



Badania charakterystyk hydraulicznych filtrów płynu ATF automatycznych skrzyń biegów (ASB)

TADEUSZ DZIUBAK, PAWEŁ SZCZEPANIAK

Wojskowa Akademia Techniczna, Wydział Mechaniczny, Instytut Pojazdów Mechanicznych i Transportu, 00-908 Warszawa, ul. gen. S. Kaliskiego 2, tdziubak@wat.edu.pl

Streszczenie. Omówiono potencjalny wpływ charakterystyki hydraulicznej filtra na pracę pompy hydraulicznej ASB. Przedstawiono projekt stanowiska do badania charakterystyk hydraulicznych filtrów płynów ATF stosowanych w automatycznych skrzyniach biegów, skonstruowanego w oparciu o normę SAE J2312. Przedstawiono metodykę badań charakterystyk hydraulicznych filtrów płynu ATF stosowanych w ASB. Zaprezentowano wyniki badań charakterystyk hydraulicznych $\Delta p = f(Q_V)$ filtrów z dwoma rodzajami materiałów filtracyjnych (siatki metalowej i włókniny filtracyjnej) w dwóch stanach technicznych: na początku eksploatacji i po przebiegu eksploatacyjnym.

Słowa kluczowe: ASB — automatyczna skrzynia biegów, płyn ATF, filtr płynu ATF, charakterystyka hydrauliczna

DOI: 10.5604/12345865.1131534

1. Wstęp

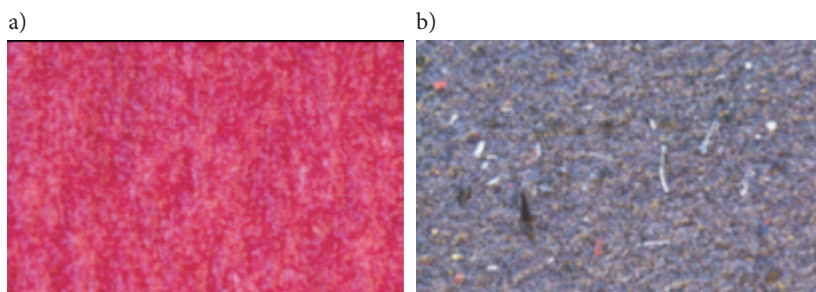
Podczas użytkowania ASB wyposażonej w układ hydrauliczny ciecz robocza (płyn ATF) podlega procesom starzenia, obejmującym jej utlenianie, rozkład termiczny, zanieczyszczanie produktami zużycia części oraz zanieczyszczanie substancjami przedostającymi się do cieczy roboczej z zewnątrz. Zanieczyszczenia powodują zmianę właściwości cieczy roboczej, pogarszają właściwości smarne i intensyfikują zużywanie tribologiczne oraz korozyjne elementów hydraulicznego układu sterowania ASB [5]. Przyczyną około 75% wszystkich awarii układów hydraulicznych są zanieczyszczenia płynów hydraulicznych [1]. Bardzo często zdarzają się przypadki uszkodzenia ASB tuż po obsłudze polegającym na wymianie płynu ATF, ale bez wymiany filtra ssawnego układu hydraulicznego. Spowodowane jest to tym, że świeży płyn ATF

zawierający dodatki myjące rozpuszcza produkty zużycia elementów ASB zgromadzone na przegrodzie filtracyjnej, ułatwiając im przenikanie do układu hydraulicznego. Zanieczyszczony filtr ssawny układu hydraulicznego ASB obniża wydajność pompy, co skutkuje obniżeniem ciśnienia zasilania siłowników hydraulicznych [14]. Funkcję oczyszczania płynu ATF w ASB spełnia filtr przegrodowy zainstalowany w przewodzie ssawnym pompy. Eksploatatorowi współczesnego pojazdu mechanicznego wyposażonego w ASB niezbędna jest wiedza z zakresu warunków pracy filtrów ssawnych płynu ATF i ich wpływu na pracę ASB. Istotna jest również wiedza o wpływie zanieczyszczeń na zużycie elementów ASB, a także znajomość podstawowych charakterystyk filtrów. Jedną z nich jest charakterystyka hydrauliczna $\Delta p = f(Q_V)$. W dostępnej literaturze brakuje informacji dotyczących charakterystyk hydraulicznych filtrów ssawnych płynów ATF w ASB z zastosowanymi różnymi typami materiałów filtracyjnych. Dlatego też celem pracy było określenie tych charakterystyk. Brakuje także konkretnych informacji opisujących zmiany charakterystyk hydraulicznych $\Delta p = f(Q_V)$ w zależności od stanu technicznego filtra (przebiegu eksploatacyjnego).

2. Wpływ charakterystyki hydraulicznej filtra na pracę pompy hydraulicznej ASB

Jedną z podstawowych charakterystyk filtrów ssawnych jest charakterystyka hydrauliczna $\Delta p = f(Q_V)$, gdzie opór przepływu Δp określony jest podciśnieniem płynu ATF mierzonym w przewodzie ssawnym pompy za filtrem płynu ATF. Podstawową funkcją filtrów płynów ATF jest zapewnienie odpowiedniej czystości płynu ATF, a więc i układu hydraulicznego ASB przy zachowaniu minimalnego oporu przepływu filtra. Dla teoretycznego filtra idealnego opór przepływu filtra wynosi 0 kPa, a skuteczność filtracji jest równa 100% dla rozmiaru zanieczyszczeń $d_z > 1 \mu\text{m}$, gdyż cząstki o tak małych rozmiarach powstają w płynie ATF podczas eksploatacji ASB [7]. W warunkach rzeczywistych uzyskanie idealnego oporu przepływu nie jest możliwe. Konstrukcje filtrów wynikają z kompromisu pomiędzy oporem przepływu przez filtr a skutecznością filtracji. Montując filtr na przewodzie ssawnym pompy samozasysającej (bez ciśnieniowania wstępnego zbiornika), opory przepływu stawiane przez element filtrujący nie powinny być większe niż 10÷20 kPa dla maksymalnego strumienia eksploatacyjnego [6]. Jest to bardzo trudne do uzyskania — nawet umiarkowane zanieczyszczenie przegrody odsączającej powoduje, że opory przepływu filtra mogą zwiększyć się w stopniu uniemożliwiającym zasysanie cieczy do pompy [5]. Na rysunku 1a przedstawiono czystą włókninę filtracyjną filtra układu hydraulicznego ASB, natomiast włókninę filtra po okresie eksploatacji przedstawiono na rysunku 1b.

