

Temat: Czynności kontrolne przy mechanizmach napędowych.

Data: 09.02.2021r.

Czas zajęć: 5 godzin

Prowadzący: Michał Kuberski

1. Układem napędowym w samochodzie nazywa się wszelkie mechanizmy, które biorą udział w procesie przekazu mocy obrotowej z silnika na koła pojazdu.

Spośród mechanizmów, które wchodzi w skład układu napędowego, wyróżnia się skrzynię biegów, połączone z nią sprzęgło oraz mechanizm różnicowy, który poprzez wał napędowy przekazuje moc na piastę koła i sprawia, że pojazd jedzie. Opcjonalnie w niektórych układach napędowych spotkać można takie elementy jak zwolnica, reduktor czy sprzęgło wiskotyczne, które odpowiada za płynną regulację momentu obrotowego.

W samochodach osobowych występują różne układy napędowe w zależności od osi, na którą nałożony jest napęd. Zgodnie z tą zasadą wyróżnia się zblokowany układ napędowy, w którym silnik znajduje się z przodu, a napęd przełożony jest na przednią oś, przez co taki układ nazywany jest napędem przednim. Inaczej sytuacja wygląda w przypadku auta z napędem na cztery koła, w którym silnik może być umieszczony zarówno z tyłu (np. Porsche), z przodu, ale i centralnie co ma miejsce w niektórych modelach Lamborghini.auta osobowe z napędem na tył posiadają aż trzy rozwiązania. Układ napędowy w takich modelach może występować z silnikiem umieszczonym z tyłu, takie rozwiązanie nazywane jest układ zblokowany. Występuje również układ klasyczny, w którym silnik zamontowany jest z przodu konstrukcji oraz wersja z silnikiem ustawionym centralnie.

2. Kryteria oceny stanu technicznego. Procesy przetwarzania energii w pracę są związane z przenoszeniem energii do elementów wykonawczych. Przykładem przenoszenia energii mechanicznej do elementów wykonawczych może być układ napędowy pojazdu samochodowego (rys. 1). Efektywność działania układu napędowego zależy od stanu technicznego jego zespołów i mechanizmów. Podczas eksploatacji pojazdu, na skutek oddziaływania zewnętrznych i wewnętrznych czynników wymuszających, stan techniczny układu napędowego ulega pogorszeniu. Zachodzi więc konieczność sprawdzania stanu technicznego tego układu.

Badania diagnostyczne układu napędowego obejmują sprawdzenie stanu technicznego silnika oraz układu przeniesienia napędu, tzn. sprzęgła, skrzyni biegów i skrzyni rozdzielczej (w samochodach o dwu lub więcej osiach napędowych), przekładni głównej mostu napędowego wraz z mechanizmem różnicowym, półosi napędowych, ewentualnie innych przekładni pośrednich oraz wałów napędowych i ich połączeń.

Koniecznym warunkiem prawidłowego przeprowadzenia oceny stanu technicznego układu napędowego jest znajomość ogólnych wymagań, jakie stawiane są całemu układowi napędowemu i jego zespołom (elementom) oraz niezbędnych danych technicznych odnoszących się do określonego pojazdu.

3. Stan techniczny całego układu napędowego pojazdu można ocenić na podstawie znajomości:

- wartości ogólnych parametrów diagnostycznych samochodu (tj. mocy na kołach napędowych, drogi wybiegu, zużycia paliwa),
- wartości sumarycznego luzu kąтового układu napędowego.

Moc na kołach napędowych pojazdu mierzy się na hamowni podwoziowej przy ustalonej prędkości jazdy, przy pełnym naciśnięciu na pedał przyspieszenia. Otrzymane wyniki pomiarów należy porównać z wartościami granicznymi. Ogólne kryteria oceny stanu technicznego pojazdów na podstawie pomiarów mocy na kołach napędowych (N_k) są następujące:

$N_k \geq 80\% N_{smax}$ – zdatny silnik i układ przeniesienia napędu (jezdny), samochód ma mniej niż 50% przebiegu,

$N_k \geq 75\% N_{smax}$ – zdatny silnik i układ przeniesienia napędu (jezdny), samochód przekroczył 50% przebiegu,

$N_k < 50\% N_{smax}$ – niezdatny silnik lub układ przeniesienia napędu (jezdny),

gdzie: N_{smax} – maksymalna moc efektywna silnika.

Przykładowo na rys. 2 przedstawiono uzyskane na hamowni podwoziowej wyniki pomiarów mocy silnika, mocy na kołach napędowych, mocy strat w układzie przeniesienia napędu oraz momentu obrotowego silnika w zależności od prędkości jazdy.

Jeżeli wyniki pomiarów mocy na kołach napędowych przekraczają wartości graniczne, to oznacza, że silnik lub układ przeniesienia napędu (jezdny) znajdują się w stanie niezdatności. W celu stwierdzenia, który z tych układów jest w stanie niezdatności, należy wykonać próbę wybiegu.

Drogę wybiegu określa się podczas próby wybiegu. Parametr ten pozwala na ocenę oporów tarcia w łożyskach, przekładniach układu przeniesienia napędu i mechanizmach układu jezdnego. Pomiary wykonywane są przy włączonym kole zamachowym hamowni podwoziowej i liczniku przebytej drogi. Należy rozpędzić samochód do określonej prędkości (np. 50 km/h), wyłączyć zapłon, dźwignię zmiany biegów ustawić w położeniu neutralnym. Odczytaną po zatrzymaniu samochodu wartość drogi wybiegu porównuje się z wartością graniczną. Ogólne kryteria oceny stanu technicznego układu napędowego (jezdnego) na podstawie pomiaru drogi wybiegu (S_w) są następujące:

$S_w \geq S_{wgr}$ – niezdatny silnik,

$S_w < 90\% S_{wgr}$ – niezdatny układ przeniesienia napędu (jezdny).

Gdy droga wybiegu jest większa od wartości granicznej, w stanie niezdatności znajduje się silnik.

