

diagnostyka pokładowa, pokładowe systemy komputerowe, diagnostyka płynu hamulcowego, zawodnienie płynu, temperatura wrzenia, temperatura korka parowego, przewodność elektryczna płynu, konduktywność, wytrzymałość cieplna układów hamulcowych

Piotr KRZEMIEN¹

MOŻLIWOŚĆ OCENY STANU TECHNICZNEGO PŁYNU HAMULCOWEGO W SYSTEMIE DIAGNOSTYKI POKŁADOWEJ HAMULCÓW

W pracy przedstawiono wyniki badań przewodnictwa płynu hamulcowego w funkcji temperatury i zawodnienia. Badania wykonywano w pełnym zakresie temperatur, aż do zagotowania się płynu, a zatem znacznie przekraczających te, przy których określa się zawodnienie płynu metodą pomiaru przewodności właściwej. Z uwagi na wypukłość charakterystyk przewodnictwa płynów hamulcowych w funkcji temperatury i zawodnienia, stwierdzono, że do określenia temperatury wrzenia płynu w systemach diagnostyki pokładowej, jest konieczny równoległy pomiar temperatury. Zwrócono również uwagę na ryzyko jakie wiąże się z badaniem zawodnienia płynu pobranego ze zbiorniczka wyrównawczego. Metoda bezpośredniego pomiaru temperatury wrzenia płynu ze zbiorniczka, nie uwzględnia zawodnienia w poszczególnych cylinderekach hamulcowych.

POSSIBILITY OF BRAKE FLUID TECHNICAL ASSESSMENT IN THE ON-BOARD DIAGNOSTIC BRAKING SYSTEM

The paper presents the research results of fluid conductivity as a function of temperature and inflow. The study was performed in the full temperature range up to boiling the liquid, exceeding the temperature of testing inflow by using the electrical conductivity method. Due to the maximum of the curve: brake fluid conductivity vs. temperature and inflow, in on-board diagnostic systems is necessary in parallel to measure the temperature. Also was paid attention in the paper on the risk associated with the test fluid from the reservoir because the inflow of individual wheel cylinders is often different than the flow of brake fluid reservoir.

¹ mgr inż.- asystent; Zakład Badania Wypadków Drogowych; Instytut Ekspertyz Sądowych; ul. Westerplatte 9, 31-033 Kraków, tel. 12 422 87 55 w. 121, e-mail: pkrzemien@ies.krakow.pl, piotrkrzemien@tlen.pl

1. WSTĘP

Nasilenie ruchu drogowego spowodowane zmniejszeniem udziału transportu kolejowego powoduje wzrost zagrożenia na drogach. Powstaje problem wyhamowania bardzo dużych mas z coraz to większych prędkości. Układy hamulcowe, jakkolwiek wysokiej skuteczności działania i odporności na zużycie, nie są w opinii autora dostatecznie monitorowane co do ich stanu technicznego. Przeglądy okresowe na stworzonych specjalnie do tego celu liniach diagnostycznych nie uwzględniają obciążeń termicznych hamulców, a jak wiadomo, przy dzisiejszych prędkościach pojazdów, mają one wpływ na skuteczność hamowania [1]. Siła hamowania, obecnie mierzona, jest tylko jednym z parametrów służących do oceny układu hamulcowego. Autor uważa, iż należy szczególną uwagę zwrócić na zdolność tych układów do przenoszenia obciążeń cieplnych w określonym czasie działania. Zależy to zarówno od stanu pary ciernej jak i własności cieczy przenoszącej ciśnienie. Destrukcja termiczna skojarzenia tarcowego i płynu technicznego zależeć będzie od dynamiki procesu, a także czasu jego trwania.

