



MINISTERSTWO EDUKACJI
NARODOWEJ



Adam Sabinok

Wykonywanie pomiarów diagnostycznych silnika 723[04].Z2.07

Poradnik dla ucznia

Wydawca
Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy
Radom 2007

„Projekt współfinansowany ze środków Europejskiego Funduszu Społecznego”

Recenzenci:

mgr Stanisław Kołtun
mgr inż. Jan Kania

Opracowanie redakcyjne:

mgr inż. Adam Sabiniok

Konsultacja:

mgr inż. Gabriela Poloczek

Poradnik stanowi obudowę dydaktyczną programu jednostki modułowej 723[04].Z2.07 Wykonywanie pomiarów diagnostycznych silnika, zawartego w modułowym programie nauczania dla zawodu mechanik pojazdów samochodowych.

Wydawca

Instytut Technologii Eksploatacji – Państwowy Instytut Badawczy, Radom 2007

SPIS TREŚCI

1. Wprowadzenie	3
2. Wymagania wstępne	5
3. Cele kształcenia	6
4. Materiał nauczania	7
4.1. Diagnostyka silnika na podstawie oceny parametrów jego pracy	7
4.1.1. Materiał nauczania	7
4.1.2. Pytania sprawdzające	22
4.1.3. Ćwiczenia	22
4.1.4. Sprawdzian postępów	24
4.2. Diagnostyka silnika przy pomocy pomiaru ciśnień	25
4.2.1. Materiał nauczania	25
4.2.2. Pytania sprawdzające	33
4.2.3. Ćwiczenia	33
4.2.4. Sprawdzian postępów	36
5. Sprawdzian osiągnięć	37
6. Literatura	41

1. WPROWADZENIE

Poradnik będzie Ci pomocny w nabywaniu umiejętności z zakresu wykonywania pomiarów diagnostycznych silnika.

W poradniku zamieszczono:

- wymagania wstępne – wykaz umiejętności, jakie powinieneś mieć już ukształtowane, abyś bez problemów mógł korzystać z poradnika,
- cele kształcenia – wykaz umiejętności, jakie ukształtujesz podczas pracy z poradnikiem,
- materiał nauczania – podstawowe wiadomości teoretyczne niezbędne do opanowania treści jednostki modułowej,
- zestaw pytań przydatny do sprawdzenia, czy już opanowałeś treści zawarte w tym rozdziale,
- ćwiczenia, które pomogą Ci zweryfikować wiadomości teoretyczne oraz ukształtować umiejętności praktyczne,
- sprawdzian postępów,
- sprawdzian osiągnięć – przykładowy zestaw zadań i pytań. Pozytywny wynik sprawdzianu potwierdzi, że dobrze pracowałeś podczas zajęć i że nabyłeś wiedzę i umiejętności z zakresu tej jednostki modułowej,
- literaturę uzupełniającą.

Z rozdziałem Pytania sprawdzające możesz zapoznać się:

- przed przystąpieniem do rozdziału „Materiał nauczania” – poznając wymagania wynikające z zawodu, a po przyswojeniu wskazanych treści, odpowiadając na te pytania sprawdzisz stan swojej gotowości do wykonywania ćwiczeń,
- po opanowaniu rozdziału „Materiał nauczania”, by sprawdzić stan swojej wiedzy, która będzie Ci potrzebna do wykonywania ćwiczeń.

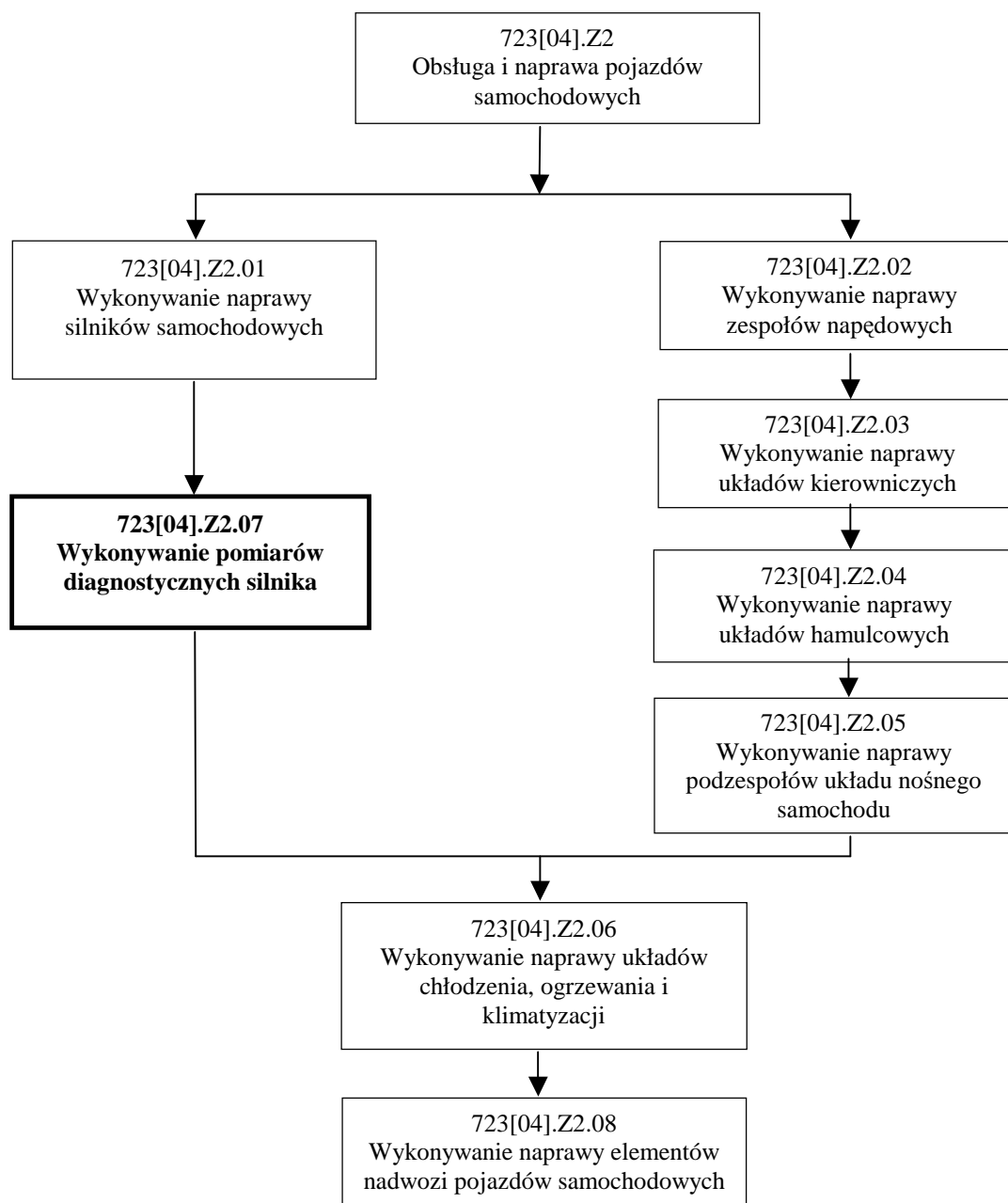
Kolejny etap to wykonywanie ćwiczeń, których celem jest uzupełnienie, utrwalenie wiadomości i ukształtowanie umiejętności z zakresu wykonywania pomiarów diagnostycznych silnika.