Powierzchnia włókniny jest bardzo zanieczyszczona produktami zużycia części metalowych, ponadto drobne cząsteczki zanieczyszczeń powbijanych we włókninę



Rys. 1. Włóknina filtracyjna filtra płynu ATF: a) bez przebiegu; b) zanieczyszczonego eksploatacyjnie [14]

spowodowały zmianę koloru materiału. Zamontowanie filtra na przewodzie ssawnym pompy hydraulicznej może być przyczyną powstawania zjawiska kawitacji.

Zjawisko kawitacji jest niepożądane z punktu widzenia trwałości pompy hydraulicznej, gdyż jest to element szczególnie na nią wrażliwy. Kawitacja to miejscowe wydzielenie pary cieczy (wrzenie) z kolejną kondensacją wydzielonych pęcherzyków pary, którym towarzyszą uderzenia hydrauliczne. Występowanie zjawiska kawitacji zależy również od właściwości samego czynnika roboczego pracującego w instalacji hydraulicznej. Parametrem charakteryzującym właściwości antykawitacyjne płynu hydraulicznego jest prężność (ciśnienie) pary nasyconej. Kawitacja powoduje erozję powierzchni części pompy hydraulicznej [2, 3]. Produkty erozji części metalowych pompy wraz z płynem ATF są przenoszone do kolejnych obszarów instalacji hydraulicznej ASB już bez filtrowania. Z chwilą pojawienia się kawitacji wydajność Q_p pompy maleje, powstaje charakterystyczny szum, ciecz burzy się oraz obserwuje się nagłe wahania ciśnienia w linii tłoczenia oraz drgania [2-4]. Występowanie zjawiska kawitacji może być wynikiem: nieprawidłowego doboru filtra ssawnego do układu hydraulicznego, zastosowanie przez producenta materiału filtracyjnego o zbyt dużym oporze przepływu, zbyt małej powierzchni czynnej materiału filtracyjnego, nadmiernego zanieczyszczenia przegrody filtracyjnej, czego skutkiem są jeszcze większe opory przepływu. Zachowanie wydajności pompy hydraulicznej na określonym poziomie jest nie bez znaczenia dla prawidłowego chłodzenia i smarowania elementów ASB, gdyż płyn ATF pełni również funkcję czynnika chłodzącego i smarującego [6, 9]. Z doświadczeń eksploatacyjnych wynika, że zdarzają się awarie pomp układów hydraulicznych ASB [9-11]. Spotyka się nadmierne zużycie, porysowane elementy wirnika, zniszczone łożyskowanie ślizgowe oraz całkowite „zespawanie” wirnika z obudową [10]. Przyczyny tych niesprawności nie są jednoznacznie określone. Specjalistyczne warsztaty dysponujące odpowiednimi metodykami (opartymi na normie — SAE J2311 *Automatic Transmission Hydraulic Pump Test Procedure*) oraz stanowiskami badawczymi badają osiągi pomp i ewentualnie poddają je regeneracji [11]. Z punktu widzenia eksploatacji ASB istotne jest, by filtr płynu ATF nie powodował zbyt dużych oporów

ssania na wlocie do pompy hydraulicznej i jednocześnie zapewniał odpowiednią skuteczność i dokładność filtracji.

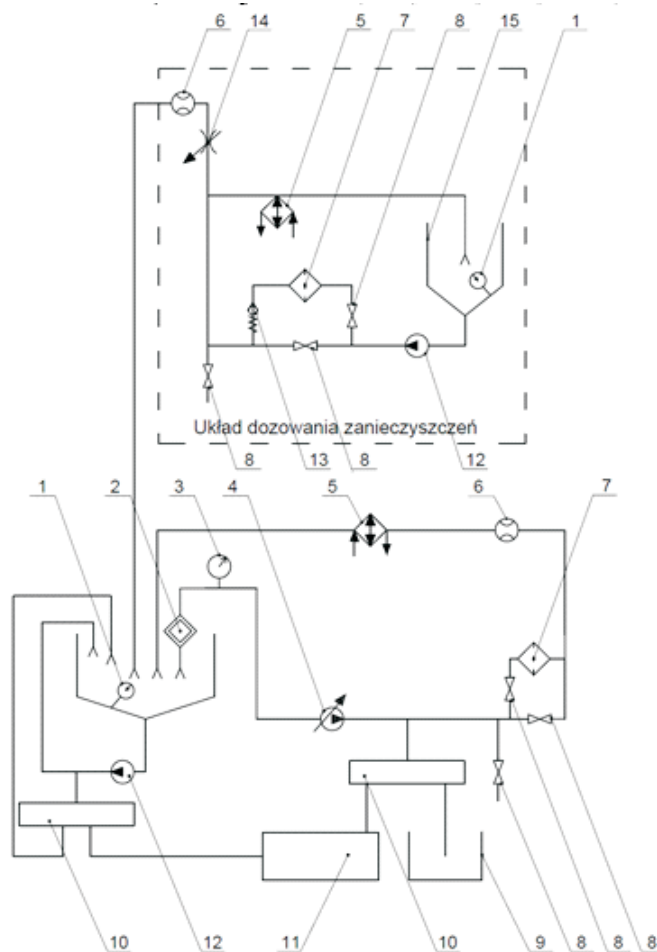
3. Metodyka badań charakterystyk hydraulicznych filtrów płynów ATF

Schemat funkcjonalny stanowiska do badań charakterystyk hydraulicznych i filtracyjnych filtrów ssawnych ASB zgodny z normą (SAE J2312: *Automatic Transmission Intake Filter Test Procedure*) przedstawiono na rysunku 2.