2. OBCIĄŻENIE CIEPLNE – ZAGROŻENIE – WYMAGANIA

Badania wykazały, że para cierna w hamulcach tarczowych narażona jest na działanie dużo większych temperatur niż szczyłka i bęben [2]. Stwierdzono, iż podczas sekwencji intensywnych hamowań tarcza hamulcowa może osiągnąć temperaturę ponad 530°C [3]. W przypadku nagrzewania się okładziny hamulcowej nadmierne zakumulowanie ciepła powoduje zjawisko „faddingu”, polegające na powstaniu fazy gazowej z materiału wypełniacza na powierzchni styku, wywołując utratę własności ciernych, lub w przypadku nowoczesnych materiałów stosowanych na okładziny hamulcowe zjawisko tzw. „płynięcia”. Pojawia się problem jak odprowadzić tak ogromną ilość ciepła aby zapobiec opisanym zjawiskom. Skutecznym rozwiązaniem jest wprowadzenie tarcz wentylowanych, a także innych metod radiacyjnych [8], lub nadmuchu sprężonego powietrza w pojazdach ciężarowych. Jednak to drugie rozwiązanie jest trudne do zastosowania w pojazdach osobowych, nie posiadających instalacji pneumatycznej. Kolejnym zagrożeniem jest przenikanie ciepła do elementów zacisku hamulcowego, którego zespolona konstrukcja sprzyja jego kumulowaniu. Rozważyć należy następującą sytuację. Podczas zjazdu z wzniesienia okresowe i częste hamowanie powoduje wzrost temperatury pary trącej, a tym samym zacisku hamulcowego²⁾. Wzrasta również temperatura płynu hamulcowego, która może sięgać około 175°C [3]. Gdy w fazie hamowania ciecz zyska temperaturę przewyższającą temperaturę wrzenia w warunkach normalnych, do zagotowania płynu nie dojdzie z uwagi na wysokie ciśnienie utrzymywane w układzie przez kierowcę. Jednak w chwili przerwania hamowania ciśnienie w układzie obniża się do wartości ciśnienia normalnego, co powoduje niebezpieczeństwo powstania tzw. korka parowego i wiąże się ze zmniejszeniem zdolności do hamowania, lub całkowitą jej utratą. Aby temu zapobiec obecnie stosuje się płyny hamulcowe coraz wyższych klas charakteryzujące się coraz

²⁾ Oczywiście jest, że w samochodach ciężarowych wyposażonych w zwalnicze kierowca powinien je umiejętnie stosować, jednak nie zawsze tak jest. W najnowszych pojazdach ciężarowych zwalnicze włączane są automatycznie i są integralną częścią układu hamulcowego, wyprzedzając działanie hamulców ciernych. W samochodach osobowych kierowca powinien wykorzystywać moment hamujący silnika tak aby nie przeciążyć układu hamulcowego.

wyższymi temperaturami wrzenia, przekraczającymi 260°C. Postęp technologiczny w zakresie produkcji nowych tarcz np. ceramicznych i okładzin hamulcowych charakteryzujących się wysoką odpornością termiczną i stabilnością współczynnika tarcia np. okładziny z węglików spiekanych, niesie za sobą ryzyko przegrzania płynu hamulcowego gdyż okładziny te są dobrym przewodnikiem ciepła. Można temu zapobiec stosując specjalne przekładki izolacyjne, jednak napotyka się tutaj na ograniczenia wynikające z ryzyka nadmiernego wzrostu temperatury pary cieiernej. W kwestii dobrania odpowiedniego gradientu temperatury na drodze: para trąca – zacisk hamulcowy – płyn hamulcowy należy znaleźć kompromis, bo zbyt duży gradient może spowodować zjawisko „faddingu” czy „płynięcia”, a zbyt mały - korek parowy.

Opisane metody są skuteczne w przypadku prawidłowego stanu płynu hamulcowego. Inaczej dzieje się gdy dojdzie do pogorszenia własności płynu hamulcowego na skutek zmiany jego składu chemicznego. Płyny hamulcowe, na bazie poliglikoli, eterów glikoli, boranu triglikolu metylowego z dodatkami inhibitorów korozji, mają właściwości higroskopijne. Zwiększenie zawartości wody w płynie powoduje znaczny spadek temperatury powstania korka parowego i temperatury wrzenia. Poniżej przedstawione zostały wymagania temperaturowe jakie są stawiane płynom hamulcowym [9]. Nie skupiano się tutaj na innych pożądanach własnościach płynów, które zostały przedstawione w pracy [7].

Tab. 1. Wymagane temperatury wrzenia dla poszczególnych klas płynów hamulcowych zgodnie z PN-C-40005 [9]

Klasa płynu hamulcowego	Temperatura wrzenia płynu nowego [stopnie C]	Temperatura wrzenia płynu zawodnionego 3,7% wody [stopnie C]
DOT 3	min. 205	min. 140
DOT 4	min. 230	min. 155
DOT 5.1	min. 260	min. 180
DOT 5 ¹⁾	min. 260	min. 180

1) Płyn na bazie związków silikonowych.

