fig. 2. The pressure gauge used to perform research

Manometr był zakończony gwintowaną końcówką stanowiącą wejście do miernika. Manometr połączono ze stanowiskiem pomiarowym za pomocą złą-

cza. Złącze manometru ze stanowiskiem pomiarowym (rys. 3) zostało wykonane przez autora pracy.



Rys. 3. Złącze manometru
Fig. 3. Connection pressure gauge

Do pomiarów temperatury wyżej wymienionych gazów wykorzystywano elektroniczny termometr o zakresie od -50 do $+150^{\circ}\text{C}$. Na końcu grotu ze stali nierdzewnej znajdował się czujnik, który został umieszczony zgodnie z zaleceniami producenta urządzenia centymetr we wnętrzu opony. Dla potrzeb badań przedłużono przewód pomiędzy wyświetlaczem a grotem, dwużyłowym przewodem elektrycznym na odległość 1000 mm. Termometr elektroniczny wykorzystywany do badań przedstawiono na rysunku 4.



Rys. 4. Termometr elektroniczny wykorzystywany do badań
Fig 4. Electronic thermometer used to research

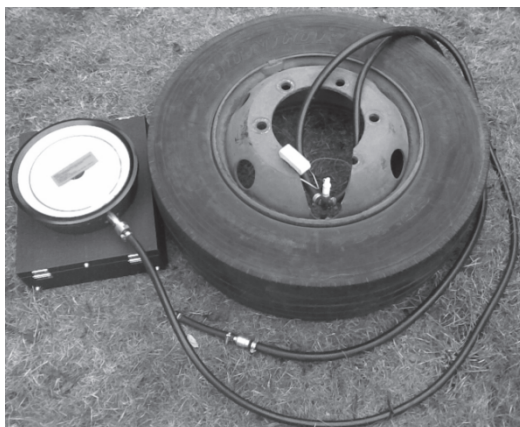
Prawidłowy przebieg badań gwarantował rozdzielacz umożliwiający szczelne połączenie wszystkich elementów. Był on osadzony na wentylu opony w taki sposób, aby można było do jej wnętrza wprowadzić czujnik termometru elektronicznego. Z rozdzielacza wychodziły ponadto jeszcze dwa wyjścia. Pierwsze z nich było zakończone złączem umożliwiającym napełnianie i opróżnianie opony, drugie zaś umożliwiało podłączenie manometru, a tym samym pomiar ciśnienia w stanowisku pomiarowym. Rozdzielacz przedstawiono na rysunku 5.



Rys. 5. Rozdzielacz wykorzystany do badań
Fig. 5. The distributor used to research

Elementy składające się na stanowisko pomiarowe były połączone ze sobą za pomocą zbrojonych gumowych węży ciśnieniowych o średnicy zewnętrznej 20 mm oraz wewnętrznej 10 mm.

Wszystkie opisywane elementy połączone ze sobą w sposób umożliwiający napełnienie stanowiska pomiarowego przedstawiono na rysunku 6.



Rys. 6. Stanowisko pomiarowe
Fig. 6. Measuring position

Badania składały się z dwóch etapów.

W pierwszym etapie, po podłączeniu wszystkich elementów, oponę napełniono powietrzem do ciśnienia równego 0,734 MPa przy temperaturze 15°C. Kolejnym krokiem było uszczelnienie stanowiska pomiarowego. Po wykonaniu tych czynności odczekano 5 min w celu ustabilizowania się ciśnienia w stanowisku pomiarowym. Następnie oponę umieszczono w zamrażarce Mors 222 i ochładzano. Podczas ochładzania przeprowadzono równoległe pomiary tempe-

ratury powietrza oraz ciśnienia w oponie. Po zakończeniu pomiarów oponę opróżniono z powietrza.

W drugim etapie, po podłączeniu wszystkich elementów, oponę napełniono azotem z butli do ciśnienia większego niż potrzebne do realizacji badań. Następnie za pomocą zaworka podłączonego do jednej z końcówek rozdzielacza zmniejszono ciśnienie azotu w stanowisku pomiarowym, pamiętając o przerwach na ustabilizowanie się ciśnienia. W wyniku tych zabiegów początkową wartość ciśnienia azotu ustalono na 0,734 MPa przy temperaturze 15°C. Kolejnym krokiem było uszczelnienie stanowiska pomiarowego. Następnie oponę ponownie umieszczono w zamrażarce i wykonywano równoległe pomiary temperatury azotu oraz ciśnienia w oponie. Po zakończeniu badań oponę opróżniono z azotu.

Umieszczenie opony w zamrażarce miało na celu odzwierciedlenie warunków eksploatacyjnych podobnych do tych, gdy temperatura zewnętrzna obniża się.

4. ZESTAWIENIE WYNIKÓW BADAŃ

Wyniki badań wpływu obniżania się temperatury powietrza na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego przedstawiono w tabeli 1. Wyniki badań wpływu obniżania się temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego przedstawiono w tabeli 2.