Jeżeli zmierzona droga wybiegu jest mniejsza od wartości granicznej więcej niż o 10%, to oznacza, że układ przeniesienia napędu (jezdny) znajduje się w stanie niezdatności.

Próbie wybiegu można wykonać na stanowisku hamowni podwoziowej lub podczas badań drogowych (trakcyjnych) samochodu.

Zużycie paliwa przez pojazd jest istotnym, ogólnym parametrem diagnostycznym. Na hamowni podwoziowej można wykonać pomiar tzw. kontrolnego zużycia paliwa przy jednej, ustalonej prędkości jazdy (np. 80 km/h) lub pomiar zużycia paliwa przy różnych prędkościach jazdy.

Otrzymane wyniki kontrolnego zużycia paliwa (Q_k) porównuje się z wartościami granicznymi:

$Q_k \leq Q_{kgr}$ – zdatny pojazd (silnik, układ przeniesienia napędu, jezdny),

$Q_k > Q_{kgr}$ – niezdatny pojazd (silnik, układ przeniesienia napędu, jezdny).

Jeżeli zmierzone kontrolne zużycie paliwa przekracza wartości graniczne, należy sprawdzić zużycie paliwa przy innych prędkościach jazdy, czyli uzyskać tzw. charakterystykę zużycia paliwa. Jeżeli otrzymana charakterystyka znajduje się poniżej krzywej granicznej, to stan techniczny samochodu jest dobry. Gdy dla dowolnej prędkości zmierzona wartość zużycia paliwa znajduje się nad krzywą graniczną, to pojazd (zwłaszcza silnik) znajduje się w stanie niezdatności.

Zastosowanie hamowni podwoziowej zwiększa efektywność i obiektywność diagnostycznej oceny stanu technicznego układu napędowego pojazdu.

Sumaryczny luz kątowy układu napędowego należy do geometrycznych parametrów stanu technicznego. Diagnostyczna ocena stanu technicznego obiektu polega na pośrednim

określeniu wartości parametrów stanu (luzów, zużyć) za pomocą parametrów diagnostycznych. W pewnych przypadkach wartości parametrów stanu można określić przez wykonanie pomiarów bezpośrednich. Takie parametry stanu nazywane są geometrycznymi parametrami stanu technicznego. Za pomocą zmierzonych wartości parametrów geometrycznych (np. luzów promieniowych, osiowych, kątowych, skoku jałowego, niewspółosiowości) ocenia się stan techniczny układów sterowania, przekładni zębatych, łożysk, połączeń sworzniowych i innych. Stan techniczny układu napędowego można ocenić za pomocą sumarycznego luzu kąowego. Sumaryczny luz kąowy łańcucha kinematycznego, jakim jest układ napędowy, zależy od wartości luzów każdego skojarzenia. Jeżeli zatem jest znana jego wartość, można wnioskować o wielkości luzów i zużyciu zespołów układu napędowego. Diagnostyczny pomiar luzu kąowego układu napędowego polega na zmierzeniu kąta lub łuku zataczanego przez koło napędzane w ramach luzu. Otrzymany w taki sposób wynik jest sumą wszystkich luzów od koła napędzanego po koło zamachowe silnika. Zależnie od punktu mocowania przyrządu pomiarowego możliwy jest pomiar luzu kąowego całego układu napędowego, wybranych grup zespołów oraz poszczególnych zespołów. Ogólnie kryterium oceny stanu technicznego układu napędowego na podstawie pomiarów wartości sumarycznego luzu kąowego (LUN) jest następujące: $LUN \leq LUN_{gr}$

Ocena stanu technicznego układu napędowego polega na porównaniu wyników pomiarów z ustalonymi eksperymentalnie granicznymi wartościami sumarycznych luzów kąowych. W przypadku braku danych doświadczalnych dla samochodów ciężarowych można przyjąć następujące graniczne wartości sumarycznych luzów kąowych [2]:

$LSB_{gr} = 5 \text{ } 15o$ – dla skrzyni biegów,

$LWN_{gr} = 5 \text{ } 10o$ – dla wału napędowego,

$LMN_{gr} = 50 \text{ } 60o$ – dla mostu napędowego (przekładnia główna z mechanizmem różnicowym).

Po osiągnięciu granicznych wartości luzów dalsze użytkowanie samochodu jest niedopuszczalne, ponieważ znajduje się on w stanie niezdatności.

4. Kryteria oceny stanu technicznego zespołów

4.1. Sprzęgło

Ocena stanu technicznego sprzęgła ciernego (rys. 3) jest wykonywana na podstawie:

- pomiaru wartości skoku jałowego i roboczego pedału sprzęgła,
- sprawdzenia poślizgu tarcz sprzęgła,
- sprawdzenia działania sprzęgła na postoju, podczas ruszania i w czasie jazdy.

Wymagania eksploatacyjne stawiane sprzęgłom ciernym są następujące:

- pełne włączenie,
- całkowite wyłączenie,
- płynne włączanie.

Pełne włączenie sprzęgła zależy od wartości skoku jałowego pedału sprzęgła (nie dotyczy to rozwiązań konstrukcyjnych sprzęgieł, w których nie występuje skok jałowy pedału sprzęgła). Jałowy skok pedału sprzęgła wynosi przeciętnie 25 – 50 mm. Skok ten odpowiada luzowi o wartości 1,5 – 4,5 mm między łożyskiem oporowym i dźwigienkami. Mały jałowy skok pedału sprzęgła powoduje niepełne włączenie sprzęgła. Tarcze sprzęgłowe pracują z poślizgiem, okładziny cierne ulegają przedwczesnemu zużyciu lub nawet spaleni na skutek wydzielania się dużej ilości ciepła. Zbyt mały skok jałowy pedału sprzęgła może być spowodowany rozregulowaniem się mechanizmu sterowania albo nadmiernym zużyciem okładzin ciernych i tarczy dociskowej. Wymagana wartość skoku jałowego pedału sprzęgła jest warunkiem koniecznym, lecz niewystarczającym pełnego włączenia sprzęgła. Na pełne włączenie sprzęgła wpływają jeszcze inne czynniki, np. zaolejenie okładzin ciernych, charakterystyka sprężyn dociskowych. Aby to stwierdzić, należy wykonać próbę poślizgu sprzęgła.