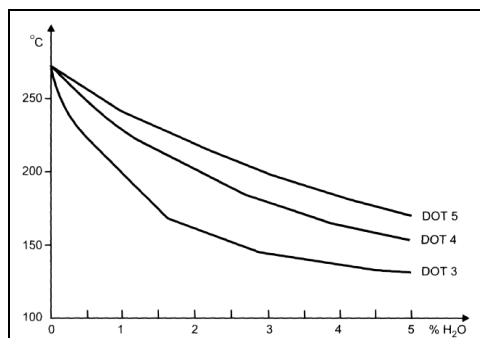
Porównując wymagania normy z temperaturami jakie może osiągnąć płyn hamulcowy (do 175°C) można wnioskować, iż istnieje ryzyko powstania korka parowego, a następnie zagotowania w przypadku płynu zawodnionego klasy DOT 3 i DOT 4. W przypadku płynu klasy DOT 5.1 i DOT 5, ryzyko jest mniejsze, aczkolwiek niewykluczone, zwłaszcza w sytuacji gdy zawodnienie przekroczy 3,7% wody. Norma nie określa kiedy płyn nie nadaje się już do eksploatacji i musi być wymieniony. Dlatego też w literaturze dostępne są różne kryteria oceny zdatności płynu z punktu widzenia diagnostyki samochodowej i bezpieczeństwa eksploatacji. Poniżej przedstawiono wyniki badań innych autorów.

Tab. 2. Kryteria oceny zdatności płynów hamulcowych [6]

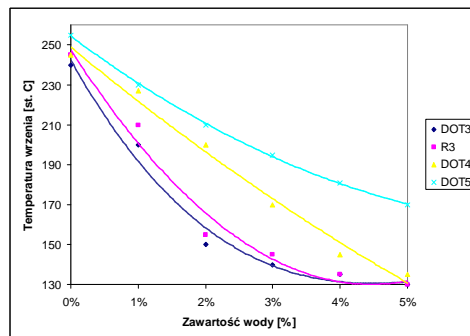
Zmierzona temperatura wrzenia płynu hamulcowego	Zmierzona zawartość wody w płynie hamulcowym	Ocena płynu hamulcowego
powyżej 185 stopni C	0 do 1 %	płyn hamulcowy o dobrych własnościach ²⁾
od 165 stopni C do 185 stopni C	około 2%	płyn hamulcowy może być jeszcze używany, ale jeśli jest starszy niż 2 lata, musi być wymieniony ³⁾
poniżej 165 stopni C	około 3%	płyn hamulcowy musi być wymieniony

2) Należy się spodziewać, że kryterium oceny, które przyjął autor stanowi temperatura wrzenia,

3) Okres użytkowania płynu na ogół przekracza zwyczajowe okresy podawane przez specjalistów

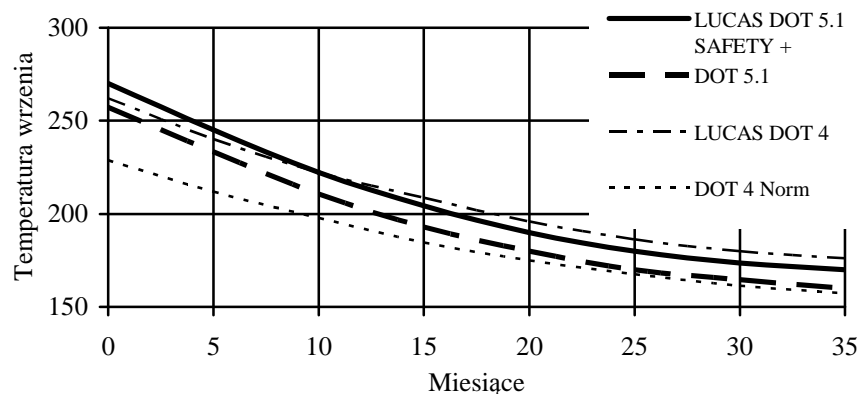


Rys. 1. Zależność temperatury wrzenia od zawartości wody dla różnych klas płynów [2]



Rys. 2. Zależność temperatury wrzenia dla różnych klas płynów od zawartości wody, badania własne

Aby zapewnić bezpieczeństwo eksploatacji można badać zawartość wody w płynie i szacować temperaturę wrzenia np. wg tab. 2, a po przekroczeniu wartości granicznej płyn wymieniać. Można również stosować bardziej zaawansowane urządzenia pozwalające zmierzyć temperaturę wrzenia w sposób bezpośredni. Najprostszym sposobem jest wymiana płynu po określonym czasie eksploatacji, po którym w sposób pośredni można szacować temperaturę wrzenia. Pomocnym jest wykres przedstawiony poniżej.



