

ANALIZA PROCESU DIAGNOSTYCZNEGO UKŁADÓW KIEROWNICZYCH POJAZDÓW OSOBOWYCH

W artykule opisano budowę układów kierowniczych pojazdów osobowych wspomaganych hydraulicznie oraz elektrycznie. Wskazano najczęstsze uszkodzenia układów kierowniczych. Usystematyzowano wiedzę na temat procesów diagnostycznych wykonywanych podczas kontroli układów kierowniczych.

WSTĘP

Układ kierowniczy to jeden z najważniejszych elementów w aucie, który odpowiada za bezpieczeństwo. Ma umożliwić sprawne i zgodne z zasadami mechaniki ruchu pojazdów samochodowych zmienianie kierunku jazdy, tzn. takie ustawienie kierowanych kół jezdnych, aby samochód mógł możliwie bez ich bocznego poślizgu poruszać się po wybranym przez kierowcę krzywoliniowym torze. Układ kierowniczy powinien także zapewniać skręcanie kół kierowanych z zastosowaniem możliwie małej siły przyłożonej koła kierownicy, samoczynny powrót skręconych kół kierowanych do jazdy na wprost oraz samoczynne utrzymanie tego kierunku jazdy [1,2,11]. Jego niewłaściwe działanie może mieć tragiczne w skutkach konsekwencje, może prowadzić do kolizji lub wypadku drogowego. Układ kierowniczy jest to również jeden z najbardziej podatnych na uszkodzenia elementów pojazdu. Pokonywanie przez pojazd nierówności i wyrw w nawierzchni drogi, powoduje wystąpienie sił generujących zmienne naprężenia, dodatkowo zmiany temperatury otoczenia oraz wilgoć, to czynniki mające negatywny wpływ na stan techniczny oraz trwałość tego układu.

Badanie stanu technicznego układu kierowniczego pojazdu ma na celu wykrycie nieprawidłowości w jego działaniu, określenie przyczyn tych nieprawidłowości oraz ustalenie zakresu czynności regulacyjnych lub naprawczych w celu ich usunięcia. Prawidłowe diagnozowanie układu kierowniczego pojazdu powinno obejmować sprawdzenie wstępne elementów składowych układu, kontrolę ustawienia geometrii układu kierowniczego, oraz sprawdzenie mechanizmu wspomagającego [8,11].

W artykule autorzy przedstawili czynności diagnostyczno-kontrolne oraz najczęstsze niesprawności układów kierowniczych pojazdów.

1. BUDOWA UKŁADU KIEROWNICZEGO

Układ kierowniczy jest to zespół mechanizmów umożliwiających kierowanie pojazdem, czyli utrzymywanie stałego kierunku jazdy lub jego zmianę zgodnie z wolą kierowcy. Na Rysunku 1 pokazano schematycznie układ kierowniczy pojazdu osobowego [10].

Rozróżnia się trzy najważniejsze części układu kierowniczego. Pierwsza to kolumna kierownicy, która jest elementem układu kierowniczego służąca do przenoszenia momentu obrotowego z koła kierownicy na przekładnię kierowniczą, co zapewnia proporcjonalny skręt kół samochodu. Kolumna kierownicza jest dwuczęściowym

wałem biegnącym od koła kierownicy w dół, gdzie w komorze silnika łączy się przekładnią kierowniczą. Spełnia ona również funkcję pasywnego systemu bezpieczeństwa. Ze względu na swoją konstrukcję, w przypadku czołowego zderzenia, pochłania energię kinetyczną, zmniejszając uszkodzenia klatki piersiowej i głowy kierowcy samochodu. W obecnie produkowanych samochodach można spotkać się z rozwiązaniem, w którym to wspomaganie kierownicy realizowane jest poprzez połączenie kolumny kierowniczej z silnikiem elektrycznym. Tego typu układ współpracuje z mechaniczną zębatkową przekładnią kierowniczą. Na Rysunku 2 pokazano kolumnę kierowniczą zintegrowaną ze wspomagającym silnikiem elektrycznym [6].