Po wykonaniu zaplanowanych ćwiczeń, sprawdź poziom swoich postępów wykonując „Sprawdzian postępów”.

Odpowiedzi „Nie” wskazują luki w Twojej wiedzy, informują Cię również, jakich zagadnień jeszcze dobrze nie poznałeś. Oznacza to także powrót do treści, które nie są dostatecznie opanowane.

Poznanie przez Ciebie wszystkich lub określonej części wiadomości będzie stanowiło dla nauczyciela podstawę przeprowadzenia sprawdzianu poziomu przyswojonych wiadomości i ukształtowanych umiejętności. W tym celu nauczyciel może posłużyć się zadaniami testowymi.

W poradniku jest zamieszczony sprawdzian osiągnięć, który zawiera przykład takiego testu oraz instrukcję, w której omówiono tok postępowania podczas przeprowadzania sprawdzianu i przykładową kartę odpowiedzi, w której, w przeznaczonych miejscach zakresł właściwe odpowiedzi spośród zaproponowanych.



Schemat układu jednostek modułowych

2. WYMAGANIA WSTĘPNE

Przystępując do realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- wyjaśniać podstawowe prawa i zasady mechaniki technicznej, termodynamiki i elektrotechniki,
- rozróżniać części maszyn,
- dobierać przyrządy pomiarowe,
- dokonywać podstawowych pomiarów wielkości fizycznych,
- charakteryzować podstawowe procesy starzenia się i zużycia materiałów oraz części,
- posługiwać się dokumentacją techniczną,
- rozróżniać zasadnicze zespoły samochodu,
- wykonywać demontaż i montaż silnika dwusuwowego,
- wykonywać demontaż i montaż silnika czterosuwowego,
- wykonywać demontaż i montaż układów zasilania silników ZI oraz ZS,
- zweryfikować poszczególne części silnika i jego podzespołów,
- przestrzegać zasady bezpiecznej pracy, przewidywać zagrożenia i zapobiegać im,
- korzystać z różnych źródeł informacji,
- selekcjonować, porządkować i przechowywać informacje,
- współpracować w grupie,
- oceniać własne możliwości sprostania wymaganiom stanowiska pracy i wybranego zawodu,
- organizować stanowisko pracy zgodnie z wymogami ergonomii.

3. CELE KSZTAŁCENIA

W wyniku realizacji programu jednostki modułowej powinieneś umieć:

- dokonać organoleptycznej kontroli stanu technicznego silnika,
- osłuchać pracujący silnik,
- zmierzyć wielkość podciśnienia w przewodzie dolotowym silnika,
- zmierzyć wielkość ciśnienia sprężania w cylindrach silnika,
- zmierzyć szczelność cylindrów silnika metodą sprężonego powietrza,
- zmierzyć wielkość ciśnienia oleju w układzie smarowania silnika,
- dokonać pomiaru składu spalin silnika z zapłonem iskrowym,
- dokonać pomiaru zadymienia spalin silnika z zapłonem samoczynnym,
- dokonać pomiaru kąta wyprzedzenia zapłonu i wyregulować go,
- dokonać pomiaru kąta wyprzedzenia wtrysku i wyregulować go,
- zastosować przepisy bhp i ochrony ppoż. obowiązujące na stanowisku pracy.

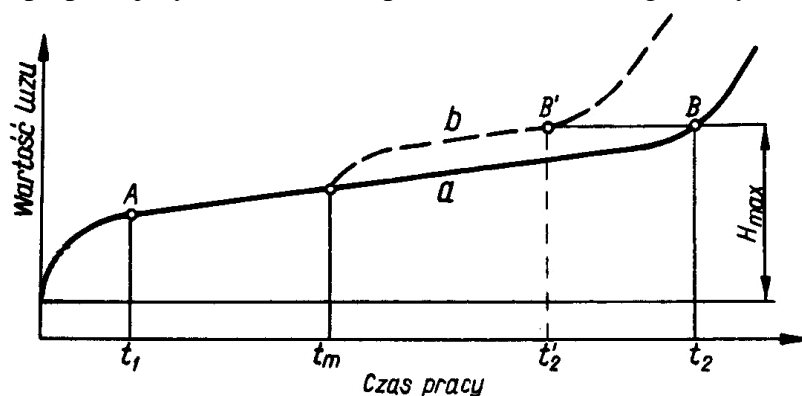
4. MATERIAŁ NAUCZANIA

4.1. Diagnostyka silnika na podstawie oceny parametrów jego pracy

4.1.1. Materiał nauczania

Warunkiem prawidłowego przeprowadzenia oraz trafnego wyniku diagnostyki jest znajomość teoretyczna oraz praktyczna budowy i działania samochodu oraz jego mechanizmów. Jeżeli w czasie diagnostyki wystąpią jakieś wątpliwości, co do wyniku należy w razie możliwości przeprowadzić dodatkowe badania. Określenie stanu pojazdu lub jego zespołów jest zatem zjawiskiem trudnym, wymagającym znacznych kwalifikacji. Złe postawiona diagnoza może być przyczyną dalszego działania destrukcyjnego zespołu oraz narazić właściciela pojazdu lub mechanika wykonującego naprawę na niepotrzebne wydatki.

Badania diagnostyczne umożliwiają określenie stanu technicznego zespołu bez konieczności jego demontażu, a więc następuje oszczędność czasu, pieniędzy – nie ma konieczności wymiany części jednorazowych, oraz nie występuje zjawisko ponownego docierania par współpracujących części (tłok-pierścienie tłokowe-gładź cylindra).



Rys. 1. Krzywe zużycia części; A – wartość luzu po okresie docierania, B – wartość maksymalnego (granicznego) luzu dopuszczalnego, t_1 – okres docierania, a – przebieg normalny, b – krzywa przyspieszonego zużycia wskutek rozbiórki i ponownego montażu po czasie t_m , t_2' – czas do granicznego zużycia H_{max} , t_2 – czas, po którym tą samą wartość zużycia osiągnie część demontowana [3, s. 95],

Stan techniczny silnika można określić poprzez ocenę osiągnięć samochodu, zużycia paliwa i oleju pomiary ciśnienia, spadku ciśnienia lub podciśnienia.

Organoleptyczna kontrola stanu i osłuchiwanie pracującego silnika

Stan techniczny silnika można wstępnie ocenić na podstawie jego oględzin. Nie jest do tego wymagane żadne specjalistyczne wyposażenie, ale za to wymaga to od przeprowadzającego dużej znajomości tematu budowy i diagnostyki silników.

Podstawowym sprawdzianem stanu silnika (oraz dbałości o silnik przez kierowcę) jest kontrola poziomu i stanu płynów eksploatacyjnych. Niski poziom płynu oraz ślady wycieku świadczą o obecnym wycieku. Typowymi miejscami przecieków są uszczelki, pierścienie uszczelniające oraz różne połączenia części.