Rys. 3. Zależność temperatury wrzenia płynu w funkcji czasu użytkowania [5]

Analizując rys. 3 warto wskazać na pewne ryzyko jakie wiąże się z oceną zdatości płynu hamulcowego w oparciu o okres jego użytkowania, gdyż znaczny spadek temperatury wrzenia może wystąpić nawet po bardzo krótkim okresie użytkowania. Jak wskazują autorzy [7] do obniżenia się temperatury wrzenia płynu hamulcowego może dojść np. na skutek nieszczelności w układzie hamulcowym, bądź też niedokładnego zakręcenia zbiorniczka wyrównawczego lub pojemnika, w którym płyn jest przechowywany. Badania te wykazały także, iż po 10 dobach bezpośredniego kontaktu płynu z powietrzem atmosferycznym temperatura wrzenia dla wszystkich badanych płynów wynosiła 103 – 105°C, co stwarza zagrożenie dla bezpieczeństwa eksploatacji układów hamulcowych. Autorzy stwierdzili także, iż wraz ze wzrostem wieku pojazdu stopień zawodnienia płynów w zaciskach kół jest większy niż w zbiorniku wyrównawczym. Przeciwnie jest w pojazdach nowszych dopóki stan układu nie wymaga naprawy. Wtedy bowiem zwiększone zawodnienie w zbiorniku wyrównawczym jest tłumaczone koniecznością stosowania w nim kanalików mających na celu wyrównywanie ciśnienia z atmosferycznym.

Jeżeli weźmie się pod uwagę obciążenia termiczne układów hamulcowych we współczesnych pojazdach samochodowych i porówna się z możliwym obniżeniem własności eksploatacyjnych płynów w postaci obniżenia temperatury wrzenia³⁾, uzasadnionym wydaje się być rozważenie możliwości diagnozowania tej cieczy w systemach diagnostyki pokładowej.

3. BADANIA ZALEŻNOŚCI PRZEWODNICTWA ELEKTRYCZNEGO PŁYNÓW OD STOPNIA ICH ZAWODNIENIA – MOŻLIWOŚĆ ZASTOSOWANIA W DIAGNOSTYCE POKŁADOWEJ

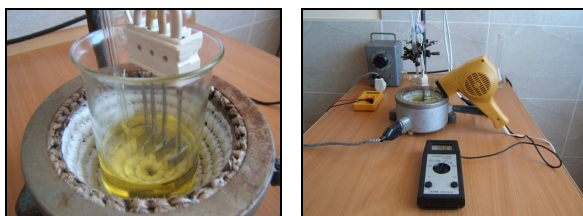
W celu zbadania możliwości udoskonalenia diagnostyki płynów hamulcowych w zakresie oceny zaistnienia ryzyka utraty zdolności hamowania, autor przeprowadził

³⁾ Według badań Organika S.A. w 1996 r. 56% pojazdów użytkowanych na polskich drogach miało płyn hamulcowy, którego temperatura korka parowego była mniejsza niż 155°C, a zatem nie nadający się do eksploatacji [6]. Nie natrafiono na nowsze wyniki badań.

badania przewodności płynów hamulcowych w funkcji temperatury i określił temperaturę, przy której pojawiają się pęcherzyki gazu oraz dochodzi do wrzenia cieczy w pełnej objętości. Pojęciem *pierwszego stopnia korka parowego* określono temperaturę, przy której zaczynały się pojawiać pęcherze gazu. *Drugi stopień korka parowego* zaczynał się wówczas gdy drobne pęcherzyki gazu wypełniały zdecydowaną objętość badanej próbki płynu, a pojęciem *wrzenia* określono pełne intensywne gotowanie się cieczy.

Do badania wykorzystano przewodnościomierz elektroniczny *Conductivity meter HI 8033* firmy *HANNA instruments*. Do współpracy z tym miernikiem zaprojektowano specjalną sondę, gdyż oryginalna nie pozwalała na pomiar temperatur wyższych niż 80°C. Sonda składała się z czterech końcówek wykonanych z blachy stalowej, nierdzewnej. W celu adaptacji sondy do wskazań przyrządu wyposażonego w sondę oryginalną, wyznaczono stałą sondy ($k = 1/20$), przez którą została przemnożona każda wartość odczytanej przewodności w [$\mu\text{S}/\text{cm}$].

Poniżej przedstawiono fotografie stanowiska pomiarowego.