Do wykonywania charakterystyk hydraulicznych filtrów płynów eksploatacyjnych zaprojektowano, w oparciu o normę, własne stanowisko, którego schemat funkcjonalny przedstawiono na rysunku 3. Opracowano również metodykę badań. Zaprojektowane stanowisko do badań charakterystyk hydraulicznych filtrów ssawnych ASB jest oryginalne konstrukcyjnie.

Źródłem energii hydraulicznej jest wyporowa pompa zębata o stałej wydajności (7) napędzana trójfazowym silnikiem elektrycznym prądu przemiennego, sprzężonym z przetwornicą częstotliwości. Napęd pompy hydraulicznej realizowany jest przez przekładnię pasową. Zespół podgrzewania i stabilizacji temperatury płynu ATF (4) podzielony jest funkcjonalnie na: zasadniczy zespół podgrzewania (składający się z dwóch grzałek płytowych charakteryzujących się dużą bezwładnością), zespół dogrzewający — w postaci jednej grzałki oporowej o małej bezwładności, która umożliwia szybkie podgrzanie płynu ATF do wymaganej temperatury. Pojemność zbiornika płynu ATF (około 30 dm³) została tak dobrana, aby była możliwość stabilnego utrzymywania temperatury płynu. Płyn ATF w układzie badawczym mieszany jest w celu zachowania jednakowej jego temperatury w całej objętości za pomocą pompy (7), poprzez jej naturalny obieg w układzie hydraulicznym stanowiska. W stanowisku badawczym zamontowano dwa czujniki do pomiaru temperatury płynu ATF. Jeden czujnik (2) zainstalowano w zbiorniku płynu ATF, drugi bezpośrednio w strumieniu płynu ATF za filtrem (5).

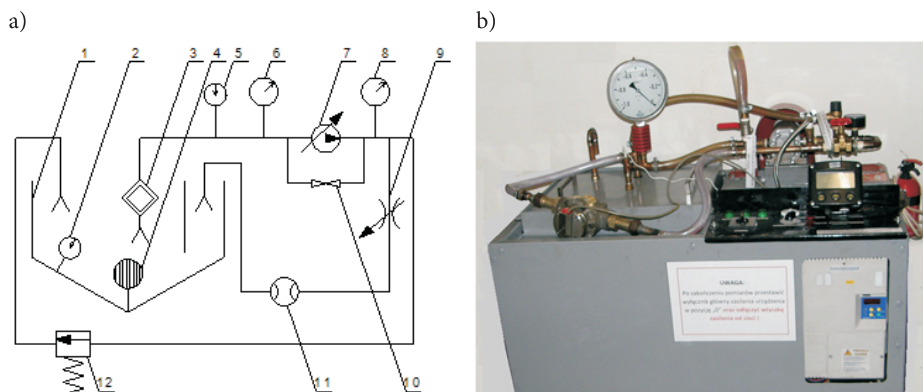
Opór przepływu Δp filtru mierzony jest za pomocą wakuometru laboratoryjnego o zakresie pomiarowym $-0,1 \div 0$ MPa i pierwszej klasie dokładności (6). Wielkość strumienia płynu ATF jest regulowana przy stałej prędkości obrotowej silnika napędowego pompy hydraulicznej za pomocą zaworu regulacyjnego obejściowego (10). Część płynu ATF krąży w obiegu pompy hydraulicznej oraz zaworu regulacyjnego w postaci zasuwy hydraulicznej (9), który daje możliwość całkowitego zdławienia przepływu płynu ATF do otwarcia zaworu bezpieczeństwa (12) przy ciśnieniu w linii tłoczenia 0,8 MPa. Do kontroli ciśnienia w linii tłoczenia zastosowano manometr o zakresie pomiarowym $0 \div 1$ MPa i drugiej klasie dokładności (8). Stanowisko wyposażono w przepływomierz owalno-kołowy (11) wraz z licznikiem impulsów do pomiaru wielkości strumienia płynu ATF o zakresie



Rys. 2. Schemat funkcjonalny stanowiska do badania charakterystyk hydraulicznych i filtracyjnych filtrów ssawnych płynu ATF ASB zgodnie z normą SAE J2312: 1 — czujnik temperatury płynu ATF w zbiorniku, 2 — badany filtr, 3 — wakuometr laboratoryjny, 4 — pompa hydrauliczna z regulowanym strumieniem, 5 — wymiennik ciepła, 6 — przepływomierz, 7 — filtr technologiczny, 8 — zawór odcinający, 9 — zbiornik zużytego płynu ATF, 10 — czujnik cząstek, 11 — automatyczny licznik cząstek, 12 — pompa hydrauliczna mieszająca, 13 — zawór jednokierunkowy ciśnieniowy, 14 — zawór regulacji strumienia płynu ATF, 15 — zbiornik płynu ATF z zanieczyszczeniami testowymi [8]

pomiarowym $5 \div 60 \text{ dm}^3/\text{min}$ i pierwszej klasie dokładności. W zestaw przepływomierza wchodzi również pulpit sterowania umożliwiający zmiany nastaw i parametrów w zależności od zakresu pomiarowego strumienia badawczego płynu ATF oraz użytego czujnika przepływu. Zbudowane stanowisko stanowi integralną całość. Płynem testowym zastosowanym do badań jest najpopularniejszy płyn ATF o specyfikacji Dexron IID/III na bazie mineralnej, krajowego producenta.