Sprawdzenie poślizgu tarcz sprzęgła wykonuje się niżej wymienionymi sposobami.

- Podczas postoju pojazdu i pracy silnika na biegu jałowym należy zaciągnąć hamulec awaryjny, nacisnąć pedał sprzęgła i włączyć bieg najbliższy bezpośredniemu. Stopniowo zwalniać pedał sprzęgła oraz zwiększać obciążenie silnika i cały czas obserwować zachowanie sprzęgła i pojazdu. Po wykonaniu około 1/3 skoku pedału sprzęgła powinno się włączyć, świadczy o tym dławienie silnika, który podczas dalszego zwalniania sprzęgła powinien się zatrzymać bez ruszenia pojazdu z miejsca. Jeżeli pojazd rusza, to sprzęgło włącza się prawidłowo, ale niezdatny jest hamulec awaryjny. Jeżeli po zwolnieniu pedału o 2/3 skoku pojazd jest nieruchomy, a silnik nadal pracuje, to w sprzęgle występuje poślizg.
- Podczas jazdy samochodu z prędkością 20 – 25 km/h należy nagle zwiększyć obciążenie silnika. Jeżeli równocześnie wystąpi wyraźne i szybkie przyspieszenie pojazdu, to w sprzęgle nie występuje poślizg.

Występowanie poślizgu w sprzęgle jest niedopuszczalne.

Całkowite wyłączenie sprzęgła zależy od wartości skoku roboczego pedału sprzęgła (parametr nie zawsze podawany). Zbyt mały roboczy skok pedału sprzęgła jest przyczyną niecałkowitego wyłączenia sprzęgła i najczęściej jest spowodowany rozregulowaniem się połączeń lub niewłaściwie wykonaną regulacją. Utrudnia to przełączanie biegów. Sprawdzeniem pomocniczym, ułatwiającym wykrycie niecałkowitego wyłączenia sprzęgła, jest próba „ciągnięcia” sprzęgła. Próbę wykonuje się podczas postoju pojazdu i pracy silnika na biegu jałowym. Należy nacisnąć na pedał sprzęgła i włączyć bieg. Dławienie silnika świadczy o niecałkowitym wyłączeniu sprzęgła. Niecałkowite wyłączenie sprzęgła jest niedopuszczalne. Płynne włączanie sprzęgła – wymaganie to można sprawdzić podczas próby ruszenia z miejsca na najniższym biegu. Ruszanie z miejsca powinno odbywać się płynnie, bez szarpnięć i drgań pedału sprzęgła. Szarpanie pojazdu i drgania pedału sprzęgła w czasie włączania i wyłączenia sprzęgła są niedopuszczalne.

4.2. Skrzynia przekładniowa

Ogólną ocenę stanu technicznego skrzyń przekładniowych, wałów napędowych i mostów napędowych wykonuje się na podstawie:

- oględzin zewnętrznych,
- sprawdzenia działania na postoju i w czasie jazdy,
- sprawdzenia temperatury obudowy zespołów,
- hałaśliwości pracy i drgań,
- pomiarów wartości luzów osiowych i kątowych.

Kryteria oceny stanu technicznego dla skrzyni biegów i skrzyni rozdzielczej są następujące:

- a) powinny włączać się wszystkie biegi,
- b) niedopuszczalne jest wyłączenie się samoczynne biegu podczas jazdy,
- c) niedopuszczalne są uderzenia i nadmierny hałas w skrzyni podczas jazdy,
- d) niedopuszczalne są:
 - wycieki oleju,
 - pęknięcia obudowy,
 - przegrzewanie się skrzyni.

Diagnozowanie mechanicznych skrzyń biegów sprowadza się do prawidłowej interpretacji informacji uzyskanych od użytkownika pojazdu oraz zebranych dostępnymi metodami (najczęściej organoleptycznymi) i podczas jazdy testowej (badań drogowych). Trudności w przełączaniu biegów występują w przypadku nadmiernego zanieczyszczenia oleju i odkształcenia elementów mechanizmu zmiany biegów. Występujące sporadycznie lub stale samoczynne wyłączenie się biegów podczas jazdy może świadczyć o uszkodzeniu synchronizatorów lub mechanizmu przełączania biegów. Nadmierny hałas występujący podczas

zmiany biegów jest często spowodowany uszkodzonymi synchronizatorami, wodzikami lub widełkami mechanizmu zmiany biegów. Stwierdzone wycieki oleju mogą być spowodowane pęknięciem obudowy, uszkodzeniem pierścieni uszczelniających lub nieszczelnością korków spustowych i kontrolnych.

Diagnozowanie automatycznych skrzyń biegów (rys. 4) obejmuje wykonanie niżej wymienionych czynności:

- kontrolę przekładni hydrokinetycznej polegającą przede wszystkim na sprawdzeniu szczelności obudowy,
- sprawdzenie prawidłowości przełączania biegów (wykonuje się podczas próby drogowej lub podczas testu na hamowni podwoziowej),
- pomiar ciśnienia oleju (uzyskanie informacji o bieżącym stanie technicznym i prawidłowości współpracy elementów mechanicznych przekładni).

Diagnozowanie przekładni automatycznych polega przede wszystkim na właściwej interpretacji informacji uzyskanych od użytkownika pojazdu oraz zebranych podczas diagnozowania wstępnego i szczegółowego.

Badanie wstępne

Istotną czynnością, którą należy wykonać na początku, jest sprawdzenie podstawowych parametrów pracy silnika i układu przeniesienia napędu (prędkości obrotowej biegu jałowego silnika, temperatury płynu chłodzącego, poziomu oleju w skrzyni biegów i innych).