Rys. 1 Układ kierowniczy z wspomaganiem elektrycznym

Kolejnym elementem układu kierowniczego jest mechaniczna przekładnia kierownicza. Służy ona do przełożenia ruchu obrotowego koła kierownicy na ruch postępowy drążków kierowniczych. Przekładnia musi odznaczać się niezawodnością, a jej konstrukcja musi umożliwić regulację luzów powstających wskutek zużywania się współpracujących powierzchni. Obecnie w większości współczesnych samochodów stosowane są przekładnie zębatkowe, zwane potocznie „magłowicami”. Mają poziome ułożenie względem kolumny kierownicy i są montowane głównie w autach z napędem na przednią oś. Rozróżnia się wśród nich przekładnie zębatkowe mechaniczne bez wspomaganie oraz wspomaganie hydraulicznie lub elektrycznie. Z kolei w samochodach z napędem na tylną oś (w tym pojazdach ciężarowych) stosowane są przekładnie globoidalne, śrubowo-kulkowe lub ślimakowe. W przypadku przekładni ślimakowych występują one zazwyczaj w pojazdach wyższej klasy [7,10]. Na rysunku 3 pokazano przekładnię mechaniczną, zębatkową wspomaganą silnikiem elektrycznym.



Rys. 2. Kolumna kierownicza wspomagana silnikiem elektrycznym współpracująca z mechaniczną zębatkową przekładnią kierowniczą

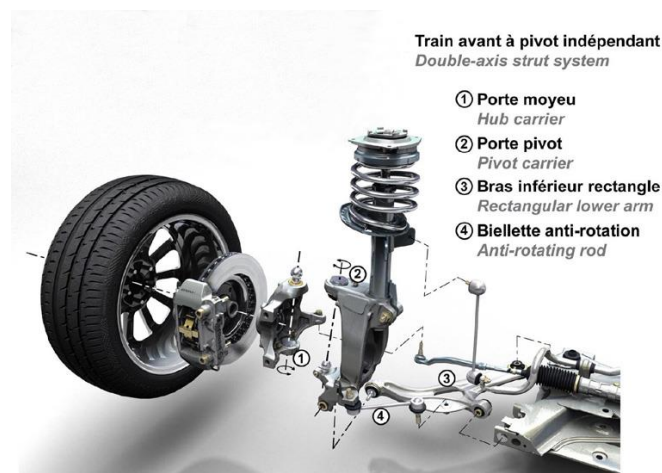


Rys. 3 Przekładnia kierownicza wspomagana silnikiem elektrycznym.

Trzecim elementem układu kierowniczego jest mechanizm zwrotnicy. Mechanizm zwrotnicy to zespół dźwigni i drążków łączących koła kierowane. Prawidłowy mechanizm zwrotnicy zapewnia toczenie się kół po łuku drogi bez poślizgu bocznego tzn. po torze, którego promień krzywizny jest zawsze prostopadły do płaszczyzny koła. Najprostszym mechanizmem jest trapezowy mechanizm zwrotnicy. Poprawne działanie oraz odpowiednie pochylenie kół oraz sworzni zwrotnic ma wpływ na samoczynne powracanie skręconych kół do położenia odpowiadającego jeździe na wprost, czyli tzw. skłonność samochodu do wychodzenia z zakrętu, oraz utrzymywanie przez samochód kierunku jazdy na wprost, pomimo działania niewielkich sił bocznych. Na rysunku 4 pokazano mechanizm zwrotnicy pojazdu osobowego [10].

Ze względu na ważną rolę układu kierowniczego w samochodzie powinno się zwracać uwagę na jego diagnostykę podczas okresowych przeglądów. Do najczęstszych objawów niesprawności przekładni kierowniczych możemy zaliczyć: luzy w układzie kierowniczym, charakterystyczne stukanie dobiegające spod pedałów, wycieki płynu z maglownicy, drgania na kierownicy, brak wspoma-

gania w jedną stronę oraz utrudnione (niewłaściwe) działanie wspomagania.



Rys. 4 Mechanizm zwrotnicy przedniego zawieszenia

2. METODY DIAGNOSTYKI UKŁADU KIEROWNICZEGO

Diagnozowanie elementów układu kierowniczego wykonuje się w celu ustalenia stopnia zużycia poszczególnych elementów układu oraz ich kwalifikację do dalszej eksploatacji. Można wyróżnić czynności diagnostyczne oraz kontrolne. Określa się również parametry ustawienia kół kierowanych i porównuje je z wartościami dopuszczalnymi określonymi przez producenta pojazdu.