Ślady oleju lub smaru w cieczy chłodzącej świadczą o uszkodzeniu na przykład uszczelnień łożysk pompy lub nawet uszczelki pod głowicą.

Olej silnikowy nie powinien nosić śladów płynu chłodzącego, który najczęściej dostaje się do układu poprzez uszkodzoną uszczelkę pod głowicą.

Olej z cieczą chłodzącą tworzy specyficzną emulsję. W okresie zimowym przy eksploatacji pojazdu na krótkich odcinkach z niedogrzanym silnikiem występuje biaława emulsja na korku

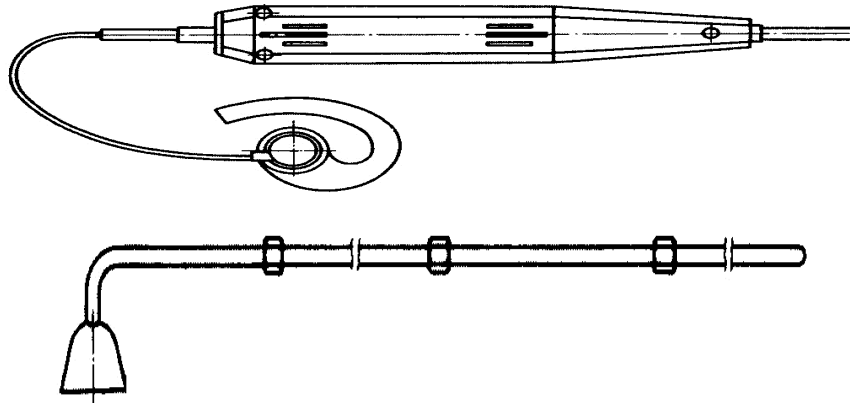
i pokrywie wlewu oleju, co jest zjawiskiem normalnym. Powodem jest skraplająca się para wodna.

Olej silnikowy nie powinien być zbyt rzadki ani nosić zapachu benzyny. Uszkodzona przepona mechanicznej pompy paliwa, zbyt bogata mieszanka, jazda z włączonym urządzeniem rozruchowym czy usterka układu wtryskowego może powodować przedostawanie się paliwa do oleju silnikowego.

Paski napędu osprzętu powinny posiadać prawidłowy naciąg oraz nie powinny nosić śladów płynów eksploatacyjnych. Wszystkie przewody nie powinny nosić śladów uszkodzeń, powinny spoczywać w swoim miejscu zabezpieczone w przewidziany sposób.

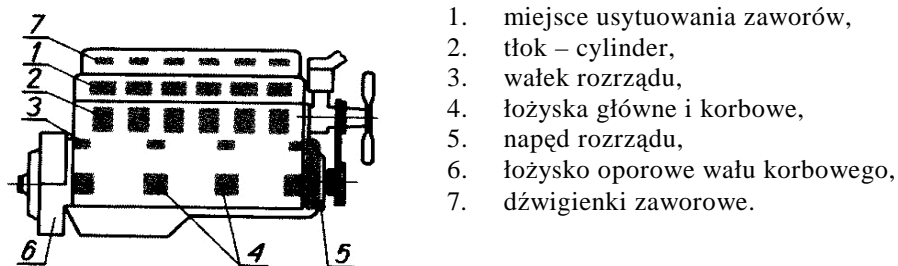
Słyszalny syk w czasie pracy silnika może być powodowany nieuszczelnnością przewodów, uszczelek lub pęknięć. Linki i cięgna powinny łatwo dawać się przesuwac. Weryfikacji podlega również stan wkładu filtra powietrza. Silnik powinien dawać się łatwo uruchomić zarówno będąc zimnym jak i ciepłym.

Pracujący silnik powinien pracować równomiernie, z właściwą liczbą obrotów biegu jałowego, bez wibracji i stuków w całym zakresie swoich obrotów. Odróżnienie normalnych odgłosów pracującego silnika od nietypowych wymaga dużego doświadczenia. Prosty urządzeniem wspomagającym nasz słuch jest stetoskop akustyczny prętowy, słuchawkowo-komorowy lub elektroniczny.



Rys. 2. Stetoskop prętowy i elektroniczny [4, s. 276].

Osluchiwanie pracującego silnika przeprowadza się w charakterystycznych strefach.



Rys. 3. Strefy osłuchiwania silnika [4, s. 277].

Tabela 1. Dźwiękowe objawy podstawowych objawów niesprawności silnika [4, s. 277].

Przyczyna hałasu	Objaw zasadniczy	Objawy pomocnicze
Nadmierny luz zestawu tuleja-tłok	Dźwięk średniej wysokości, cichy, suchy, trzaskający, przerywany. Występuje zasadniczo regularnie, z częstotliwością jednego stuku na jeden obrót wału korbowego	Wzrost natężenia dźwięku przy gwałtownym zwiększaniu prędkości obrotowej, spadku temperatury i dużym obciążeniu silnika. Wyraźny spadek natężenia przy wyłączeniu zapłonu w najbliższym cylindrze oraz przy próbie olejowej
Nadmierny luz pierścieni w rowkach tłoka	Przerywany szum, najlepiej słyszalny przy średniej prędkości obrotowej silnika w okolicach górnej i dolnej krawędzi cylindrów	
Pęknięte pierścienie tłokowe	Lekkie, stłumione trzaski, występujące najwyraźniej przy zwiększaniu prędkości obrotowej silnika	
Nadmierny luz skojarzenia tłok-swożeń tłokowy – główka korbowodu	Głośny, przerywany, metaliczny stuk, najlepiej słyszalny przy średniej prędkości obrotowej. Występuje regularnie z częstotliwością jeden stuk na jeden obrót wału	Wzrost natężenia dźwięku przy gwałtownym podwyższeniu prędkości obrotowej i przyspieszeniu zapłonu. Wyraźny spadek natężenia dźwięku po wyłączeniu zapłonu w najbliższym cylindrze
Nadmierny luz w łożyskach korbowych wału korbowego	Dźwięk średniego natężenia, metaliczny-dźwięczny, o średniej wysokości, przerywany o charakterze stuku. Występuje regularnie z częstotliwością jednego stuku na jeden obrót wału	Wzrost natężenia dźwięku przy gwałtownym zwiększaniu obrotów i dużym obciążeniu silnika oraz przy jeździe z wyłączonym sprzęgłem. Wyraźny spadek natężenia dźwięku po wyłączeniu zapłonu w cylindrze
Nadmierny luz w łożyskach głównych wału	Stuki przerywane o dużym nasileniu, niskim głuchym tonie	Wzrost natężenia dźwięku przy gwałtownym zwiększaniu obrotów i dużym obciążeniu silnika oraz przy jeździe z wyłączonym sprzęgłem. Wyraźny spadek natężenia dźwięku po wyłączeniu zapłonu w cylindrze
Nadmierny luz w łożysku oporowym wału korbowego	Dźwięk głośny, niski, zbliżony do metalicznego, nieregularny	Wzrost natężenia dźwięku przy gwałtownym zwiększaniu obrotów oraz przy wyłączeniu oraz ponownym włączeniu sprzęgła
Nadmierny luz w łożyskach tocznych wału korbowego Uszkodzenie bieżni łożyska tocznego Znacznie zużyte łożysko toczne	Nadmierny szum Nieregularne uderzenia na tle szumu Grzechot	Wzrost natężenia szumu ze wzrostem obrotów silnika
Nadmierny luz między trzonkami i prowadnicami zaworów	Dźwięczne, metaliczne stuki	
Nadmierny luz zaworowy	Cichy, regularny stuk metaliczny o częstotliwości jeden stuk na dwa obroty wału	Spadek natężenia dźwięku przy podwyższaniu temperatury i pracy silnika przy wysokich obrotach. Po wyłączeniu zapłonu natężenie dźwięku nie ulega zmianie