W następnej kolejności należy przeprowadzić diagnozowanie wstępne przekładni, które polega na wykonaniu następujących sprawdzeń:

- próby gaśnięcia silnika,
- próby czasu włączania biegów.

Podczas wykonywania próby gaśnięcia silnika pojazd powinien być zatrzymany. Polega ona na określeniu spadku wartości prędkości obrotowej silnika w trakcie przełączania biegów z pozycji N (luzu) do pozycji D (jada do przodu) lub R (jazda do tyłu) przy równoczesnym gwałtownym zwiększaniu nacisku na pedał przyspieszenia.

W trakcie wykonywania próby czasu włączania biegów należy zmierzyć czas od momentu przesunięcia przełącznika zmiany biegów z pozycji N do położenia D lub R. Ten parametr pozwala na orientacyjną ocenę zużycia okładzin ciernych hamulców i sprzęgieł oraz poprawności działania hydraulicznego układu sterowania.

Wartość zmierzonych podczas wykonywania tych prób parametrów nie powinna odbiegać od wartości dopuszczalnych określonych przez wytwórcę pojazdu.

Diagnozowanie szczegółowe

W czasie przeprowadzania szczegółowego diagnozowania automatycznych skrzyń biegów należy wykonać niżej wymienione czynności:

- kontrolę przekładni hydrokinetycznej,
- sprawdzenie prawidłowości przełączania biegów,
- pomiar ciśnienia oleju,
- sprawdzenie elektronicznego układu sterowania przekładni.

Kontrola przekładni hydrokinetycznej obejmuje przede wszystkim sprawdzenie szczelności obudowy i ocenę jej sprawności. Szczelność obudowy przekładni można sprawdzać po wprowadzeniu do jej wnętrza sprężonego powietrza o ciśnieniu 0,05-0,1 MPa, zaślepieniu wszystkich otworów i zanurzeniu jej w wodzie. W przypadku stwierdzenia nieszczelności skrzynię biegów uznaje się za niezdatną.

W celu kontroli sprawności przekładni hydrokinetycznej należy unieruchomić wałek wyjściowy skrzyni i zmierzyć obrotomierzem prędkość obrotową silnika przy pełnym otwarciu przepustnicy lub maksymalnym wydatku pompy wtryskowej. Jeżeli otrzymane wyniki pomiarów odbiegają od danych podawanych przez wytwórcę, można z dużym prawdopodobieństwem stwierdzić, że

uszkodzona jest turbina lub pompa.

Sprawdzenie prawidłowości przełączania biegów można wykonać podczas próby drogowej (badania trakcyjne) lub na hamowni podwoziowej (badania stanowiskowe). Hamownia podwoziowa umożliwia m.in. pomiar prędkości pojazdu, prędkości obrotowej silnika i jego obciążenia. Następnie należy porównać uzyskane wyniki pomiarów z danymi dostarczonymi przez wytwórcę w programach testujących.

Wartość ciśnienia oleju jest parametrem diagnostycznym, który pozwala uzyskać istotne informacje o stanie technicznym i prawidłowości współpracy części mechanicznych przekładni. Wartość tego parametru może także informować (w ograniczonym zakresie) o funkcjonowaniu elektronicznego układu sterującego. Sprzęt diagnostyczny niezbędny do wykonania pomiaru ciśnienia oleju dostarczają wytwórcy pojazdów i automatycznych skrzyń biegów.

Kolejną czynnością jest diagnozowanie elektronicznego układu sterowania przekładni.

Podstawowe elementy systemu diagnostycznego skrzyni biegów Voith DIWA.3 pokazano na rys.

5. Program diagnostyczny pracuje w czasie rzeczywistym i może współpracować z testerem diagnostycznym lub dowolnym komputerem klasy PC (np. laptopem) bez pośrednictwa dodatkowych interfejsów. Przekładnie automatyczne sterowane elektronicznie umożliwiają odczytanie, za pomocą testera podłączonego do gniazda diagnostycznego, zarejestrowanych kodów usterek. Ponieważ automatyczne skrzynie biegów wyposażone są w różne czujniki i własną pamięć, możliwa jest analiza zarejestrowanych w trakcie pracy przebiegów wybranych parametrów w funkcji czasu. Jeżeli podczas eksploatacji wystąpią różnice między wartościami rzeczywistymi tych parametrów a wartościami dopuszczalnymi, to są one rejestrowane w pamięci sterownika i wyświetlane za pomocą testera w postaci kodów usterek.

Funkcje systemu diagnostycznego automatycznych skrzyń biegów są nierozłącznie związane z funkcjami zastosowanego sterownika. Na przykład dla sterownika stosowanego w przekładniach automatycznych Voith DIWA.3 (autobusy miejskie) funkcje systemu można podzielić na następujące grupy logiczne [1]:

- diagnozowanie elementów peryferyjnych, to jest urządzeń połączonych ze skrzynią wiązkami elektrycznymi (ocena stanu przewodów elektrycznych i nadajników),
- diagnozowanie elementów składowych przekładni (zawory elektrohydrauliczne, przekaźniki, czujniki prędkości obrotowej i temperatury),
- zapamiętywanie i odczytywanie usterek (różny sposób sygnalizowania usterek w zależności od nadanego im priorytetu, odczytywanie usterek za pomocą programu diagnostycznego lub lampki kontrolnej),
- identyfikacja sterownika i elementów peryferyjnych (np. typ sterownika, dane wprowadzone do pamięci sterownika),
- badania trakcyjne pojazdu (testowanie elementów przekładni pod obciążeniem, udokumentowanie aktualnego stanu technicznego),
- niezależne nadzorowanie stanów krytycznych przekładni (np. nieoczekiwana jazda do tyłu przy wciśniętym przycisku D, dodatkowy procesor włączy wówczas automatycznie bieg neutralny),
- prognozowanie zużycia elementów ciernych – miarą zużycia jest wartość ciśnienia w siłowniku hydraulicznym podczas włączania sprzęgła ciernego (czas poślizgu podczas włączania zależy od ciśnienia w siłowniku).