Diagnozowanie układu kierowniczego ma na celu ustalenie:

- Czy aktualne wielkości zużycia elementów badanego układu nie przekraczają wartości dopuszczalnych;
 - Czy badany układ kierowniczy działa prawidłowo.
- Badania kontrolne układu kierowniczego obejmują:
- Oględziny zewnętrzne układu kierowniczego;
 - Pomiar sumarycznego luzu w układzie kierowniczym;
 - Pomiar siły na kole kierownicy;
 - Pomiar skrzywienia kół przednich i równoległości osi jezdnych pojazdu;
 - Pomiar kątów wyjściowych ustawienia kół przednich.

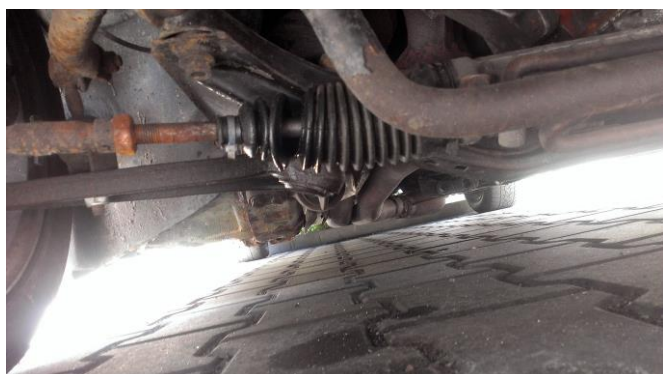
W związku z powyższym diagnozowanie układu kierowniczego powinno obejmować:

- weryfikację wstępną układu kierowniczego;
- kontrolę ustawienia układu kierowniczego;
- Weryfikację mechanizmu wspomagającego.

2.1. Weryfikacja wstępna układu kierowniczego

Przystępując do diagnostyki układu kierowniczego na początku należy poddać go oględzinom zewnętrznym. Podczas oględzin zewnętrznych pierwszą czynnością na jaką należy zwrócić uwagę, to poprawność mocowania przekładni i kolumny kierowniczej oraz czy przekładnia nie posiada wycieków płynu wspomagającego. Należy wykonać obrót kołem kierownicy, które powinny obracać się swobodnie, bez zacięć i nadmiernych oporów. Następnie należy poddać kontroli stan drążków mechanizmu zwrotniczego, stan połączeń przegubowych i zabezpieczeń. Występowanie luzu między poszczególnymi elementami najprościej można stwierdzić podczas diagnostyki układu na próbniku luzów przegubowych tzw. „szarpaku”, który wymusza przemieszczenia koła w różnych płaszczyznach. Jeżeli nie stwierdzi się żadnych nieprawidłowości, takich jak luzy, korozja, wycieki oleju z przekładni, można wykonać próbę drogową. Podczas próby drogowej należy sprawdzić, czy do wykonywania skrętów nie jest konieczne używanie zbyt dużej siły oraz czy prze-

noszenie drgań na koło kierownicy, po najechaniu kołami samochodu na nierówności drogi, nie jest nadmierne. Występowanie tych objawów wskazuje na niewłaściwą regulację elementów układu kierowniczego. Na rysunku 5 pokazano przykładowe niesprawności układu kierowniczego.



Rys. 5 Oględziny wstępne układu kierowniczego. Widoczna korozja drążka kierowniczego i uszkodzona osłona gumowa przekładni kierowniczej

Kolejną czynnością diagnostyczną jest próba pełnego skrótu kół. Przeprowadzana jest przy podniesionym na podnośniku warsztatowym przodzie pojazdu. Należy sprawdzić czy ilość obrotów koła kierownicy, od położenia do jazdy na wprost, do kół maksymalnie skręconych, jest jednakowa w dla skrótu w lewo i w prawo. Spełnienie tego warunku wskazuje, że przekładnia kierownicza przy ustawieniu kół przednich do jazdy na wprost znajduje się w swym środkowym położeniu.

Pomiar sumarycznego luzu w układzie kierowniczym można ocenić wzrokowo lub zmierzyć za pomocą przyrządu np. LUZ- 1. Ocena wzrokowa ruchu jałowego koła kierownicy polega na powolnym skręcaniu koła od jednego skrajnego położenia do drugiego, aż rozpocznie się skręcanie kół kierowanych. Długość łuku, jaki zakreśliła w tym czasie dowolny punkt na obwodzie koła kierownicy, jest miarą sumarycznego luzu układu.