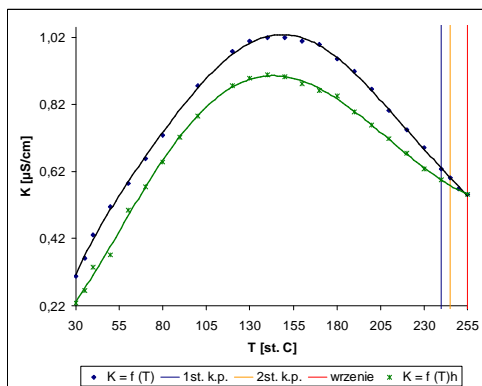


Fot. 1 i 2. Sonda i stanowisko badawcze

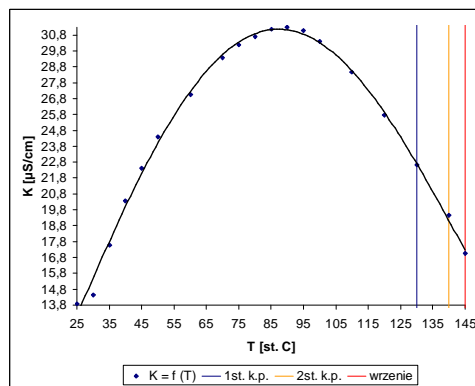
Każda z próbek płynu (takiej samej objętości), po dodaniu określonej objętości wody, zostawała niezwłocznie podgrzewana (w stosunkowo krótkim czasie), przy czym odczytu temperatury dokonywano termometrem laboratoryjnym z dokładnością 1°C. Sonda była zanurzona na stałej głębokości. Przebadano płyny klasy DOT-3 DOT-4 i DOT-5.1 zwiększając zawartość wody o 1% aż do zawartości 5%. Dla porównania przebadano również płyn R-3 nie objęty normą PN.

Wykonano pomiary 24 próbek. Zaobserwowano, że przewodność płynów hamulcowych bardzo silnie się zmienia w zależności od ich klasy i zawartości wody. Przykładowo dla płynu klasy DOT-4 zmieniała się ona dla wartości maksymalnych ok. 30 krotnie (w stosunku do płynu niezawodnionego), co pokazano na rys. 4 i 5. Zwiększenie zawartości wody z 4% do 5% nie zmieniło już istotnie wartości przewodnictwa płynu klasy DOT-4. Dla płynu klasy DOT-5.1. różnice dla tych samych parametrów zawartości wody sięgały nawet ponad 230 krotności wartości przewodnictwa, rys. 6 i 7.

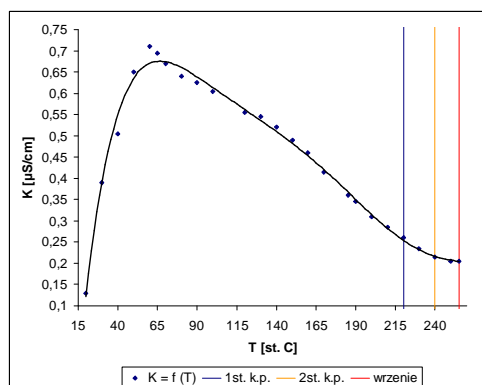
Pionowe linie na wykresach określają opisane powyżej temperatury korków parowych i wrzenia.



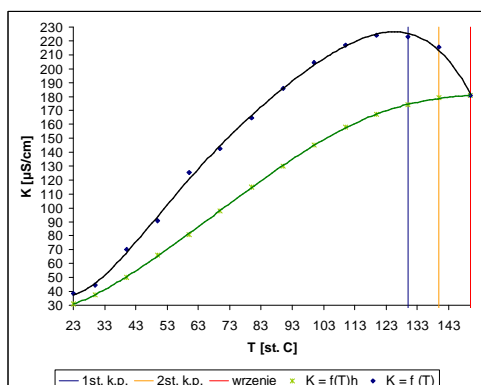
Rys. 4. Zależność przewodnictwa płynu DOT-4 dla 0% zawartości wody w funkcji temperatury, również w czasie stygnięcia



Rys. 5. Zależność przewodnictwa płynu DOT-4 dla 4% zawartości wody w funkcji temperatury



Rys. 6. Zależność przewodnictwa płynu DOT-5.1 dla 0% zawartości wody w funkcji temperatury

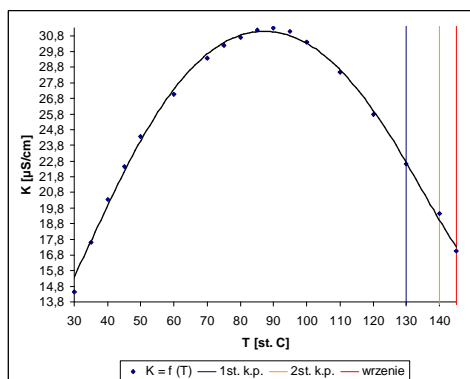


Rys. 7. Zależność przewodnictwa płynu DOT-5.1 dla 5% zawartości wody w funkcji temperatury, również w czasie stygnięcia