Elektroniczne sterowanie pracą automatycznej skrzyni biegów umożliwia również przeprowadzanie zmian i regulacji parametrów pracy, na przykład czasu włączania sprzęgieł i hamulców.

4.3. Wał napędowy

Kryteria oceny stanu technicznego dla wału napędowego są następujące:

- a) widełki przegubu powinny być ustawione w jednej płaszczyźnie,
- b) niedopuszczalne są:
 - bicie wału i drgania podczas pracy,

- obluzowanie śrub mocujących,
- luzy w przegubach większe od ustalonych przez producenta,
- luzy w połączeniach wielowypustowych wału większe od ustalonych przez producenta,
- hałaśliwa praca wału napędowego.

Hałaśliwość pracy wału napędowego może być spowodowana różnymi przyczynami. Na przykład metaliczne stuki pojawiające się podczas gwałtownej zmiany prędkości jazdy świadczą o nadmiernym zużyciu przegubów wału napędowego lub ich łożysk. W przypadku zablokowanego układu napędowego takie odgłosy są świadectwem znacznych luzów w przegubach napędowych. Natomiast głucho dudnienie w podwoziu, występujące tylko w pewnym zakresie prędkości, wskazuje na niewyrównoważenie wału.

4.4. Most napędowy

Kryteria oceny stanu technicznego dla mostu napędowego są następujące:

- a) powinna być zachowana prostopadłość do osi podłużnej pojazdu,
- b) całkowity luz w mechanizmach napędowych tylnego mostu mierzony na obwodzie obręczy koła nie powinien być większy niż 30 – 60 mm,
- c) luz osiowy wałka atakującego nie większy niż 0,05 – 0,10 mm,
- d) niedopuszczalne są: wycieki oleju, pęknięcia obudowy, hałaśliwa praca.

Hałas dochodzący z przekładni głównej mostu napędowego może być wynikiem nieprawidłowej regulacji lub nadmiernego zużycia współpracujących elementów. Jeżeli głośnie praca wystąpi tylko podczas jazdy na zakręcie, będzie to świadczyło o niesprawności mechanizmu różnicowego.

5. Metody diagnozowania. W pierwszej części artykułu opisaliśmy kryteria oceny stanu technicznego zarówno całego układu napędowego, jak i jego podstawowych zespołów. Tym razem przedstawimy metody diagnozowania układu napędowego pojazdu.

Badania diagnostyczne układu napędowego (rys. 1) obejmują sprawdzenie stanu technicznego silnika oraz układu przeniesienia napędu, tzn. sprzęgła, skrzyni biegów i skrzyni rozdzielczej (w samochodach o dwu lub więcej osiach napędowych), przekładni głównej mostu napędowego wraz z mechanizmem różnicowym, półosi napędowych, ewentualnie innych przekładni pośrednich oraz wałów napędowych i ich połączeń.

Efektywność działania układu napędowego zależy od stanu technicznego jego zespołów, mechanizmów i elementów. Podczas eksploatacji, na skutek oddziaływania złożonych obciążeń, stan techniczny układu napędowego zmienia się (zwiększenie luzów, zmiana regulacji itp.), co wywołuje zmniejszenie efektywności pracy pojazdu.

Do oceny stanu technicznego układu napędowego stosuje się metody:

- organoleptyczne,
- przyrządowe,
- stanowiskowe,
- trakcyjne.

6. Metody organoleptyczne

Badanie metodą organoleptyczną opiera się na wykorzystaniu przetworników biologicznych, tj. zmysłów człowieka do przeprowadzenia oceny stanu obiektu technicznego bez użycia przyrządów diagnostycznych. Podczas badania organoleptycznego do odbioru i analizy bodźców działających na organizm człowieka wykorzystuje się zmysły: słuchu, wzroku, dotyku, węchu, smaku, temperatury i inne. Uzyskiwanie przez człowieka informacji jest realizowane w wyniku procesu percepcji. Spostrzeganie jest doznaniem wielu wrażeń pod wpływem bodźców, które są selekcjonowane w mózgu. Proces spostrzegania powinien być realizowany w sposób celowy

i uważny. Diagnosta dokonuje wyboru spośród działających bodźców oraz klasyfikuje doznane wrażenia tak, aby były one sensowne (tzn. zgodne z jego wiedzą i doświadczeniem zawodowym). Na rys. 2 przedstawiono schemat blokowy badania organoleptycznego dowolnego obiektu technicznego.

Każdy człowiek ma określoną przepustowość informacyjną, która zależy od czynników wewnętrznych (aktualnego stanu organizmu, nabytej wprawy, adaptacji receptorów itp.) oraz zewnętrznych (jakość i liczba bodźców, intensywność i czas ich trwania, zakłócenia i inne).

Narządy zmysłów przekazują niepełny obraz otaczającej rzeczywistości, ponieważ człowiek nie ma takiej liczby zmysłów, która umożliwiłaby mu odbiór wszystkich zjawisk.

Zastosowanie zmysłów człowieka podczas procesu diagnozowania obiektu technicznego można scharakteryzować w niżej przedstawiony sposób.

- Wykorzystanie zmysłu słuchu w badaniach organoleptycznych najczęściej umożliwia rozróżnienie zmian wysokości i głośności dźwięku oraz ocenę położenia źródła dźwięku w przestrzeni.

- W badaniach wzrokowych (ogłędziny) obserwację należy prowadzić po uprzednim ustawieniu wzroku zgodnie z osią widzenia. Jeżeli oświetlenie jest niedostateczne, obserwację należy rozpocząć po upływie czasu koniecznego do pełnej adaptacji wzroku. Podczas oceny koloru badanego elementu należy uwzględnić rodzaj źródła światła oświetlającego obiekt (umożliwia to uniknięcie błędów w ocenie barwy elementu). Do przeprowadzenia oględzin miejsc trudno dostępnych (wewnątrz zespołów) należy zastosować endoskopy techniczne (rys. 3).