Pomiar siły na kole kierownicy. W celu wykonania pomiaru należy na koło kierownicy założyć uchwyt dynamometru tak, aby siła dynamometru działała stycznie do obwodu koła kierownicy. Następnie pociągać za dynamometr, aż koło kierownicy obróci się o około 270° w prawo, a potem w lewo od środkowego położenia. Odczytać wartość maksymalnej siły wskazywanej przez dynamometr. W przypadku wykonywania pomiaru dla kompletnego układu kierowniczego opory skrętu kół kierowanych są miernikiem całkowitych oporów tarcia występujących w układzie kierowniczym. Koła kierowane powinny być uniesione lub ustawione na obrotnicach. Po odłączeniu mechanizmu zwrotniczego od mechanizmu kierowniczego wartość siły na kole kierownicy jest wskaźnikiem jakości regulacji przekładni oraz stopnia jej zużycia.

2.2. Kontrola ustawienia układu kierowniczego

Kontrolę ustawienia geometrii układu kierowniczego przeprowadza się, ponieważ właściwe ustawienia kół jezdnych ma ogromny wpływ na kierowność pojazdu, oraz na stateczność toru ruchu jak również na trwałość elementów zawieszenia oraz opon. Sprawdzenie geometrii układu kierowniczego może być wykonane dwiema metodami.

Kontrola ustawienia układu kierowniczego podczas ruchu pojazdu polega na ocenie ustawienia kół na podstawie wartości sił bocznych lub przemieszczeń występujących między toczącym się kołem i przesuwaną powierzchnią. Zaletą takiego testu jest szybkość jego wykonania. Czas pomiaru jest równy czasowi przejazdu samo-

chodu przez płytę. Urządzenia tego typu służą przeważnie do kontroli wstępnej ustawienia kół i umożliwiają jedynie ocenę pozytywną i negatywną. Na rysunku 6 pokazano płytę do wstępnej kontroli zbieżności.



Rys. 6 Badanie zbieżności – najazd na płytę przesuwaną

Drugą z metod to kontrola ustawienia układu kierowniczego w warunkach statycznych. Wykonuje się ją w przypadku negatywnego wyniku badania przejazdu przez płytę przesuwaną lub po czynnościach kontrolno-naprawczych układu kierowniczego lub naprawach blacharsko lakierniczych. Należy wtedy wykonać pomiary bardziej precyzyjne w warunkach statycznych.



Rys. 7 Stanowisko do badania geometrii pojazdu

Ocenie poddaje się następujące parametry ustawienia kół samochodu:

- a) kąty ustawienia kół przednich:
 - zbieżność kół,
 - kąt pochylenia koła,
 - kąt pochylenia osi sworznia zwrotnicy,
 - kąt wyprzedzenia osi sworznia zwrotnicy,
- b) współzależność kątów skręcenia kół kierowanych,
- c) parametry ustawienia osi pojazdu.

2.3. Diagnostyka hydraulicznego mechanizmu wspomagającego

Obecnie w pojazdach częstym rozwiązaniem są hydrauliczne mechanizmy wspomagające układów kierowniczych. Przystępując do kontroli stanu technicznego instalacji hydraulicznych zacząć należy od oględzin zewnętrznych i sprawdzenia elementów układu,

oceny ich szczelności oraz poprawności działania. Działanie mechanizmu kontroluje się poprzez obracanie kołem kierownicy przy pracującym i niepracującym silniku. Wymagana jest również kontrola poziomu płynu w zbiorniku wyrównawczym oraz kontrola naciągnięcia paska napędu pompy. Do najczęściej występujących nieprawidłowości układu należą: pęknięcie przewodów, spowodowane zewnętrznymi uszkodzeniami mechanicznymi i starzeniem materiału lub na skutek zbyt wysokiego ciśnienia spowodowanego niewłaściwą regulacją, uszkodzenie zaworów lub utrata drożności filtrów lub przewodów. Spotykane są także uszkodzenia zmęczeniowe części zespołów hydraulicznych oraz pęknięcia korpusów pomp, zaworów i innych elementów. Należy zwrócić uwagę na przecieki zewnętrzne oleju na połączeniach przewodów i tłoczyk siłowników. Te ostatnie powstają na skutek zarysowania gładzi cylindrów lub uszkodzenia uszczelnień tłoków siłowników. Do badań organoleptycznych stosuje się niekiedy przyrządy wspomagające, na przykład endoskopy do obserwacji miejsc trudno dostępnych. Do wykrywania nieszczelności, a zwłaszcza pęknięć obudowy zespołów stosuje się metody penetracyjne. Umytą i wytartą do sucha powierzchnię obudowy zespołu hydraulicznego pokrywa się specjalnym płynem lub zmieloną kredą, która zmienia barwę w miejscu pęknięcia na skutek przesączenia się oleju.