Nadmierny luz promieniowy w łożyskach wałka rozrządu	Stuki o niskim tonie, stosunkowo ciche, wysłuchiwane w okolicy łożyskowania wałka	
Nadmierny luz osiowy wałka rozrządu	Dźwięk średniej wysokości, metaliczny, dźwięczny o średnim natężeniu, przerywany-nieregularny	
Nadmierne luzy międzyzębne kół napędu rozrządu Uszkodzony ząb	Dźwięk ciągły przypominający wycie Dźwięk przerywany	
Spalanie detonacyjne	Dźwięk głośny, metaliczny, dźwięczny, przerywany, występujący nieregularnie. Występuje przy dużym obciążeniu	Spadek natężenia dźwięku w przypadku: – wyłączenia zapłonu, – opóźnienia zapłonu, – obniżenia temperatury silnika, – pracy przy dużej prędkości obrotowej.
Samozapłon	Jak w przypadku spalania detonacyjnego	Znikanie stuków po obniżeniu temperatury silnika i pojawienie po podwyższeniu. Wzrost natężenia przy dużej prędkości obrotowej oraz występowanie pracy po wyłączeniu zapłonu

Pomiar składu spalin silnika z zapłonem iskrowym

Analiza spalin umożliwia szybkie wnioskowanie o stanie technicznym silnika, jego zespołów oraz o przebiegu procesów spalania w cylindrze oraz reakcjach zachodzących w katalizatorze.

W skład spalin silnika o zapłonie iskrowym wchodzi grupy toksyczne i nietoksyczne.

Nietoksycznymi składnikami spalin są:

- dwutlenek węgla (CO_2) – produkt końcowy procesów spalania paliwa w silniku i utleniania w katalizatorze,
- para wodna (H_2O) – produkt końcowy procesów spalania paliwa w silniku i utleniania w katalizatorze,
- azot (N_2) – w otaczającym powietrzu jest go około 78% i wraz z nim dostaje się do komory spalania, a następnie do spalin,
- tlen (O_2) – w otaczającym powietrzu jest go około 21% i wraz z nim dostaje się do komór spalania, w których jest niezbędny do przebiegu procesów spalania, a jego niewykorzystana część ulatuje ze spalinami.

Toksycznymi składnikami spalin są:

- tlenek węgla (CO),
- węglowodory (HC),
- tlenki azotu (NO_x),
- i inne.

Charakterystyka wybranych składników spalin

CO_2 – dwutlenek węgla, jest on miarą dobrego spalania mieszanki. Największe wartości stężenia osiąga dla współczynnika nadmiaru powietrza $\lambda=1$, a więc dla spalania stechiometrycznego. Jego wysokie stężenie świadczy o wysokiej sprawności silnika i katalizatora. Jest gazem bezbarwnym i nieszkodliwym. Zawartość CO_2 w spalinach podawana jest objętościowo w %. Normalne wartości wynoszą odpowiednio (14,5–16,0)% dla samochodów z katalizatorem i (13,0–14,5)% dla samochodów bez katalizatora.

O₂ – tlen, jego stężenie w powietrzu wynosi około 20,9% i jest on podstawowym składnikiem podtrzymującym życie. Jego stężenie w spalinach uzależnione jest od składu mieszanki paliwowo-powietrznej. W przypadku samochodów z katalizatorem stężenie tlenu powinno być zbliżone do zera. Zawartość w spalinach wyrażana jest w % objętości i normalnie zawiera się w granicach 0,0–0,2% dla samochodów z katalizatorem i (0,5–1,5)% dla samochodów bez katalizatora.

CO – tlenek węgla, powstaje on w wyniku niecałkowitego spalania węgla wskutek niewystarczającej ilości tlenu lub zbyt krótkiego czasu spalania. Podobnie jak węglowodory jest związkiem silnie trującym. Jest to gaz wyjątkowo niebezpieczny, gdyż jest bezwonny i bezbarwny. Jego zawartość w spalinach podawana jest w % objętości. Wysokie wartości wskazują na zbyt bogatą mieszankę. Normalne wartości pomiarowe zawierają się w zakresie 0,05% objętości dla samochodów z katalizatorem i (0,5–3,5)% dla samochodów bez katalizatora.

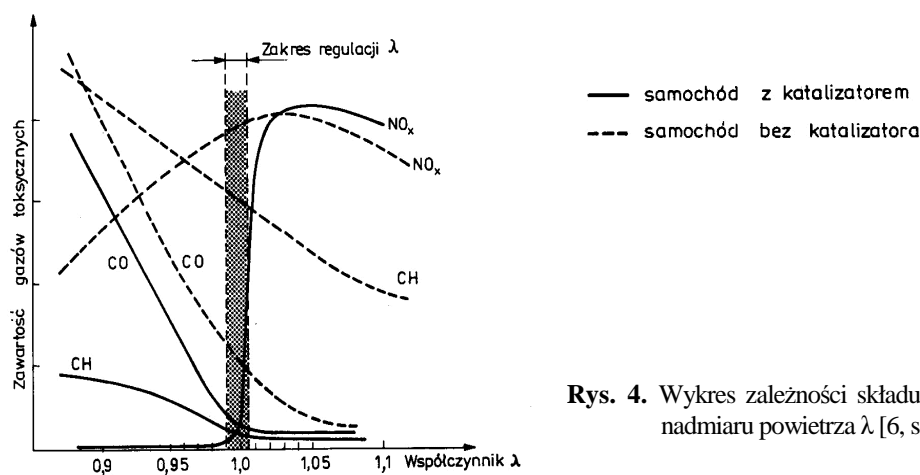
HC – węglowodory są to niespalone cząstki paliwa. Powstają w wyniku niepełnego spalania mieszanki paliwowo-powietrznej. Są silnie trujące. Ich zawartość w spalinach podawana jest w ppm (parts per milion, 1% = 10000 ppm) w stosunku objętościowym. Normalne wskazania dla samochodów z katalizatorem zawierają się w przedziale 0–30 ppm, dla samochodów bez katalizatora 100–300 ppm.

NO_x – tlenki azotu mają szkodliwy wpływ na środowisko naturalne, przyczyniają się do powstawania smogu. Wśród tlenków azotu główne znaczenie ma tlenek azotu (NO), który jest gazem bezbarwnym i w wysokim stopniu powoduje paraliż centralnego układu nerwowego oraz dwutlenek azotu (NO₂), koloru czerwono – brązowego o ostrym zapachu i trujących właściwościach, powodujący zapalenie dróg oddechowych.