Norma SAE J2312 przewiduje badanie filtrów nowych i zanieczyszczonych pyłami testowymi. Według normy SAE J2312 do badań charakterystyki hydraulicznej filtra zaleca się stosowanie płynów ATF zgodnych z specyfikacjami producentów danej ASB. Do badań charakterystyk filtracyjnych norma SAE J2312 narzuca stosowanie płynu hydraulicznego zgodnego z normą MIL H 5606 G (alternatywnie ISO 16889), natomiast nie dopuszcza stosowania płynów ATF.



Rys. 3. Stanowisko badawcze: a) schemat funkcjonalny, b) widok ogólny: 1 — zbiornik płynu ATF, 2 — czujnik temperatury płynu ATF, 3 — badany filtr, 4 — zespół podgrzewania płynu ATF, 5 — czujnik temperatury płynu ATF w przewodzie, 6 — wakuometr laboratoryjny, 7 — pompa hydrauliczna, 8 — manometr, 9 — zawór regulacji strumienia, 10 — zawór regulacyjny obejściowy (by-pass), 11 — przepływomierz owalno-kołowy, 12 — zawór bezpieczeństwa

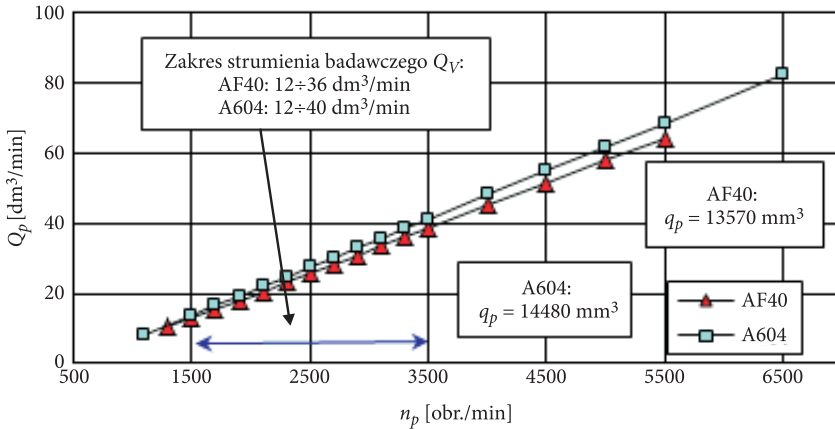
Metodologia badań charakterystyki hydraulicznej $\Delta p = f(Q_V)$ filtra ssawnego została oparta o normę SAE J2312. Wartość temperatury płynu ATF podczas badań charakterystyk hydraulicznych jest taka jak podczas oznaczania lepkości, czyli 40°C i 100°C . Należy pamiętać, że opór przepływu filtra płynu ATF jest związany z lepkością, a prężność pary nasyconej płynu ATF i lepkość są funkcjami temperatury płynu ATF. Wraz ze wzrostem temperatury płynu ATF lepkość kinematyczna maleje, a prężność pary nasyconej rośnie, więc opór przepływu filtra zmniejsza się, a odporność cieczy na kawitację się zwiększa.

Zgodnie z normą SAE J2312 charakterystyki hydrauliczne $\Delta p = f(Q_V)$ filtrów ssawnych płynu ATF stosowanych w ASB, wykonuje się w zakresie strumienia badawczego $Q_V = 8 \div 40 \text{ dm}^3/\text{min}$.

Na rysunku 4 przedstawiono charakterystyki prędkościowe $Q_p = f(n_p)$ pomp hydraulicznych automatycznych skrzyń biegów AF 40 i A604 uzyskane na podstawie pomiarów wielkości geometrycznych oraz obliczeń [24].

W eksploatacji ASB występują większe wartości strumienia płynu ATF, ale działają krótkotrwale na przegrodę filtracyjną. Zakres stabilnego strumienia oddziałującego długotrwale na przegrody filtracyjne badanych filtrów podczas jazdy eksploatacyjnej

wynosi $12 \div 36 \text{ dm}^3/\text{min}$ (AF40) i $12 \div 40 \text{ dm}^3/\text{min}$ (A604), a więc dla prędkości obrotowych wirnika pompy hydraulicznej n_p z zakresu $1000 \div 3000 \text{ obr./min}$.

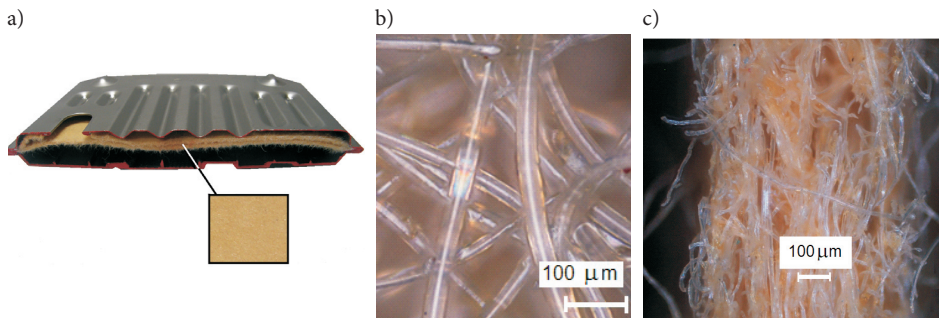


Rys. 4. Teoretyczne charakterystyki prędkościowe $Q_p = f(n_p)$ pomp hydraulicznych automatycznych skrzyń biegów AF 40 i A604 [24]