- Badanie dotykowe pozwala na rozpoznanie jakości powierzchni, jej lepkości i wilgotności oraz twardości. Należy również wykorzystać odbierane wrażenie temperatury (zimna i ciepła) oraz nacisku. Wrażliwość na bodźce termiczne pozwala w przybliżony sposób określić temperaturę. Jeżeli temperatura elementu przekracza 40°C, to można przynajmniej stwierdzić, że obiekt jest ciepły (niezależnie od warunków zewnętrznych). Poniżej tej temperatury należy uwzględnić zjawisko adaptacji (zmysł dotyku szybko adaptuje się do długotrwanie działających bodźców).

- Wykorzystanie zmysłu węchu pozwala określić charakterystyczne zapachy, na przykład woń spalonej izolacji przewodów elektrycznych, przegrzanie oleju, smarów, farb itd. Należy zaznaczyć, że zmysł węchu również podlega zjawisku adaptacji.

Badania organoleptyczne pojazdu samochodowego umożliwiają opracowanie diagnozy w przypadku, gdy brak jest odpowiednich urządzeń lub ich cena jest bardzo duża, a do jej postawienia wystarczają informacje organoleptyczne. Pozwalają wprawemu diagnoście na proste i trafne dokonanie oceny stanu obiektu. Często można również określić wielkość zużycia badanego układu (zespołu) i podjąć decyzję o konieczności zastosowania metody przyrządowej lub skierowania do naprawy.

W przypadku oceny stanu zespołów układu przeniesienia napędu metody organoleptyczne polegają na wykonaniu oględzin zewnętrznych, sprawdzeniu działania elementów układu na postoju i sprawdzeniu działania elementów układu w czasie jazdy próbnej. Podczas oględzin zewnętrznych sprawdza się: kompletność układu, poprawność mocowania elementów, stan zewnętrzny zespołów i elementów oraz szczelność zespołów. Sprawdzenie działania elementów układu napędowego na postoju jest wykonywane po umieszczeniu pojazdu na odpowiednim podnośniku. Jazda próbna może być wykonana na hamowni podwoziowej lub na drodze. Podczas tych prób kontroluje się: łatwość i prawidłowość włączania i wyłączania poszczególnych elementów, hałaśliwość pracy oraz intensywność nagrzewania się zespołów (temperaturę obudowy skrzyń przekładniowych, mostów napędowych).

Metody przyrządowe

Metody przyrządowe diagnozowania układu napędowego obejmują:

- pomiary wartości luzów osiowych i kątowych,
- diagnozowanie wibroakustyczne.

7. Pomiar wartości luzów osiowych i kątowych

Stan techniczny układu napędowego ocenia się na podstawie wyników pomiarów: luzu kąтового całego układu napędowego, wybranych grup zespołów (rys. 4), poszczególnych zespołów, skoku jałowego i skoku roboczego pedału sprzęgła, luzu osiowego wałka atakującego przekładni głównej, luzów w przegubach i połączeniach wielowypustowych wałów napędowych itp. Istotną trudnością w praktycznym zastosowaniu tej metody diagnostycznej jest brak kryteriów oceny stanu technicznego układu napędowego za pomocą luzu kąтового. Dopiero przypisanie konkretnemu elementowi, na przykład przekładni głównej, odpowiedniej wartości luzu kąтового pozwala na praktyczne zastosowanie opisanej metody. Przykładowo zależność między sumarycznym luzem kątowym w układzie napędowym i przebiegiem pojazdu samochodowego można wyrazić równaniem:

$$L = a \cdot x + b$$

gdzie:

L – sumaryczny luz kątowy [0],

b – początkowy luz kątowy [0],

a – średnia intensywność wzrostu sumarycznego luzu kąтового [0/1000 km],

x – przebieg samochodu [tys. km].

Znajomość tego modelu daje możliwość oceny luzu kąтового, jak również prognozowania jego zmian w czasie eksploatacji samochodu. Na przykład dla samochodu ciężarowego średniej ładowności po wykonaniu badań ustalono, że zmianę luzów kątowych całego układu napędowego, skrzyni biegów oraz przekładni głównej mostu można przedstawić równaniami linii prostej:

$$LUN = 0,06 x + 8,5 [o]$$

$$LSB = 0,004 x + 1,6 [o]$$

$$LMN = 0,06 x + 6,1 [o]$$

Stwierdzono, że przekładnia główna wraz z mechanizmem różnicowym wywiera największy wpływ na wartości luzu kąтового układu napędowego rozpatrywanego pojazdu w procesie użytkowania. Ustalono dwie graniczne wartości luzu kąтового dla tylnego mostu tego samochodu. Dolna granica luzu ($2,5 \div 5o$) pozwala ocenić poprawność montażu tylnego mostu, górna granica (18o) odpowiada osiągnięciu przez główne elementy przekładni tylnego mostu granicznych wartości zużycia powierzchni współpracujących. Ustalono również, że przekładnię główną należy regulować po stwierdzeniu wartości luzów kątowych w zakresie 12-14o. Pomiar luzu kąтового należy do czynności kontrolnych w ramach obsługi technicznego. Umożliwia to bieżącą kontrolę stanu technicznego przekładni głównej i przeprowadzenie regulacji luzu w chwili najbardziej odpowiedniej.

Przedstawiona analiza wyników badań luzów kątowych w układach napędowych rozpatrywanych pojazdów ciężarowych średniej ładowności pozwala stwierdzić, że opisana metoda pomiaru jest przydatna do oceny stanu technicznego układu napędowego samochodu.

8. Diagnostowanie wibroakustyczne

Diagnostyka wibroakustyczna jest procesem diagnostycznym wykorzystującym do opracowania diagnozy obiektu sygnały wibroakustyczne, to jest drgania i hałas towarzyszące funkcjonowaniu obiektów technicznych podczas pracy.