Zawartość NO_x w spalinach podawana jest podobnie jak w przypadku HC w ppm objętościowo. Normalne wartości pomiarowe na biegu jałowym wynoszą 0–30 ppm dla samochodów z katalizatorem i 100–300 ppm w przypadku braku katalizatora.

Kontrolę procesów spalania najlepiej odzwierciedla zawartość CO i CO₂ w spalinach silnika. Mieszanka normalna charakteryzuje się współczynnikiem nadmiaru powietrza λ równym jeden, co oznacza, iż jej skład wynosi 14,7 kg powietrza na 1 kg paliwa. Mieszanka bogata posiada λ mniejsze od jedności, a uboga λ większe od jedności. Mieszanka uboga posiada nadmiar powietrza w stosunku do wartości teoretycznej potrzebnej do całkowitego i zupełnego spalania paliwa. Zmiany składu mieszanki paliwowo-powietrznej mogą odbywać się tylko w granicach określonych parametrami eksploatacyjnymi silnika oraz dopuszczalną zawartością substancji toksycznych w spalinach pojazdu.

W przypadku wystąpienia nieprawidłowości w procesie spalania wskutek niewłaściwego składu mieszanki, nieprawidłowo działającego układu zapłonowego lub rozrządu objawia się to pogorszeniem właściwości trakcyjnych, zwiększeniem zużycia paliwa a co za tym idzie zwiększoną emisją zanieczyszczeń gazowych.



Rys. 4. Wykres zależności składu spalin od współczynnika nadmiaru powietrza λ [6, s. 113].

Do badania składu spalin i na tej podstawie określania prawidłowości przebiegu procesów spalania w silniku o zapłonie iskrowym służą analizatory spalin. Wykorzystywane są one również do pomiaru zawartości w spalinach substancji toksycznych, których dopuszczalne stężenie zostało określone w międzynarodowych przepisach. Analizatory działające według zasady porównania przewodności cieplnej spalin umożliwiają jedynie ogólną kontrolę składu mieszanki na podstawie wagowego stosunku zassanego powietrza do pobranego paliwa.

Nowoczesne analizatory czterogazowe pozwalają na szybkie i dokładne określenie stężenia w spalinach takich składników, jak: CO, CO skorygowane, CO₂, CH, O₂. Ponadto są przystosowane do pomiaru prędkości obrotowej silnika i temperatury oleju silnikowego oraz określają proporcje powietrze/paliwo w mieszance (tzw. współczynnik AFR) bądź współczynnik nadmiaru powietrza lambda λ .

Najnowsze analizatory wieloskładnikowe, które pozwalają dodatkowo mierzyć stężenie NO_x (tlenków azotu) umożliwiają lepszą ocenę skuteczności działania układów sterowania pracą silnika oraz działanie katalizatora.

Zgodnie z obowiązującymi rozporządzeniami stężenie substancji toksycznych w spalinach nie może przekraczać:

- a) dla samochodów rejestrowanych po raz pierwszy po dniu 01.05.2004 roku:
 - 0,3% CO mierzone przy prędkości obrotowej biegu jałowego silnika,
 - 0,2% CO oraz współczynnik nadmiaru powietrza lambda $\lambda=0,97$ do 1,03 przy podwyższonej prędkości obrotowej 2000–3000 obr/min.
- b) dla samochodów o pojemności skokowej silnika powyżej 700 cm³ rejestrowanych po raz pierwszy po dniu 30.06.1995 roku oraz dla samochodów o pojemności do 700 cm³ rejestrowanych po dniu 31.12.1996:
 - 0,5% CO i 100ppm węglowodorów CH mierzone przy prędkości obrotowej biegu jałowego silnika,
 - 0,3%CO, 100 ppm węglowodorów CH oraz współczynnik nadmiaru powietrza lambda $\lambda = 0,97-1,03$ przy podwyższonej prędkości obrotowej 2000–3000 obr/min.
- c) 3,5% tlenku węgla CO dla samochodów rejestrowanych po raz pierwszy do dnia 30.06.1995 roku a dla samochodów z silnikiem o pojemności do 700 cm³ do dnia 31.12.1996 roku,
- d) 4,5% tlenku węgla CO dla samochodów rejestrowanych po raz pierwszy przed dniem i dla motocykli rejestrowanych po raz pierwszy po dniu 1.10.1986,
- e) 5,5% tlenku węgla CO dla motocykli rejestrowanych po raz pierwszy przed dniem 1.10.1986 roku.

Jak widać, przepisy administracyjne zmierzają do znacznego obniżania dopuszczalnych wartości emisji związków toksycznych.

Analizatory spalin jako przyrządy pomiarowe podlegają kontroli metrologicznej. Z powodu konieczności zagwarantowania właściwej dokładności pomiarowej zabronione jest samowolne dokonywanie wszelkich napraw i zmian w urządzeniu.

Okresowa obsługa analizatora zgodnie z dokumentacją serwisową polega na:

- sprawdzaniu wzrokowym stanu urządzenia,
- zapewnieniu drożności przewodu i sondy pomiarowej,
- wymianie filtrów,
- sprawdzaniu szczelności układu pomiarowego,
- zapewnieniu terminowości wykonania kalibracji i innych czynności metrologicznych,
- stosowaniu oryginalnych części zamiennych i eksploatacyjnych.

Każdorazowo po uruchomieniu nowoczesnego analizatora spalin następuje proces samodiagnozy oraz automatycznej kalibracji.

Kolejność czynności podczas pomiaru składu spalin:

- sprawdzenie szczelności układu wydechowego oraz dolotowego,
- doprowadzenie silnika i katalizatora spalin do właściwej temperatury pracy,
- sonda analizatora spalin powinna być umieszczona w rurze wydechowej na głębokości 30 cm,
- odbiorniki energii elektrycznej powinny być wyłączone,
- dokonanie analizy spalin przy podwyższonej prędkości obrotowej (2000–3000 obr/min),
- dokonanie analizy spalin przy prędkości biegu jałowego bezpośrednio po poprzednim pomiarze (po ustabilizowaniu się odczytu).

Tabela 2. Średnie stężenie składników spalin na biegu jałowym silnika ZI [6, s.109].

Typ silnika	CO	CH	CO ₂	O ₂	λ
Gaźnikowy (stara konstrukcja)	4,5%	300 ppm	10–14 %	2%	0,87– 0,92%
Gaźnikowy i wtryskowy bez katalizatora	0,5–1,5%	200 ppm	13–15%	2%	0,95– 1,15%
Z katalizatorem biernym	0,5%	100 ppm	14–15,5%	2%	
Z katalizatorem regulowanym	0,05-0,1%	5–30ppm	14,5–15,5%	0,1–2%	0,97– 1,03%



Rys. 5. Przykład czterogazowego analizatora spalin [6, s. 106].

Tabela 3. Ocena układu zasilania na podstawie wskazań CO [6, s. 110].