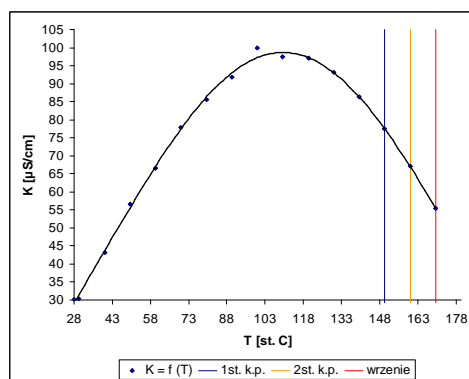
Przewodność kilku z próbek była badana także w czasie ich stygnięcia, co pozwalało na zaobserwowanie, że ich charakterystyki przebiegały inaczej niż w czasie podgrzewania. Przykładowe charakterystyki zamieszczono na rys. 4 i 7. Warto zwrócić uwagę, że dla płynu niezawodnionego różnica w przewodnictwie podczas stygnięcia była mniejsza niż dla płynu zawodnionego. Mogło to wynikać z odparowania części wody w fazie nagrzewania płynu.

Zmiana przewodnictwa płynu klasy DOT-5.1 była tak duża, że dla wartości maksymalnych pomimo mniejszej zawartości wody i tak około trzykrotnie przekraczała przewodnictwo płynu klasy DOT-4, rys. 8 i 9. Mimo, że płyny niezawodnione obu tych klas nie różnią się istotnie wartością przewodnictwa, rys. 4 i 6, to można stwierdzić, że płyn klasy DOT-5.1,

charakteryzuje się znacznie wyższą wrażliwością przewodnictwa na zawartość wody. Jest to cecha korzystna z punktu widzenia diagnostyki za pomocą pomiaru własności elektrycznych płynu.

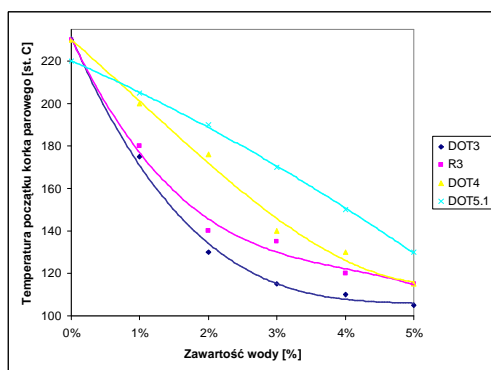


Rys. 8. Zależność przewodnictwa płynu DOT-4 dla 5% zawartości wody w funkcji temperatury

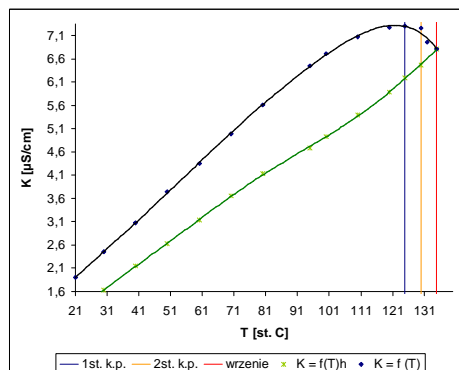


Rys. 9. Zależność przewodnictwa płynu DOT-5.1 dla 4% zawartości wody w funkcji temperatury

Najmniej wrażliwym płynem okazał się płyn klasy DOT-3, którego przewodnictwo dla 5% zawartości wody zwiększyło się około 3-krotnie w stosunku do płynu niezawodnionego, rys.11.



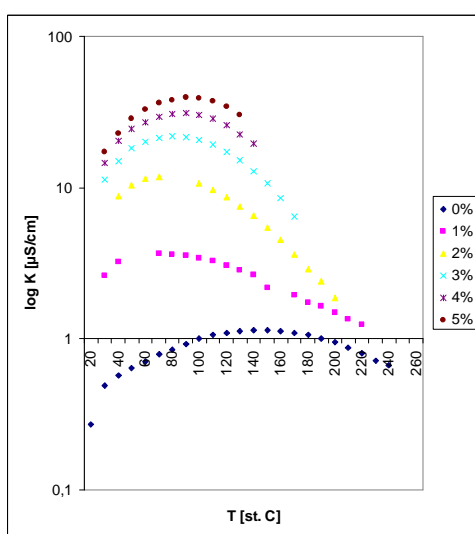
Rys. 10. Temperatura początku korka parowego (1 st. k. p.) w zależności od zawartości wody i rodzaju płynu