Stan oleju może być badany metodami uproszczonymi za pomocą przenośnych zestawów diagnostycznych lub w warunkach laboratoryjnych. Zestaw diagnostyczny pozwala najczęściej na sprawdzenie lepkości kinematycznej, czystości, kwasowości i zawartości wody w oleju.

Metodami przyrządowymi mierzy się parametry diagnostyczne określające stan techniczny instalacji hydraulicznych. Najczęściej dokonuje się pomiaru: ciśnienia, szczelności, wydatku, temperatury, prędkości obrotowej, przecieków wewnętrznych i parametrów geometrycznych. Podczas badania zespołów hydraulicznych z reguły wykonuje się równoczesny pomiar kilku parametrów diagnostycznych. Podstawowym parametrem jest ciśnienie robocze, którego maksymalna wartość może zawierać informację diagnostyczną o stanie technicznym pompy, o regulacji zaworu przelewowego, o szczelności połączeń instalacji oraz wewnętrznej szczelności siłownika. Zbyt wiele czynników wpływających na wartość ciśnienia roboczego cieczy powoduje, że w celu jednoznacznego określenia stanu mechanizmu wspomagającego i zlokalizowania niewłaściwie funkcjonującego zespołu konieczne jest dokonanie dodatkowych uzupełniających pomiarów. Należą do nich wydatek pompy, temperatura cieczy w czasie pomiaru wydatku i ciśnienia roboczego, prędkość obrotowa pompy lub wału korbowego silnika przy znanym przełożeniu napędu pompy, spadku ciśnienia D_p w określonym czasie t np. 30 lub 60 s, w obwodach lub zespołach niepracującej instalacji hydraulicznej po doprowadzeniu do niej cieczy pod stałym ciśnieniem zbliżonym do maksymalnego.

Taki zbiór wyników pomiarów umożliwia wnioskowanie diagnostyczne, pozwalające na sformułowanie w pełni wiarygodnej oceny stanu technicznego mechanizmu wspomagającego, będącej podstawą decyzji technicznych dotyczących na przykład wymiany zespołu, wykonania regulacji napędu pompy, zaworu przepływowego, ogranicznika skrętu itp.

Do przyrządowego diagnozowania instalacji hydraulicznych stosuje się najczęściej manometry wraz z trójnikiem i elastycznym przewodem oraz przenośne zestawy do diagnozowania hydrauliki siłowej umożliwiające pomiar większej liczby parametrów.

2.4. Diagnostyka elektrycznego mechanizmu wspomaganie

Do niedawna najczęściej stosowanym rozwiązaniem wspomaganie układu kierowniczego było rozwiązanie hydrauliczne. Obecnie coraz częściej rozwiązaniem jest wspomaganie elektryczne. Staje

się tak za sprawą dużo większej efektywności rozwiązania elektrycznego w porównaniu z standardowym hydraulicznym. Wspomaganie elektryczne zużywa jedynie 10% energii [8], wyłącznie w momentach kiedy jest to konieczne. Ze względu na brak konieczności pobierania energii z jednostki napędowej, spalanie paliwa zmniejsza się o 0,33 l/100 km, co pozwala jednocześnie obniżyć emisję dwutlenku węgla do atmosfery [10]. Również te zaawansowane układy wyposażone w elektryczne wspomaganie mogą ulec uszkodzeniu.