Tabela 1. Wyniki badań wpływu obniżania się temperatury powietrza na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego

Table 1. The results of the research on the onfluence of reducing the air temperature on the pressure in the tyre of a lorry

Temperatura powietrza (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)	Temperatura powietrza (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)	Temperatura powietrza (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)
15,0	0,734	6,5	0,702	-2,0	0,670
14,5	0,732	6,0	0,702	-2,5	0,668
14,0	0,730	5,5	0,700	-3,0	0,668
13,5	0,730	5,0	0,698	-3,5	0,666
13,0	0,728	4,5	0,698	-4,0	0,664
12,5	0,726	4,0	0,696	-4,5	0,664
12,0	0,724	3,5	0,694	-5,0	0,662
11,5	0,722	3,0	0,694	-5,5	0,660
11,0	0,720	2,5	0,692	-6,0	0,660
10,5	0,720	2,0	0,690	-6,5	0,658
10,0	0,716	1,5	0,688	-7,0	0,656
9,5	0,716	1,0	0,686	-7,5	0,656
9,0	0,712	0,5	0,684	-8,0	0,654
8,5	0,710	0,0	0,680	-8,5	0,654
8,0	0,710	-0,5	0,678	-9,0	0,652
7,5	0,706	-1,0	0,674	-9,5	0,652
7,0	0,704	-1,5	0,674	-10,0	0,650

Wpływ temperatury na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych

Tabela 2. Wyniki badań wpływu obniżania się temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego

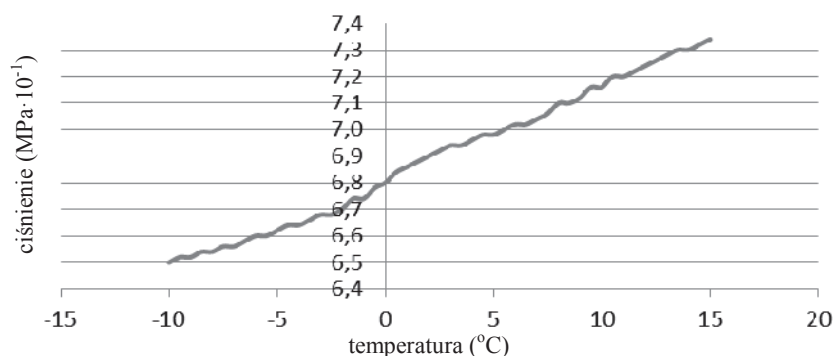
Table 2. The results of the research on the influence of reducing the azote temperature on the pressure in the tyre of a lorry

Temperatura azotu (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)	Temperatura azotu (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)	Temperatura azotu (°C)	Ciśnienie w oponie (MPa)
15,0	0,734	6,5	0,706	-2,0	0,680
14,5	0,732	6,0	0,706	-2,5	0,678
14,0	0,730	5,5	0,704	-3,0	0,678
13,5	0,730	5,0	0,702	-3,5	0,676
13,0	0,728	4,5	0,700	-4,0	0,674
12,5	0,726	4,0	0,700	-4,5	0,674
12,0	0,724	3,5	0,698	-5,0	0,672
11,5	0,724	3,0	0,696	-5,5	0,670
11,0	0,722	2,5	0,694	-6,0	0,670
10,5	0,720	2,0	0,694	-6,5	0,668
10,0	0,720	1,5	0,692	-7,0	0,668
9,5	0,718	1,0	0,690	-7,5	0,666
9,0	0,716	0,5	0,688	-8,0	0,664
8,5	0,714	0,0	0,686	-8,5	0,662
8,0	0,712	-0,5	0,684	-9,0	0,662
7,5	0,710	-1,0	0,684	-9,5	0,660
7,0	0,708	-1,5	0,682	-10,0	0,660

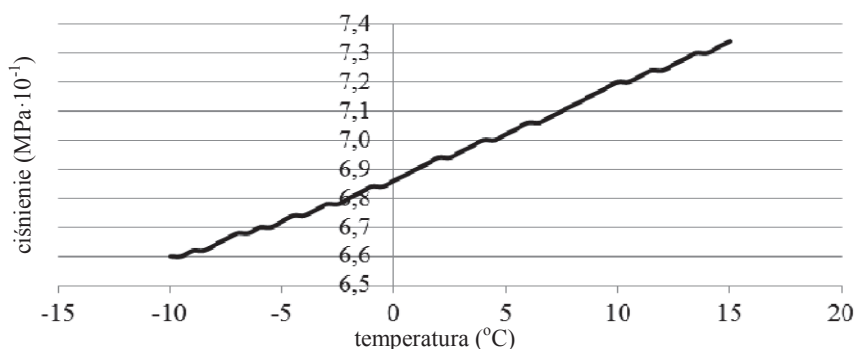
5. OPRACOWANIE WYNIKÓW BADAŃ

Dla opracowania wyników badań wpływu obniżania się temperatury na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych wykorzystano program komputerowy Microsoft Excel.