Informacje o stanie technicznym zespołów układu napędowego zawierają również wytwarzane podczas ich pracy sygnały wibroakustyczne. Podczas pracy obiektów technicznych, w wyniku zachodzących w nich procesów roboczych, wzbudzają się drgania, dla których ośrodkiem przenoszenia się są elementy samego obiektu i otaczające go środowisko. Efektem zewnętrznym drgań w pierwszym przypadku są wibracje, a w drugim hałas. Drgania stanowią odzwierciedlenie najistotniejszych procesów fizycznych zachodzących w obiekcie (zespole, mechanizmie). Parametry drgań charakteryzują zarówno ogólne właściwości obiektu, jak

i właściwości poszczególnych jego elementów. Źródłami drgań w samochodach są na przykład procesy gazodynamiczne, regularne zderzenia części w skojarzeniach na skutek luzów i niewyrównowazenia mas, drgania wywołane procesami tarcia między współpracującymi elementami. Drgania te, choć z reguły niekorzystne dla pracy obiektu, są cennym symptomem diagnostycznym, ponieważ wyróżniają się dużą pojemnością informacyjną. Charakteryzujące je wielkości (amplituda, częstotliwość i inne) są bardzo wrażliwe na zmiany wywołujących je procesów oraz na zmiany parametrów struktury, determinujących sposób rozchodzenia się drgań.

Drgania elementów pojazdu są możliwe do zmierzenia w normalnych warunkach pracy i cechuje je szerokie widmo umożliwiające dokładną analizę rejestrowanych sygnałów. Diagnostykę wibroakustyczną wykorzystuje się przede wszystkim do oceny stanu technicznego silnika, zespołów układu przeniesienia napędu (zwłaszcza przekładni zębatych i łożyskowań wałów), elementów zawieszenia samochodu itp.

Wibroakustyczny sygnał diagnostyczny może być rejestrowany za pomocą czujnika umieszczonego bezpośrednio na obiekcie badań lub za pomocą mikrofonu umieszczonego w pobliżu badanego obiektu (zespołu). W pierwszym przypadku sygnał diagnostyczny jest opisywany za pomocą wielkości charakteryzujących ruch drgający (np. przemieszczenie, prędkość, przyspieszenie), w drugim za pomocą wielkości charakteryzujących zjawiska akustyczne (ciśnienie akustyczne, natężenie dźwięku, moc akustyczna itp.). Miarami tych wielkości są najczęściej: amplituda, poziom (w odniesieniu do wielkości akustycznych), częstotliwość, a także charakterystyki częstotliwościowe, charakterystyki statystyczne oraz ich estymatory. Na rys. 5 przedstawiono schemat funkcjonalny podstawowego systemu pomiaru i analizy procesów wibroakustycznych.

Sygnał wibroakustyczny jest jednak najczęściej sygnałem złożonym, pochodzącym z wielu źródeł, a bogactwo niesionych przez niego informacji stwarza poważne trudności z właściwą ich interpretacją. Dlatego najważniejszym problemem diagnostyki wibroakustycznej jest znalezienie sposobu na rozdzielenie sygnału na takie składowe lub wyznaczenie takich charakterystyk, które można by było jednoznacznie przyporządkować określonym źródłom i które umożliwiłyby dokonanie jakościowej i ilościowej oceny zmiany określonych parametrów struktury obiektu. Służą do tego specjalnie opracowane metody analizy sygnałów, wykorzystujące analizatory oraz metody komputerowe.

Najczęściej stosuje się następujące rodzaje analizatorów (rys. 6): urządzenia do analizy statystycznej, urządzenia do analizy korelacyjnej oraz urządzenia do analizy widmowej. Analizatory mogą być instalowane na końcu toru pomiarowego zamiast rejestratora lub równolegle do niego. Wówczas analiza sygnałów odbywa się w sposób ciągły. Innym rozwiązaniem jest na przykład nagrywanie sygnałów pomiarowych na taśmie (płytcie) rejestratora magnetycznego i następnie odtwarzanie ich w warunkach laboratoryjnych, co umożliwia ich obróbkę za pomocą analizatora.

Podstawową wyjściową charakterystyką odbieranego od obiektu technicznego sygnału wibroakustycznego jest jego realizacja czasowa, to znaczy zmiana wartości amplitudy dowolnego parametru sygnału (przemieszczenia, przyspieszenia, ciśnienia akustycznego itp.) w funkcji czasu. Jest to funkcja losowa i jej bezpośrednie wykorzystanie do diagnozowania stanu technicznego obiektów jest ograniczone. Celem maksymalnego wytłumienia zakłóceń oraz uściślenia obserwacji sygnał wibroakustyczny jest rejestrowany w możliwie wąskim paśmie częstotliwości charakterystycznym dla danego skojarzenia.

Najczęściej jednak realizacja czasowa sygnału jest przetwarzana na inną charakterystykę (np. postać widmową, funkcję korelacyjną itd.). Jednym ze sposobów jest analiza spektralna drgań polegająca na pogrupowaniu składowych sygnału według częstotliwości. Uzyskane w ten sposób widmo amplitudowo-częstotliwościowe umożliwia uwypuklenie zmian zachodzących w składowych sygnału, pochodzących od poszczególnych par części. Wyznaczenie funkcji korelacyjnej umożliwia zaobserwowanie zmian zachodzących w mechanizmie przez porównanie jej z wzorcami charakterystycznymi dla poszczególnych stanów bądź przez wydzielenie

z sygnału składowych okresowych.