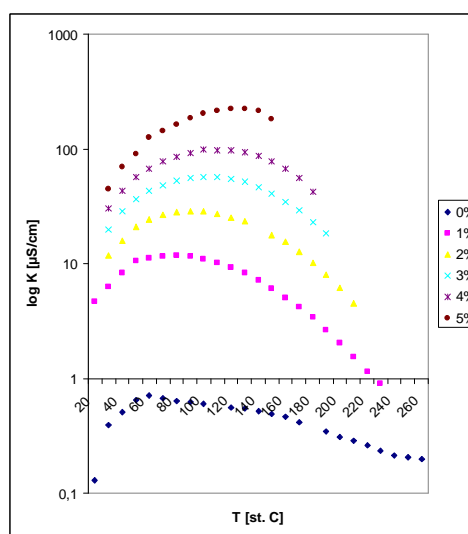
Rys. 11. Zależność przewodnictwa płynu DOT-3 dla 4% zawartości wody w funkcji temperatury. Maksymalne przewodnictwo dla płynu niezawodnionego wynosiło ok. 2,4 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Na rys. 10 można zauważyć, że dla płynu klasy DOT-5.1 charakterystyka początku korka parowego jest zbliżona do liniowej oraz, że pierwsze pojedyncze pęcherzyki powietrza pojawiały się wcześniej niż w płynach innych klas, jednak wrzenie płynu występowało przy najwyższej temperaturze (rys. 2). Płyn ten, odmiennie niż pozostałe, charakteryzował się zdecydowanie mniejszym spadkiem temperatury wrzenia wraz ze wzrastającym stopniem zawadnienia.

Poniżej przedstawiono charakterystyki zbiorcze najpopularniejszych płynów DOT-4 i DOT-5.1. Z uwagi na dużą rozpiętość wartości zmierzonego przewodnictwa zastosowano skalę logarytmiczną.



Rys. 12. Zależność przewodnictwa płynu DOT-4 dla różnych zawartości wody w funkcji temperatury



Rys. 13. Zależność przewodnictwa płynu DOT-5.1 dla różnych zawartości wody w funkcji temperatury

Analiza powyższych wykresów wskazuje, że wartości przewodności płynów hamulcowych w zależności od ich klasy oraz zawartości wody zmieniają się w bardzo szerokim zakresie. Każda z krzywych przewodności osiąga maksimum, co oznacza, że po przekroczeniu określonej temperatury przewodność płynu spada. Jest to jednoznaczne z tym, że zanim dojdzie do powstania korka parowego każda z próbek osiąga identyczne przewodnictwo dwa razy. Punkty przegięcia krzywych przewodności znajdują się w temperaturach nie mniejszych niż ok. 60 i 70°C (płyny DOT-4 dla 1% i DOT-5.1 dla 0% zawartości wody). Jeśli więc bada się przewodność płynów w warunkach diagnostyki warsztatowej, to wnioskowanie o stopniu zawadnienia płynu na podstawie pomiaru przewodności jest możliwe, z racji niewysokich temperatur próbek, najczęściej pobieranych ze zbiorniczka wyrównawczego. Gdyby natomiast takiego samego pomiaru dokonać np. w zacisku hamującego pojazdu, w którym temperatura płynu może znacznie przekraczać 60°C, to wraz z jej dalszym wzrostem wartość pomiaru przewodności powtórzy się. W związku z powyższym należy stwierdzić, iż sam pomiar przewodności płynu, w warunkach

diagnostyki pokładowej, jest niewystarczający do wnioskowania o stopniu zawodnienia, a także o temperaturze korka parowego dla danej próbki. Możliwość taka pojawiłaby się wówczas gdyby jednocześnie prowadzono pomiar temperatury płynu, gdyż pozwalałby na zorientowanie się w jakim miejscu charakterystyki się znajdujemy. Układ diagnostyki, bez czujnika temperatury nie miałby informacji czy wzrost przewodnictwa wynika ze wzrostu temperatury, czy może temperatura utrzymuje się na stałym poziomie, a wzrosło zawodnienie.