Diagnostyka elektrycznego układu wspomaganie jest uproszczona, ze względu na to, że układy elektryczne są wyposażone w samodiagnozę i pamięć niesprawności. Do diagnozowania całego systemu elektrycznego układ posiada 16 stykowe gniazdo diagnostyczne OBD. Do diagnozowania niesprawności można korzystać ze standardowego fabrycznego testera Examiner lub innych przyrządów diagnostycznych np. KTS 540 firmy Bosch. Wspomaganie elektryczne posiada zwartą budowę, części są zazwyczaj nierozbieralne. Elementami jakie w układach tych wymienia się najczęściej są: silnik elektryczny wraz z czujnikiem pozycji, centralkę elektroniczną, wałek kolumny kierownicy.

PODSUMOWANIE

Układ kierowniczy jest jednym z najważniejszych układów pojazdów. Stan techniczny układu kierowniczego ma istotny wpływ na bezpieczeństwo czynne oraz bierne pojazdu. W związku z tym podczas badań pojazdów, wykonywanych na okresowych kontrolach dopuszczających pojazd do ruchu, diagnozy dokładnie poddają sprawdzonemu układ kierowniczy, eliminując z ruchu pojazdy z usterkami. Prawidłowa diagnostyka niesprawności układu kierowniczego pozwala na wczesne rozpoznanie stanów niezdatności poszczególnych elementów tego układu. Wczesne rozpoznanie diagnostyczne niesprawności pozwala na uniknięcie dalszej degradacji elementów układu kierowniczego, co ma wpływ na bezpieczeństwo użytkowników pojazdu (jak również innych uczestników ruchu drogowego) oraz na zmniejszenie kosztów napraw. Na sprawność układu kierowniczego wpływa bardzo wiele elementów. Od elementów mocujących poszczególne części układu, poprzez różnego rodzaju przeguby i krzyżaki łączące te części ze sobą, a na różnego rodzaju mechanizmach wspomagających kończąc. Układy kierownicze projektowane są w taki sposób, że niedomaganie któregośkolwiek z wymienionych elementów nie powinno spowodować utraty możliwości kierowania pojazdem. Jednakże zużycie któregośkolwiek z tych elementów ma wpływ na precyzję całego układu, co w sposób wyraźny wpływa na komfort użytkownika i bezpieczeństwo. Dlatego diagnostyka oraz konserwacja układu kierowniczego jest niezwykle ważna w aspekcie bezpieczeństwa i komfortu użytkownika pojazdu.

BIBLIOGRAFIA

1. Kubiak P., Zalewski M (2012). Pracownia diagnostyki pojazdów samochodowych, Warszawa: WKiŁ
2. Trzeciak K. (2005). Diagnostyka samochodów osobowych, Warszawa: WKiŁ
3. Orzełowski S. (2008). Naprawa i obsługa pojazdów samochodowych, Warszawa: WSiP
4. Rychter T. (2012) Mechanik Pojazdów samochodowych, Warszawa: WSiP
5. Literatura:
6. Sitek K.: Diagnostyka Samochodowa: układy odpowiedzialne za bezpieczeństwo jazdy. Wydaw. AUTO, Warszawa 1999
7. Wysocki A., Niziński S. Diagnostyka samochodów osobowych i ciężarowych. Dom Wydaw. Bellona, Warszawa 1999.

8. Trzeciak K.: Diagnostyka samochodów osobowych. Wydaw. Komunikacji i Łączności. Warszawa 2002.
9. Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Wydaw. Uczelniane ATR. Bydgoszcz 1996.
10. Materiały zebranie z praktyki reklamacyjnej i szkoleniowej wiodącej na rynku firmy zajmującej się regeneracją przekładni kierowniczych.
11. Lotko W. Praca zbiorowa Laboratorium diagnostyki pojazdów Wydawnictwo Politechniki Radomskiej, Radom 2009.

The analysis of the diagnostic procedures of steering systems in automobiles

This article describes the structure of steering systems in automobiles with hydraulic or electric power steering. It

presents the most common damages of the steering systems and offers a systematic approach to the knowledge about diagnostic procedures performed while examining steering systems.

Autorzy:

dr hab. inż. **Krzysztof Górski**, prof. UTH – Uniwersytet Technologiczno-Humanistyczny im. Kazimierza Pułaskiego w Radomiu, Wydział Mechaniczny;

mgr inż. **Przemysław Sander** - Politechnika Lubelska, Katedra Pojazdów Samochodowych;

mgr inż. **Tomasz Durczak** - Politechnika Lubelska, Katedra Pojazdów Samochodowych.