Wykres wpływu obniżania się temperatury powietrza na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego zaprezentowano na rysunku 7, natomiast wpływu obniżania się temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego przedstawiono na rysunku 8.

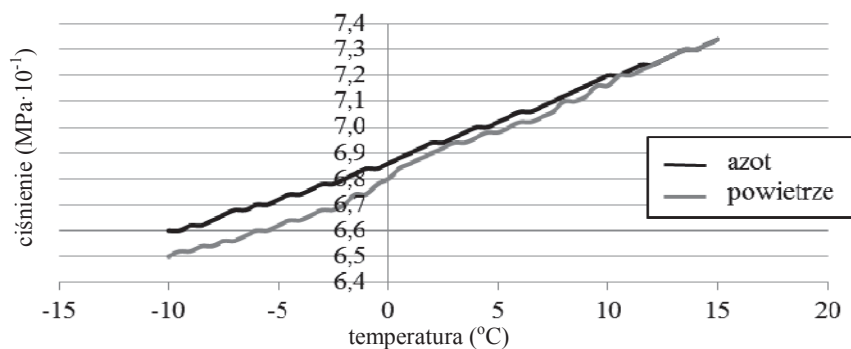


Rys. 7. Wpływ temperatury powietrza na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego
Fig. 7. The influence of the air temperature on the pressure in the tyre of a lorry



Rys. 8. Wpływ temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego
 Fig. 8. The influence of the azote temperature on the pressure in the tyre of a lorry

Na rysunku 9 porównano wpływ obniżania się temperatury powietrza oraz temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego.



Rys. 9. Porównanie wpływu obniżenia się temperatury powietrza oraz temperatury azotu na ciśnienie w oponie samochodu ciężarowego
 Fig. 9. The comparison of the influence of reducing the air and azote temperature on the pressure in the tyre of a lorry

W celu jednoznacznego określenia, czy faktycznie istnieje związek pomiędzy temperaturą a ciśnieniem gazu znajdującego się w oponie samochodu ciężarowego obliczono współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą powietrza a ciśnieniem w oponie samochodu ciężarowego i temperaturą azotu a ciśnieniem w oponie samochodu ciężarowego oraz określono krytyczną wartość współczynnika korelacji dla tych wyników.

Współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą powietrza a ciśnieniem w oponie samochodu ciężarowego wynosi 0,9974.

Współczynnik korelacji pomiędzy temperaturą azotu a ciśnieniem w oponie samochodu ciężarowego wynosi 0,9988.

W celu określenia krytycznej wartości współczynnika korelacji przyjęto następujące założenia:

- liczebność próby – 51,
- poziom istotności – 0,05.

Dla tych założeń krytyczna wartość współczynnika korelacji wynosi 0,2732 [2].

6. WNIOSKI Z BADAŃ

1. Przeprowadzenie badań wpływu obniżania się temperatury powietrza i temperatury azotu na ciśnienie w oponach samochodów ciężarowych wymaga przygotowania odpowiedniego stanowiska pomiarowego oraz urządzeń o dużej dokładności.
2. Bardzo duża wartość współczynnika korelacji pomiędzy ciśnieniem a temperaturą w obu badanych przypadkach świadczy o tym, że istnieje zależność pomiędzy temperaturą a ciśnieniem w oponach samochodów ciężarowych.
3. W przypadku zmiany temperatury powietrza o 25°C, ciśnienie w oponie uległo zmianie o 0,084 MPa.
4. W przypadku zmiany temperatura azotu o 25°C, ciśnienie w oponie uległo zmianie o 0,074 MPa.
5. Na podstawie otrzymanych wyników można stwierdzić, że azot jest w pewnym stopniu mniej wrażliwy na obniżanie się temperatury.

LITERATURA

- [1] BALDWIN J.: Wpływ inflacji azotu na starzenie się opony i wydajność. Ford Motor Company Dearborn, nr 5/2004.
- [2] SZYDŁOWSKI H. (red.): Teoria pomiarów. PWN, Warszawa 1981.
- [3] WALISIAK D.: Jaka jest przyczyna spadku ciśnienia w oponach. Goodyear Polska, 2009.

THE INFLUENCE OF TEMPERATURE ON THE PRESSURE IN TIRES OF LORRIES

Summary: The article concerns the research on the influence of the air and azote temperature on the pressure in the tyres of the lorries. A normal pressure in the tire of a lorry allows to ensure the driving comfort and safety. It has been studied the influence which the temperature has on the keeping the normal pressure in the tire. In order to achieve the plausible comparison, the tire of a lorry has been filled up first with the air and then with the azote and it has been exposed to the low temperatures.

Słowa kluczowe: pressure, nitrogen, air, thermal expansion