4. Cel i przedmiot badań eksperymentalnych

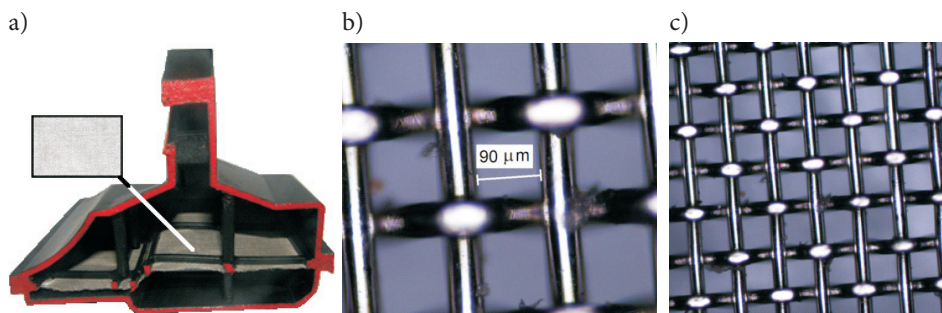
Celem badań było określenie charakterystyk hydraulicznych filtrów ssawnych płynów ATF. Przedmiotem badań były dwa typy filtrów układów hydraulicznych ASB z zastosowanymi dwoma rodzajami materiałów filtracyjnych. Zbadano filtry bez przebiegu eksploatacyjnego i po przebiegu eksploatacyjnym.

Autorzy nie dysponowali specyfikacją materiałów filtracyjnych badanych filtrów, stąd konieczność ich dodatkowej analizy. W filtrze przedstawionym na rysunku 5 wkład filtracyjny złożony jest z dwóch warstw włókniny o praktycznie jednakowej



Rys. 5. Filtr ssawny płynu ATF automatycznej skrzyni biegów AISIN WARNER A604: a) przekrój; b) mikrofotografia przekroju poprzecznego materiału filtracyjnego w powiększeniu $\times 20$; c) mikrofotografia przekroju poprzecznego materiału filtracyjnego w powiększeniu $\times 5$ [19]

gęstości upakowania w całym przekroju poprzecznym. Grubość jednej warstwy wynosi około 1 mm. Analiza mikroskopowa obu materiałów filtracyjnych polegała na pomiarach średnicy włókien, średnicy drutu i wymiaru boku oczka. Średnice włókien filtra ASB A604 zawierają się w zakresie $12 \div 32 \mu\text{m}$. Poddany analizie mikroskopowej oczkowy filtr siatkowy (rys. 6) wykonany jest splotem prostym, płóciennym, o strukturze regularnej, z drutu o poprzecznym przekroju okrągłym i średnicy $45 \mu\text{m}$ oraz oczkach kwadratowych o wymiarze $90 \mu\text{m}$ [19]. Siatka metalowa o splocie płóciennym prostym charakteryzuje się najmniejszym oporem przepływu spośród innych splotów stosowanych do filtracji płynów eksploatacyjnych, największym prześwitem użytecznym ($25 \div 75\%$) i jest najczęściej stosowana [1].



Rys. 6. Filtr ssawny płynu ATF automatycznej skrzyni biegów AISIN WARNER AF40: a) przekrój; b) mikrofotografia powierzchni materiału filtracyjnego w powiększeniu $\times 20$; c) mikrofotografia powierzchni materiału filtracyjnego w powiększeniu $\times 5$ [19]

Oba rodzaje badanych filtrów różnią się znacznie powierzchnią czynną materiału filtracyjnego. Dla filtra siatkowego AF40 pole powierzchni czynnej obejmujące całość materiału, wraz z powierzchnią oczek i drutu, wynosi $A = 115 \text{ cm}^2$. Dla filtra włókninowego A604 pole powierzchni czynnej wynosi $A = 280,5 \text{ cm}^2$, a więc prawie 2,5-krotnie więcej niż pole powierzchni czynnej filtra siatkowego AF40, dla którego strumienie eksploatacyjne płynu ATF przyjmują podobne wartości. Dla obu filtrów obliczono także maksymalną prędkość filtracji $v_{f\text{max}}$ płynu ATF podczas badań z zależności:

$$v_{f\text{max}} = \frac{6 \cdot Q_{V\text{max}}}{A} \text{ [m/s]},$$

gdzie: $Q_{V\text{max}}$ — maksymalny strumień badawczy płynu ATF [dm^3/min];
 A — pole powierzchni czynnej materiału filtracyjnego obejmujące całość materiału [cm^2]

$$\text{dla A604: } v_{f\text{max}} = \frac{6 \cdot 40}{280,5} = 0,86 \text{ [m/s]},$$

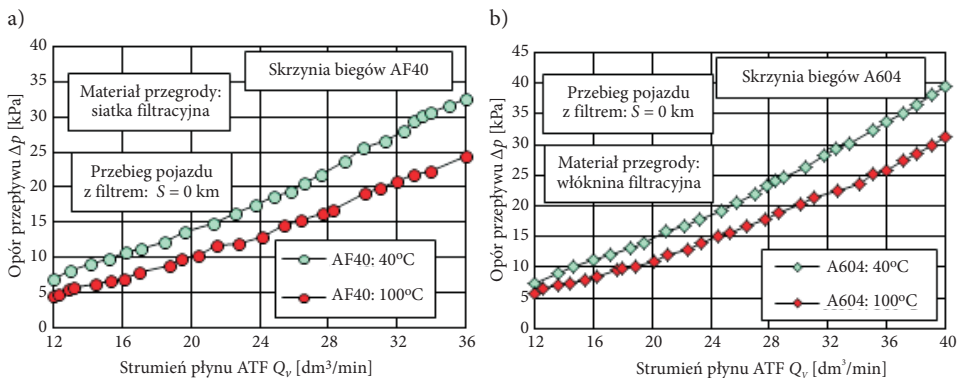
$$\text{dla AF40: } v_{f\text{max}} = \frac{6 \cdot 36}{115} = 1,88 \text{ [m/s]}.$$

Zakres badań eksperymentalnych obejmował wykonanie charakterystyk hydraulicznych $\Delta p = f(Q_V)$ dwóch typów filtrów ASB:

1. Siatkowego AF40
 - bez przebiegu eksploatacyjnego i po przebiegu $S = 131\,289$ km w zakresie strumienia badawczego $Q_V = 12 \div 36$ dm³/min i dla temperatury płynu wynoszącej: $T_p = 40^\circ\text{C}$ i 100°C ,
2. Włókninowego A604
 - bez przebiegu eksploatacyjnego i po przebiegu $S = 121\,219$ km w zakresie strumienia badawczego $Q_V = 12 \div 40$ dm³/min i dla temperatury płynu wynoszącej: $T_p = 40^\circ\text{C}$ i 100°C .