Ponieważ ideą badań było rozważenie możliwości nadzorowania stanu płynu hamulcowego w systemie diagnostyki pokładowej w oparciu o mierzoną przewodność elektryczną i temperaturę, należy stwierdzić, że taka procedura kontrolna mogłaby zostać zrealizowana pod warunkiem stosowania płynu określonej klasy i danego producenta. Kolejną niedogodnością byłoby zaprojektowanie odpowiedniej sondy konduktometrycznej oraz czujnika temperatury i zamontowanie tych elementów w zacisku hamulcowym w miejscu mającym kontakt z płynem, a także zaprogramowanie charakterystyk płynów w dodatkowym module sterującym. To podniosłoby koszty wdrożenia takiego systemu diagnostyki pokładowej. Niewątpliwie tańszym rozwiązaniem byłoby zastosowanie powyższego rozwiązania w zbiorniczku wyrównawczym, jednak nie uwzględniałoby ono obciążeń cieplnych, a także różnic stopnia zawodnienia pomiędzy płynem w zbiorniczku a tym w zaciskach hamulcowych, które może sięgać nawet 400% [5].

4. WNIOSKI

1. Przewodność elektryczna płynów hamulcowych jest silnie uzależniona od temperatury; początkowo gwałtownie rośnie, a po osiągnięciu maksimum maleje.
2. Wraz ze wzrastającym zawodnieniem płynu hamulcowego silnie wzrasta jego przewodność elektryczna.
3. Im wyższa klasa płynu hamulcowego tym silniej zmienia się jego przewodność w funkcji temperatury i zawartości wody.
4. Możliwość diagnostyki płynu hamulcowego w zacisku hamulców kół za pomocą systemu diagnostyki pokładowej, jest możliwa poprzez badanie przewodności elektrycznej płynu, pod warunkiem, że równolegle prowadzony byłby pomiar temperatury.
5. Obecne metody badania płynu hamulcowego polegające na pobraniu próbki bezpośrednio ze zbiorniczka wyrównawczego nie uwzględniają różnic zawodnienia płynu pomiędzy zaciskami i cylinderkami poszczególnych kół, a także obciążeń termicznych współczesnych układów hamulcowych.
6. Zdaniem autora warto rozważyć metodę diagnozowania układu hamulcowego w ruchu podczas normalnej eksploatacji za pomocą systemu diagnostyki pokładowej. System ten spełniać może funkcje takie jak:
 - wyznaczenie obciążenia termicznego cieczy hamulcowej,
 - określenie stopnia zawodnienia płynu hamulcowego z uwzględnieniem zacisków hamulcowych każdego koła z osobna,
 - zminimalizowanie ryzyka korozji siłownika hydraulicznego, gdyż wzrasta ono wraz z zawartością wody,
 - uwzględnienie zużywania się okładzin ciernych, co powoduje zwiększoną migrację ciepła do cieczy technicznej,

- możliwość diagnozy i wczesnego wykrycia przyblokowanej pary trącej,
 - informowanie kierowcy o przeciążeniu termicznym układu hamulcowego,
7. Należy rozważyć stosowanie diagnostyki płynu hamulcowego, w czasie rzeczywistym, w innych układach hydraulicznych, w których istnieje narażenie tej cieczy technicznej na działanie wysokich temperatur.

5. BIBLIOGRAFIA

- [1] Bocheński C.: *Badania kontrolne samochodów*, WKŁ 2000.
- [2] Ścieszka S.F.: *Udar cieplny w mikro i mikroobszarach elementów hamulców*, Biuletyn ZUT „Zgoda” Świętochłowice nr 4(54), 1973.
- [3] Lee K.: *Numerical Prediction of Brake Fluid Temperature Rise During Braking and Heat Soaking*, SAE Technical Paper Series 1999.
- [4] Wrzeński T.: *Hamowanie pojazdów samochodowych*, WKŁ, Warszawa 1978.
- [5] Trzeciak K.: *Diagnostyka samochodów osobowych*, WKiŁ 2005.
- [6] Myszkowski S.: *Ocena przydatności płynu hamulcowego - Studio Konstrukcyjno-Konsultacyjne*, Smolec k. Wrocławia 2005.
- [7] Gajek A., Woś A.: *Problemy Eksploatacji Płynów Hamulcowych*, Materiały VII Konferencji Hamulcowej, Instytut Politechniki Łódzkiej, Łódź 2004,.
- [8] Demers J. R.: *Development of The Fade Stop Brake Cooler*; June 2005, http://www.fourproducts.com/Images/Development_of_the_FSBC.pdf
- [9] Polska Norma, PN-C-40005 sierpień 2002: *Płyny hamulcowe do pojazdów silnikowych*.