Warunki pracy silnika	Wymagane stężenie CO	Przyczyny nieprawidłowego stężenia CO	
		Zbyt duże stężenie CO	Niska zawartość CO
1.	2.	3.	4.
Bieg jałowy	0,5–3,5% (jeżeli producent nie podaje inaczej)	<ul style="list-style-type: none"> – zła regulacja biegu jałowego, – za wysokie ciśnienie paliwa, – paliwo w misce olejowej, – zimny silnik, – błąd pomiaru. Gaźnik mechaniczny <ul style="list-style-type: none"> – za wysoki poziom paliwa w komorze pływakowej, – zanieczyszczenie filtra powietrza, – zanieczyszczenie dyszy powietrza biegu jałowego, – za duża przepustowość dyszy paliwa biegu jałowego, 	<ul style="list-style-type: none"> – zła regulacja biegu jałowego, – za niskie ciśnienie paliwa, – fałszywe powietrze, – błąd pomiaru. Gaźnik mechaniczny <ul style="list-style-type: none"> – za niski poziom paliwa w komorze pływakowej, – zanieczyszczenie dyszy paliwa biegu jałowego, – niewłaściwy dobór dysz. Gaźnik i wtrysk elektroniczny <ul style="list-style-type: none"> – zanieczyszczone wtryskiwacze, – uszkodzona sonda lambda,

		<ul style="list-style-type: none"> - uszkodzone urządzenie rozruchowe. <p>Gaźnik i wtrysk elektroniczny</p> <ul style="list-style-type: none"> - zanieczyszczenie filtra powietrza, - uszkodzona sonda lambda, - zacinalanie się przepustnicy, - nieprawidłowe ustawienie przepustnicy, - uszkodzony wtryskiwacz, - uszkodzony czujnik temperatury, - uszkodzony przepływomierz powietrza, - uszkodzony zawór EGR, - uszkodzone złącze lub sterownik silnika. 	<ul style="list-style-type: none"> - uszkodzony zawór EGR, - uszkodzone złącze lub sterownik silnika.
Zwiększanie obrotów silnika	Wzrost CO o 1– 3%	<p>Gaźnik</p> <ul style="list-style-type: none"> - niesprawna pompka przyspieszająca. 	<p>Gaźnik</p> <ul style="list-style-type: none"> - niesprawna pompka przyspieszająca. <p>Wtrysk</p> <ul style="list-style-type: none"> - uszkodzony potencjometr przepływomierza powietrza lub kłapa spiętrzająca, - uszkodzony czujnik położenia przepustnicy.
Zwiększona prędkość obrotowa	0,1–1,5% (jeżeli producent nie podaje inaczej)	<ul style="list-style-type: none"> - za wysokie ciśnienie paliwa, - zimny silnik. <p>Wtrysk elektroniczny</p> <ul style="list-style-type: none"> - uszkodzony czujnik temperatury, - układ pracuje w systemie awaryjnym. <p>Gaźnik</p> <ul style="list-style-type: none"> - zanieczyszczony filtr powietrza, - za wysoki poziom paliwa w komorze pływakowej, - niewłaściwy dobór dysz, - urządzenie rozruchowe nie wyłącza się całkowicie, - zbyt wczesne włączenie układu wzbogacającego. <p>Wtrysk</p> <ul style="list-style-type: none"> - uszkodzony czujnik temperatury, - układ pracuje w systemie awaryjnym. 	<ul style="list-style-type: none"> - za niskie ciśnienie paliwa, - „fałszywe” powietrze, - niedrożne odpowietrzenie zbiornika paliwa. <p>Wtrysk elektroniczny</p> <ul style="list-style-type: none"> - zanieczyszczone wtryskiwacze. <p>Gaźnik</p> <ul style="list-style-type: none"> - za niski poziom paliwa w komorze pływakowej, - zanieczyszczone dysze, - niewłaściwy dobór dysz. <p>Wtrysk</p> <ul style="list-style-type: none"> - zanieczyszczone wtryskiwacze.

Uzyskanie właściwego składu mieszanki paliwowo-powietrznej polega na regulacji śrubą składu mieszanki oraz śrubą uchYLENIA przepustnicy. Układy wtryskowe z sondą lambda samoczynnie korygują skład mieszanki.

Pomiar zadymienia spalin silnika z zapłonem samoczynnym

Zmiana zabarwienia spalin silnika wysokoprężnego jest obrazem nieprawidłowego przebiegu procesu spalania mieszanki. Oceniając barwę spalin oraz stopień ich zaczernienia można w pewnym przybliżeniu określić rodzaj niedomagania, stopień zużycia silnika oraz ekonomiczność jego pracy.

O zmianie koloru spalin decydują głównie dwa składniki: niedopalone cząsteczki węglowodorów, nadające barwę niebieską oraz drobne cząsteczki sadzy, nadające

charakterystyczny czarny kolor. Sadza, którą tworzy czysty chemicznie węgiel, nie ma własności toksycznych, odznacza się jednak właściwością pochłaniania dużych ilości węglowodorów aromatycznych. Są one toksyczne i dlatego również sadza zalicza się do szkodliwych składników spalin.

Z uwagi na potrzebę ochrony powietrza atmosferycznego przed toksycznymi węglowodorami zaabsorbowanymi przez sadzę wprowadzono dopuszczalną granicę zadymienia spalin. W związku z tym, obok wizualnej oceny spalin silnika wysokoprężnego, należy wykonać pomiar zadymienia w celu skontrolowania wielkości emisji sadzy.

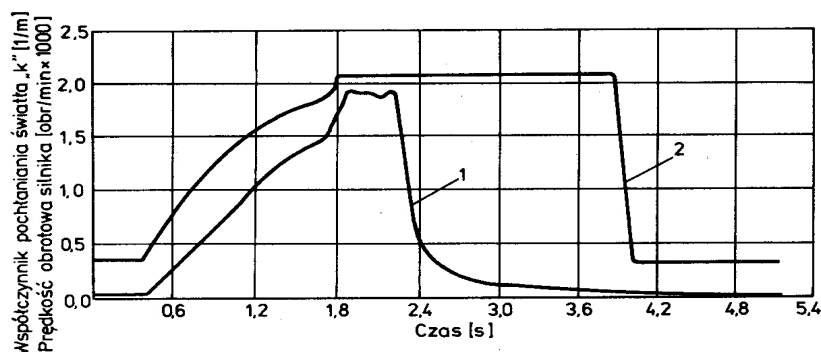
Intensywność dymienia silnika wysokoprężnego określa się przez pomiar stopnia zaciemnienia wkładki filtrującej spalin, do czego służą dymomierze filtracyjne, lub stopnia pochłaniania (absorpcji) światła przez warstwę spalin, do czego wykorzystuje się dymomierze absorpcyjne.



Rys. 6. Przykład dymomierza absorpcyjnego [5, s. 120].

Wynik pomiaru odczytuje się jako stopień zadymienia spalin N , określany w skali liniowej od 0 do 100%, nazywaną skalą Hartridge (HRT) lub jako współczynnik absorpcji k , określany w skali nieliniowej (od 0 do ∞ (1/m)). Pomiar zadymienia spalin silnika wysokoprężnego można wykonać w warunkach swobodnego przyspieszania lub jako pomiar ciągły.

Metoda pomiaru w warunkach swobodnego przyspieszania prędkości obrotowej silnika polega na tym, że w czasie pomiaru następuje szybkie wciśnięcie pedału przyspieszenia do oporu. Do cylindrów zaczyna być dostarczana pełna dawka paliwa, aż do chwili, kiedy silnik osiągnie dopuszczalną prędkość obrotową i dawkowanie paliwa zostanie zmniejszone wskutek zadziałania regulatora pompy wtryskowej.