5. Wyniki badań eksperymentalnych

Wyniki badań eksperymentalnych w postaci charakterystyk hydraulicznych $\Delta p = f(Q_V)$ filtrów ASB przedstawiono na rysunkach 7-10.



Rys. 7. Charakterystyki hydrauliczne $\Delta p = f(Q_V)$ filtrów ASB marki AISIN WARNER dla temperatur płynu ATF wynoszących: $T_p = 40^\circ\text{C}$ i $T_p = 100^\circ\text{C}$: a) AF40; b) A604

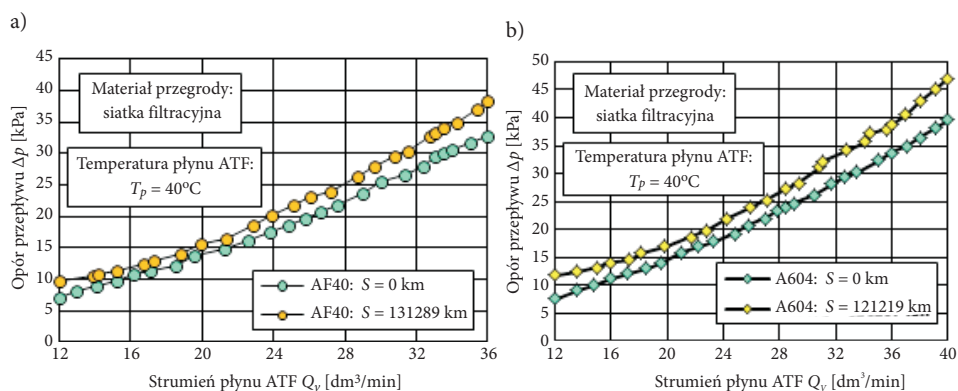
Na podstawie uzyskanych charakterystyk widać, że opór przepływu filtra Δp rośnie wraz ze wzrostem strumienia płynu ATF przepływającego przez filtr. Przy maksymalnym strumieniu płynu ATF $Q_{V\max} = 36$ dm³/min i temperaturze płynu ATF $T_p = 40^\circ\text{C}$ przyjmuje wartość $\Delta p = 32,67$ kPa dla siatkowego filtra ssawnego AF40. Dla włókninowego filtra ssawnego A604 przy $Q_{V\max} = 40$ dm³/min i temperaturze płynu ATF $T_p = 40^\circ\text{C}$ opór przyjmuje wartość $\Delta p = 39,59$ kPa.

Opór przepływu Δp filtra jest również zależny od temperatury płynu ATF. Obniżenie lepkości płynu ATF następuje wraz ze wzrostem jego temperatury. Można więc stwierdzić, że opór przepływu przy założeniu stałości strumienia Q_V jest funkcją lepkości płynu ATF $\Delta p = f(\nu)$. Wraz ze wzrostem temperatury płynu ATF z 40°C do 100°C (a więc spadku jego

lepkości) następuje, w całym zakresie strumienia badawczego Q_V , spadek oporu przepływu filtru ssawnego (czystego — bez przebiegu). Przy maksymalnym strumieniu płynu ATF $Q_{V\max} = 36 \text{ dm}^3/\text{min}$ opór filtra wynosi $\Delta p = 24,33 \text{ kPa}$. Dla siatkowego filtra ssawnego AF40 jest więc o 8,43 kPa (25,5%) mniejszy niż w temperaturze 40°C (rys. 7a). Dla włókninowego filtra ssawnego stosowanego w ASB o oznaczeniu modelowym A604 wzrost temperatury płynu ATF z 40°C do 100°C spowodował, dla strumienia płynu ATF $Q_{V\max} = 40 \text{ dm}^3/\text{min}$, spadek oporu filtra o 8,83 kPa (22,1%) (rys. 7b).

W tych samych temperaturach badano również identyczne filtry AF40 i A604, ale zanieczyszczone — po przebiegu eksploatacyjnym. Znaczne zanieczyszczenie przegród filtracyjnych stwierdzono wizualnie. Dla obu filtrów po przebiegach eksploatacyjnych stwierdzono także znaczne odkształcenie materiału przegrody filtracyjnej, zgodne z kierunkiem przepływu płynu ATF.

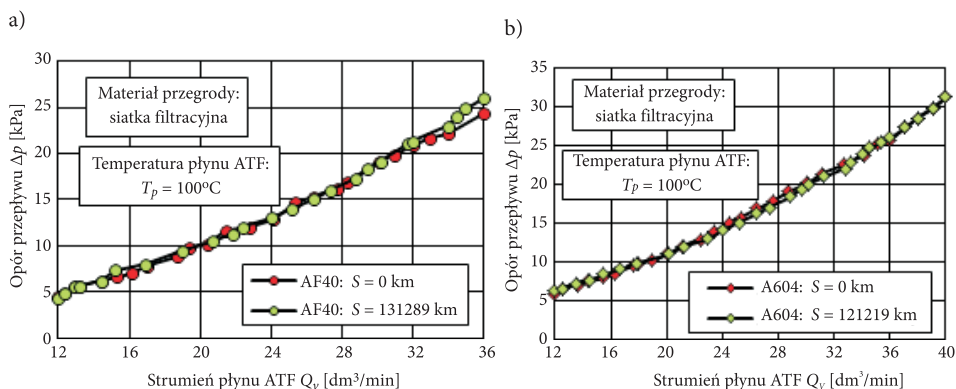
Dla filtra AF40 po przebiegu eksploatacyjnym $S = 131\,289 \text{ km}$ badanego w temperaturze płynu ATF $T_p = 40^\circ\text{C}$ wzrost oporu przepływu względem filtra o przebiegu $S = 0 \text{ km}$ wyniósł 5,83 kPa dla $Q_V = 36 \text{ dm}^3/\text{min}$, a więc 17,85% (rys. 8a). Dla filtra A604 po przebiegu eksploatacyjnym $S = 121\,219 \text{ km}$, badanego w temperaturze płynu ATF $T_p = 40^\circ\text{C}$, wzrost oporu przepływu (dla $Q_V = 40 \text{ dm}^3/\text{min}$) względem filtra o przebiegu $S = 0 \text{ km}$ wyniósł maksymalnie 7,43 kPa (18,77%) (rys. 8b).