Wibroakustyczne metody badań stanu technicznego zespołów układu przeniesienia napędu (skrzyń biegów, skrzyń rozdzielczych, przekładni głównych mostów napędowych) mają na celu diagnozowanie stopnia zużycia elementów, wykruszeń zębów kół zębatych, pęknięć, uszkodzeń łożysk, nadmiernych luzów itp. na podstawie zmian w widmie badanego sygnału diagnostycznego. Sygnałami takimi mogą być na przykład przyspieszenia mierzone w wybranych punktach obudowy zespołu, poziom ciśnienia akustycznego mierzony za pomocą mikrofonów ustawionych w pobliżu badanego zespołu itp. Z uwagi na złożoność zjawisk składających się na ostateczną postać sygnału wyjściowego wnioskowanie takie jest bardzo trudne i praktycznie nie ma uniwersalnych metod umożliwiających szybkie sformułowanie diagnozy dla dowolnego zespołu. Pozytywne rezultaty uzyskuje się dla konkretnych, rozpoznanych obiektów, w wyniku zastosowania często złożonych metod analizy sygnału (metod korelacyjnych, analizy widmowej) w celu wydzielenia z rejestrowanych sygnałów tych jego składowych, które są nośnikami poszukiwanych informacji.

Metody stanowiskowe

Najbardziej przydatnym sposobem oceny stanu technicznego układu napędowego za pomocą parametrów efektywności pracy są badania stanowiskowe, wykonywane na rolkowych hamowniach podwoziowych (rys. 7). Podstawowymi wielkościami mierzonymi na hamowni podwoziowej są moc na kołach napędowych (NK) oraz kontrolne zużycie paliwa (QK). W celu określenia mocy na kołach przyjmuje się zazwyczaj warunki ustalone, to znaczy prędkość jazdy $V = \text{constans}$, kąt wzniesienia $\alpha = 0$, przyspieszenie $a = 0 \text{ m/s}^2$. Na hamowni odwzorowuje się opory powietrza i toczenia. Badania mogą być wykonywane również w warunkach ruchu nieustalonego ($V \neq \text{constans}$, $a \neq 0$). Na hamowni należy wówczas odwzorować opory toczenia, powietrza oraz bezwładności. Badania w ruchu nieustalonym pozwalają określić efektywność pracy układu napędowego za pomocą rozpędzania oraz próby wybiegu. W przypadku próby wybiegu mierzoną wielkością jest droga wybiegu (S_w). Wartość tego parametru świadczy o stratach w zespołach układu napędowego i jezdnego.

Badania stanu technicznego pojazdu samochodowego na hamowni podwoziowej obejmują sprawdzenia wstępne i zasadnicze (pomiarowe).

Do sprawdzeń wstępnych (przygotowawczych) są zaliczane:

- oględziny zewnętrzne, których celem jest ocena szczelności, stopnia skompletowania oraz prawidłowości mocowania poszczególnych zespołów układu napędowego,
- ocena ilości płynu chłodzącego w układzie chłodzenia i oleju w układzie smarowania,
- określenie ciśnienia powietrza w oponach i stanu ogumienia kół,
- próba funkcjonowania silnika i zespołów układu przeniesienia napędu przy różnych prędkościach obrotowych i obciążeniach.

Sprawdzenia zasadnicze, wykonywane podczas kontroli stanu technicznego układu napędowego, obejmują pomiary:

- mocy na kołach napędowych,
- drogi wybiegu (oporów wewnętrznych w układzie napędowym i jezdnym),
- zużycia paliwa.

W czasie badań, których celem jest lokalizacja uszkodzeń, dodatkowo wykonywane są pomiary:

- parametrów oceny działania silnika (układu zapłonowego, układu zasilania, układu wydechowego, mechanizmu korbowego i mechanizmu rozrządu),
- parametrów wibroakustycznych silnika i zespołów układu przeniesienia napędu,
- prędkości i przebytej drogi.

Pomiary poszczególnych parametrów są wykonywane przy ustalonym stanie cieplnym pojazdu i hamowni podwoziowej.

Metody trakcyjne (próby drogowe)

W badaniach drogowych efektywność pracy układu napędowego można określić za pomocą intensywności rozpędzania lub przez pomiar przyspieszenia maksymalnego. Intensywność rozpędzania samochodu determinuje minimalny czas na pokonanie odcinka drogi o określonej długości.

Parametrem świadczącym o stratach w zespołach układu napędowego i układu jezdnego jest droga wybiegu określona w czasie próby wybiegu (próby swobodnego toczenia się samochodu). Przed próbą należy skontrolować ciśnienie w ogumieniu, obciążyć całkowicie pojazd oraz zamknąć szyby boczne. Próbę przeprowadza się na drodze płaskiej, poziomej, asfaltowej lub betonowej, o długości około 2,5 km, przy pogodzie bezwietrznej (prędkość wiatru < 3 m/s). Na początku próby należy rozpędzić samochód osobowy do prędkości 50 km/h, a ciężarowy do 30 km/h. W chwili mijania punktu pomiarowego dźwignię zmiany biegów ustawia się w położenie neutralne i wyłącza zapłon. Pojazd toczy się swobodnie. Po zatrzymaniu należy zmierzyć drogę przebytą od punktu pomiarowego i powtórzyć taką samą próbę podczas jazdy w kierunku przeciwnym. Do wnioskowania przyjmuje się średnią arytmetyczną wyników z obu pomiarów. Badania drogowe umożliwiają też ocenę działania zespołów układu napędowego w czasie jazdy, hałaśliwości pracy (drgań) oraz sprawdzenie temperatury obudowy zespołów. Stwierdzenie za wysokiej temperatury obudowy skrzyni biegów, skrzyni rozdzielczej lub mostu napędowego świadczy o zbyt małej ilości oleju w tych zespołach lub o niewłaściwych wartościach luzów między współpracującymi elementami (konieczność regulacji).

LITERATURA.

1. dr inż. Kazimierz Sitek <https://warsztat.pl>
2. Gajdowicz. M.: Nowoczesne procedury diagnostyczne zespołów napędowych na przykładzie rozwiązania przekładni Voith DIWA.3. Biuletyn Komunikacji Miejskiej nr 34.
3. Sitek K.: Diagnostyka samochodowa. Układy odpowiedzialne za bezpieczeństwo jazdy. Wydawnictwo Auto, Warszawa 1999.

PYTANIA DO UCZNIÓW:

1. Za co odpowiada układ napędowy?
2. Wymień elementy układu napędowego?
3. Jakie znasz czynności kontrolne przy mechanizmach napędowych?