Rys. 7. Przykładowy przebieg zadymienia spalin przy swobodnym przyspieszaniu: 1) współczynnik pochłaniania światła, 2) prędkość obrotowa silnika [5, s. 120].

Dopuszczalne wartości zadymienie spalin:

- $k = 2,5 \text{ m}^{-1}$ (66% HRT) dla silników wolnossących,
- $k = 3,0 \text{ m}^{-1}$ (72% HRT) dla silników doładowanych.

Obsługa, pomiar i konserwacja dymomierza

Dymomierze podobnie jak analizatory spalin podlegają kontroli metrologicznej. Dymomierze powinny być stosowane właściwie i zgodnie z przeznaczeniem. Zabronione jest samowolne dokonywanie wszelkich napraw i zmian w urządzeniu.

Wszelkie prace należy wykonywać zgodnie z dokumentacją serwisową, a w szczególności:

- sprawdzać wzrokowo stan urządzenia,
- zapewniać drożność przewodu i sondy pomiarowej,
- czyścić element optyczny,
- zapewniać terminowość wykonania kalibracji urządzenia,
- stosować oryginalne części zamienne i eksploatacyjne.

Kolejność czynności podczas pomiaru zadymienia spalin:

- sprawdzenie szczelności układu wydechowego oraz dolotowego,
- doprowadzenie silnika do właściwej temperatury pracy (temperatura cieczy chłodzącej 80°C),
- oczyszczenie układu wydechowego pojazdu poprzez przedmuchiwanie kilkakrotnym naciśnięciem pedału przyspieszenia oraz podwyższenie obrotów silnika na około 1 minutę,
- wprowadzenie centryczne właściwej sondy dymomierza na głębokość minimum trzech średnic rury wydechowej,
- wyłączenie odbiorników energii elektrycznej,
- pomiar zadymienia spalin poprzez naciśnięcie pedału przyspieszenia do oporu i zwolnienie po uzyskaniu pełnej dawki paliwa i zadziałaniu regulatora pompy wtryskowej,
- wykonanie co najmniej trzech pomiarów następujących po sobie (z przerwą około 15 sekund),
- uzyskane kolejno wyniki nie mogą różnić się od siebie o więcej niż $0,50 \text{ m}^{-1}$ i nie tworzyć sekwencji malejącej,
- jako wynik należy przyjąć średnią arytmetyczną wyników pomiarów.

Przyczyny wzrostu zadymienia spalin:

- niesprawne wtryskiwacze (wadliwe rozpylanie, utrata szczelności rozpylacza, zaniżone ciśnienie otwarcia, nagar na końcówce rozpylacza),
- źle ustawiony początek tłoczenia (wtrysku), na ogół zbyt późny,
- niesprawny regulator wyprzedzenia wtrysku,
- nadmierne dawkowanie pompy wtryskowej,
- zużycie silnika (układu tłokowo-cylindrowego, nieszczelność głowicy),
- zanieczyszczenie wkładu filtra powietrza,
- dławienie w układzie dolotowym,
- niesprawny układ doładowania powietrza.

Pomiar kąta wyprzedzenia zapłonu

Podstawowym zadaniem układu zapłonowego jest wytworzenie między elektrodami świec zapłonowych iskry potrzebnej do zapalania mieszanki paliwowej w silnikach spalinowych zasilanych benzyną.

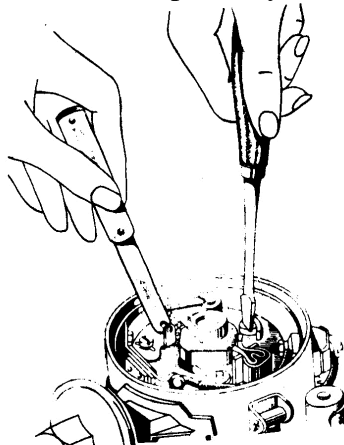
Układ zapłonowy przetwarza niskie napięcie (12 V) dostarczane przez źródło prądu (akumulator) na wysokie napięcie, tzw. napięcie zapłonu (20 do 40 kV). Napięcie to, doprowadzone do świecy w ściśle określonym momencie, zapewnia wyładowanie iskrowe na elektrodach świecy, a energia powstałej iskry umożliwia ogrzanie mieszanki paliwowej do temperatury zapłonu. Napięcie zapłonu zależy od następujących czynników: ciśnienia

sprężania, temperatury, składu mieszanki paliwowej, odległości między elektrodami świecy, biegunowości elektrod świec zapłonowych.

Zapłon mieszanki powinien następować w czasie suwu sprężania, przed górnym zwrotnym położeniem tłoka, wówczas uzyskuje się optymalne ciśnienie wywołane przez spalającą się mieszankę.

Ze względu na stały czas spalania mieszanki, kąt wyprzedzenia zapłonu musi uwzględniać aktualną prędkość obrotową silnika. Im większa prędkość, tym większe musi być wyprzedzenie. Mechaniczny system samoczynnej regulacji oparty jest zazwyczaj na regulatorze odśrodkowym i podciśnieniowym.

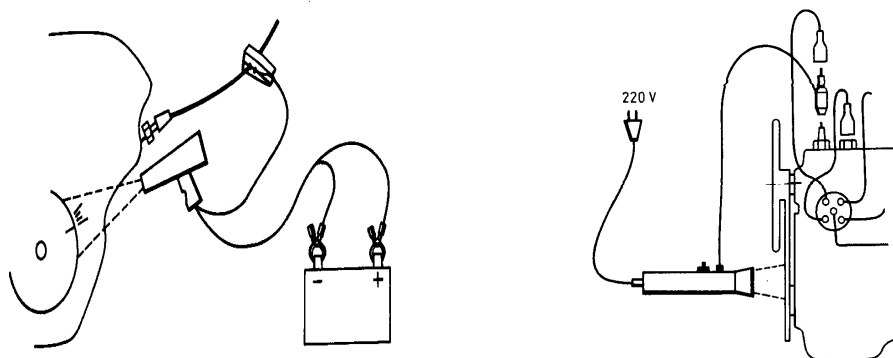
Przed pomiarem kąta wyprzedzenia zapłonu silnika ZI należy wyregulować przerwę styków przerywacza w klasycznym układzie zapłonowym.



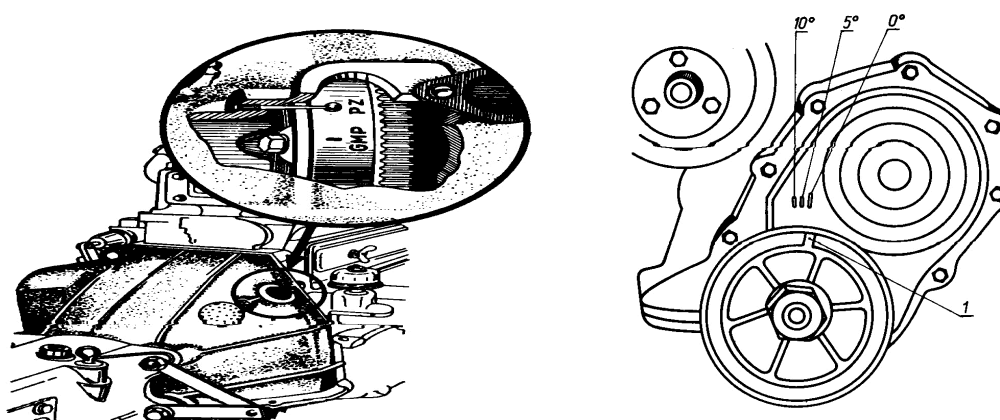
Rys. 8. Sposób pomiaru i regulacji przerwy styków przerywacza [3, s. 60].