Rys. 8. Charakterystyki hydrauliczne $\Delta p = f(Q_V)$ filtrów ASB marki AISIN WARNER dla temperatury płynu ATF $T_p = 40^\circ\text{C}$ i przebiegów eksploatacyjnych filtrów: a) AF40; b) A604

Charakterystyki hydrauliczne $\Delta p = f(Q_V)$ filtrów po przebiegu eksploatacyjnym i bez przebiegu (czysty wkład filtracyjny) wykonane w temperaturze płynu ATF $T_p = 100^\circ\text{C}$ różnią się nieznacznie co do przebiegu i wartości. Wzrost oporu przepływu filtru AF40 po przebiegu eksploatacyjnym $S = 131\,289 \text{ km}$ względem filtra o przebiegu $S = 0 \text{ km}$ wystąpił tylko w zakresie wyższych wartości strumienia płynu i dla $Q_{V\max} = 36 \text{ dm}^3/\text{min}$ wyniósł maksymalnie 1,67 kPa, a więc 6,86% (rys. 9a). Zaobserwowano również, że po badaniu filtr był znacznie mniej zanieczyszczony niż przed badaniem. Świeży płyn ATF o temperaturze $T_p = 100^\circ\text{C}$ i bardzo dobrych

właściwościach myjących rozpuścił aglomeraty zanieczyszczeń na przegrodzie filtracyjnej podczas badania. Były one gromadzone podczas eksploatacji ASB. Część zanieczyszczeń, zwłaszcza metalicznych, opadła grawitacyjnie na dno zbiornika płynu ATF stanowiska badawczego podczas nagrzewania i stabilizacji temperatury. Następnie część zanieczyszczeń podczas przetłaczania płynu ATF przez filtr znowu zatrzymała się na przegrodzie porowatej, zwiększając w mniejszym stopniu opór przepływu Δp . Należy pamiętać, że płyn ATF wskutek eksploatacji traci właściwości myjące oraz zmniejsza się znacznie jego lepkość. Na skutek zwiększonego podciśnienia w linii ssawnej pompy pola powierzchni oczek filtra uległy powiększeniu, co skutkuje mniejszym oporem przepływu Δp filtra. Większe zanieczyszczenia, które osadziły się na powierzchni materiału filtracyjnego, zwiększają opór przepływu. Zmniejszenie oporu przepływu na skutek zwiększenia wymiarów porów kompensuje się ze zwiększeniem oporów na skutek zanieczyszczenia powierzchni materiału filtracyjnego. Uzyskane w ten sposób wyniki dają złudzenie o braku wpływu przebiegu eksploatacyjnego na stan techniczny filtra, czemu zaprzeczają doświadczenia eksploatacyjne.



Rys. 9. Charakterystyki hydrauliczne $\Delta p = f(Q_v)$ filtrów ASB marki AISIN WARNER dla temperatury płynu ATF $T_p = 100^\circ\text{C}$ i przebiegów eksploatacyjnych filtrów: a) AF40; b) A604

Dla filtra A604 po przebiegu eksploatacyjnym $S = 121\,219$ km badanego w temperaturze płynu ATF $T_p = 100^\circ\text{C}$ wzrost oporu przepływu względem filtra o przebiegu $S = 0$ km był nieznaczny (rys. 9b). Rzeczywiste strumienie eksploatacyjne płynu ATF dla obu filtrów mają podobne wartości, mimo to oba filtry różnią się znacznie budową, materiałem przegrody filtracyjnej i polem powierzchni czynnej (więc różne są prędkości filtracji). Mimo różnic w budowie i zastosowanych materiałach uzyskane podczas badań charakterystyki hydrauliczne mają podobne przebiegi.

6. Podsumowanie

Zachowanie oporu przepływu na określonym poziomie zgodnie z wymaganą charakterystyką hydrauliczną jest warunkiem koniecznym dla prawidłowego działania układu hydraulicznego ASB. Maksymalny dopuszczalny opór przepływu Δp dla filtrów ssawnych w układach hydraulicznych powinien wynosić maksymalnie 20 kPa dla temperatury eksploatacyjnej płynu [5]. Wg normy SAE J2312 opór przepływu filtra Δp „całkowicie zanieczyszczonego” wynosi około 67 kPa [8]. Nadmierny opór przepływu Δp filtra ssawnego ogranicza uzyskiwanie założonych wartości strumienia płynu ATF i ciśnienia w układzie hydraulicznym. Z uzyskanych charakterystyk widać, jak istotny wpływ na opór przepływu filtra ma temperatura płynu ATF. Rzeczywiste warunki pracy dwóch rodzajów badanych filtrów są podobne, mimo to oba filtry różnią się znacznie budową, materiałem przegrody filtracyjnej (siatka i włóknina filtracyjna) i polem powierzchni czynnej. Mimo znacznych różnic w budowie i zastosowanych różnych materiałów uzyskane podczas badań charakterystyki hydrauliczne mają podobne przebiegi i wartości oporu. Trudności sprawiło wyznaczenie charakterystyk hydraulicznych filtrów po przebiegu eksploatacyjnym, ponieważ stopień zanieczyszczenia przegrody filtracyjnej zmieniał się podczas badania — uzyskane wyniki nie odzwierciedlają rzeczywistego stanu technicznego tych filtrów. Zaproponowana metodyka badań nie jest odpowiednia do badań charakterystyk hydraulicznych filtrów zanieczyszczonych w eksploatacji, co również jest jednoznacznie podkreślone w normie SAE J2312. Zgodnie z zaleceniami producentów pojazdów i ASO, filtra płynu ATF w ASB nie wymienia się w ramach obsługiwanego. Odmienne zalecenia przedstawiają jedni z kluczowych producentów ASB: ZF Friedrichshafen AG, Allison Transmission. Firma ZF zaleca obsługiwane ASB polegające na wymianie płynu ATF i filtra układu hydraulicznego po przebiegu 100 000 km niezależnie od sposobu użytkowania pojazdu i rodzaju skrzyni biegów [17], natomiast Allison Transmission dzieli cykle użytkowania (*Duty cycle*) na ogólny (*General*) i ciężki (*Severe*). Obsługiwanie ASB polegające na wymianie płynu ATF i jego filtra wykonywane jest zgodnie z normą rozumianą jako liczba kilometrów przebiegu pojazdu (20 000÷240 000 km) lub liczba godzin użytkowania (500÷4000 godzin) albo czas pomiędzy kolejnymi obsługiwaniem (6÷48 miesięcy) [18]. Podczas obsługiwanego należy stosować materiały eksploatacyjne (płyn ATF i filtry) wysokiej jakości, zalecane przez producenta i przeznaczone do danego typu ASB [13, 15, 17, 18]. Za pomocą zaprojektowanej metodyki i wykonanego stanowiska badawczego można określić charakterystykę hydrauliczną filtra ssawnego ASB samochodu osobowego.

Artykuł wpłynął do redakcji 9.06.2014 r. Zweryfikowaną wersję po recenzji otrzymano 4.08.2014 r.

LITERATURA

- [1] BACZEWSKI K., HEBDA M., *Filtracja płynów eksploatacyjnych*, MCNEMT, Radom, 1991/92.
- [2] BAŠTA T.M., *Mašinostroel'naâ gidravlika*, GH-TIML, Moskwa, SSSR, 1963.

- [3] BAŠTA T.M., *Gidroprivod i gidropnevmomatika*, Mašinstroenie, Moskva, SSSR, 1972.
- [4] BAŠTA T.M., *Rasčety i konstrukcii samolëtnyh gidravličeskikh ustrojstv*, GH-TIML, Moskva, SSSR, 1961.
- [5] BOROWIK S., *Filtry płynów roboczych*, WNT, Warszawa, 1974.
- [6] LIPSKI J., *Napędy i sterowanie hydrauliczne*, WKŁ, Warszawa, 1977.
- [7] DZIUBAK T., SZCZEPANIAK P., *Wpływ przebiegu eksploatacyjnego płynu ATF na jakość pracy i trwałość automatycznych skrzyń biegów (ASB) samochodów osobowych*, Biul. WAT, 62, 2, 2013.
- [8] Society of Automotive Engineers: *Automatic Transmission Intake Filter Test Procedure*, SAE J2312, SAE, 755 W. Big Beaver, Suite 1600, Troy MI 48084 USA, 2005.
- [9] SOBIERAJ W., *Poradnik Serwisowy — automatyczne skrzynie biegów*, Instalator Polski, Warszawa, 2005.
- [10] MICKNASS W., POPIOL R., SPRENGER A., *Sprzęgła, skrzynki biegów, wały i pólösie napędowe*, WKŁ, 2005.
- [11] Advanced Test and Automation: *Automatic Transmission Hydraulic Pump Performance & Durability Test Stand*.
- [12] ORLEN OIL, *Karta charakterystyki wyrobu: Hipol ATF IID*, wersja 3, 2008.
- [13] Filter Manufacturers Council: *Non-Serviceable Automotive Transmission Filters*, Technical Service Bulletin 97-6, North Carolina, USA, 2009.
- [14] Filter Manufacturers Council: *Automotive Transmission Fluid Evacuation Service*, Technical Service Bulletin 98-2, North Carolina, USA, 2011.
- [15] Filter Manufacturers Council: *Hydraulic Filter Performance Criteria*, Technical Service Bulletin 97-1, North Carolina, USA, 2009.
- [16] KIM J.C., CHEONG S.Y., CHEONG Y.M., *Prediction of Cumulative Damage by Analysis of Automatic Transmission Endurance Test Mode*, FISITA World Automotive Congress, Seoul, Korea, 2000.
- [17] ZF Automotive Services NA: *Technical Information Transmission Oil Recommendation*, USA, 2012.
- [18] Allison Transmission: *Fluid and Filter Change Recommendations*, USA, 2011.
- [19] DZIUBAK T., SZCZEPANIAK P., *Filtracja płynu ATF w automatycznych skrzyniach biegów samochodów osobowych (ASB)*, Biul. WAT, 63, 1, 2014.

T. DZIUBAK, P. SZCZEPANIAK

Pressure drop-flow characteristic investigations of ATF filter in automatic transmissions (AT) of cars

Abstract. Potentials effects of pressure drop-flow characteristics of ATF filter on the hydraulic pumps are discussed. Draft device to investigations pressure drop-flow characteristics of ATF filter used in automatic transmissions constructed based on SAE J2312 standard is presented. Method of investigation pressure drop-flow characteristics of ATF filter used in automatic transmission is presented. The results of investigation pressure drop-flow characteristics $\Delta p = f(Q_V)$ of two types ATF filter (metal mesh and filter cloth) in two technical conditions (at the beginning of the operation and after) are presented and analyzed.

Keywords: AT — automatic transmissions, ATF — automatic transmission fluid, ATF filter, pressure drop-flow characteristic