Odstęp styków przerywacza powinien być zgodny z danymi serwisowymi, najczęściej wynosi on 0,35–0,45 mm.

Po rozregulowaniu kąta wyprzedzenia zapłonu należy wstępnie, (przed uruchomieniem silnika) wyregulować statyczny kąt wyprzedzenia zapłonu przy użyciu próbnika napięcia lub miernika uniwersalnego. Należy pamiętać, iż początek otwarcia styków przerywacza powinien nastąpić, gdy znak na wale korbowym pokrywa się ze znakiem na obudowie, odpowiadającym wartości kąta wyprzedzenia zapłonu. Dokładny pomiar kąta wyprzedzenia zapłonu wykonuje się przy użyciu lampy stroboskopowej, na rozgrzanym silniku pracującym na obrotach biegu jałowego. Sondę lampy stroboskopowej należy założyć na przewód wysokiego napięcia pierwszego cylindra i w czasie pracy silnika skierować pulsujące światło na fabryczne znaki ustawienia zapłonu. Jeden znak znajduje się zawsze na nieruchomym elemencie silnika a drugi na kole zamachowym lub pasowym wału korbowego. Jeżeli silnik posiada tylko znak określający zewnętrzne położenie tłoka (GMP) konieczna jest lampa stroboskopowa z możliwością regulacji zadanej wartości kąta wyprzedzenia zapłonu. Po zaprogramowaniu cyklu pracy silnika (2 lub 4 suwowy) oraz liczby cylindrów układ elektroniczny lampy stroboskopowej dostosuje moment błysku lampy. Można wtedy zmierzyć wartość kąta wyprzedzenia zapłonu według znaku określającego GMP.

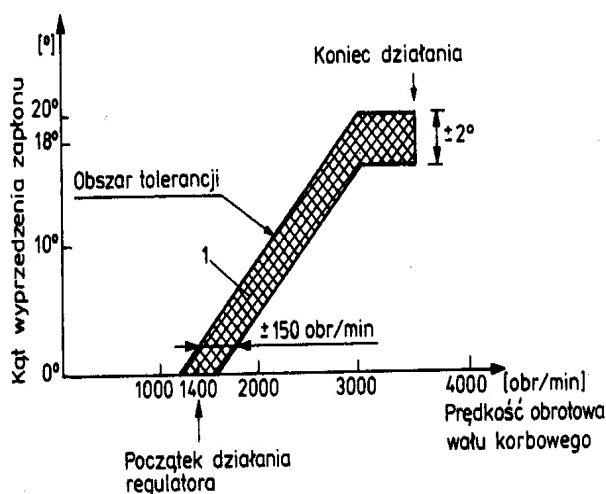


Rys. 9. Sposób połączenia lampy stroboskopowej (sonda umieszczona na przewodzie pierwszego cylindra, lampa stroboskopowa podłączona do właściwego źródła zasilania) [6, s. 159].



Rys. 10. Znaki do pomiaru kąta wyprzedzenia zapłonu: 1 – znak na kole pasowym [3, s. 62].

Mierząc kąt wyprzedzenia zapłonu przy podwyższonych obrotach silnika oraz przy określonym podciśnieniu można sprawdzić charakterystyki regulatora odśrodkowego oraz podciśnieniowego.



Rys. 11. Przykład charakterystyki regulatora odśrodkowego [6, s. 165].

Regulację kąta wyprzedzenia zapłonu wykonujemy poprzez obrót aparatu zapłonowego do momentu pokrycia się znaków w świetle lampy stroboskopowej. Należy zwrócić uwagę, czy producent zaleca pomiar z lub bez regulatora podciśnieniowego. Jeżeli kąt wyprzedzenia

jest za duży to należy przekręcić aparatem zapłonowym w tym samym kierunku, co obroty wałka aparatu.

Tabela 4. Przykładowe dane regulacyjne układów zapłonowych [5, s. 152].

Model samochodu	Przerywacz zapłonu		Kąt wyprzedzenia zapłonu		Przerwa elektrod świec zapłonowych
	Kąt zwarcia [°]	Przerwa [mm]	Stacyjny [°]	Dynamiczny przy obrotach silnika ¹⁾ [°/obr/min]	
Fiat Cinquecento 704	75–81	0,50 ⁺ /0,03	10	■ 28/3000	0,6–0,7
FSO Polonez 1600	52–58	0,45	10	10/850	1,0
Opel Corsa 993	50 ⁺ /3	0,4	10	10/900	0,7–0,8
Skoda 120	54–57	0,40 ⁺ /0,05	5 ⁺ /2	■ 19/2000	0,7–0,8

¹⁾ Znak ■ oznacza, że regulator podciśnieniowy jest odłączony

Pomiar kąta wyprzedzenia wtrysku silnika ZS

Cechą charakterystyczną silnika ZS jest wewnętrzne przygotowanie mieszanki paliwowo powietrznej oraz zapłon własny (samozapłon) przy temperaturze $T = 700\text{--}900^\circ\text{C}$ i ciśnieniu $p = 5,5\text{ MPa}$. Stopień sprężania ε wynosi 14–22.

Warunkiem uzyskania w silniku wysokoprężnym samozapłonu jest właściwe wtrysnięcie dobrze rozpylonego paliwa. Nieprawidłowe rozpylenie wtrysniętego paliwa, w niewłaściwym czasie oraz niedostateczne wymieszanie paliwa z powietrzem jest również powodem przewlekłego i niecałkowitego spalania. Dobrze przygotowana mieszanina palna powinna odznaczać się odpowiednim rozdrobnieniem dawki paliwa na cząstki o możliwie małej i jednakowej średnicy oraz równomiernym rozprowadzeniem paliwa w całym ładunku powietrza. Przebieg spalania jest zjawiskiem złożonym, między innymi ze względu na różną wartość współczynnika nadmiaru powietrza w komorze spalania oraz zmianę w czasie spalania współczynnika nadmiaru powietrza. Obsługa bieżąca silnika ZS zapewnia prawidłowe użytkowanie aparatury wtryskowej oraz gwarantuje wczesne wykrywanie jej niedomagań. Podstawowe czynności obsługowe:

- zapewnienie czystości paliwa oraz aparatury wtryskowej,
- usuwanie pojawiających się nieszczelności,
- odpowietrzanie układu wtryskowego,
- wymiana wkładów filtracyjnych.

Obsługa okresowa polega na ocenie stanu technicznego silnika na podstawie zadymienia spalin oraz pomiarze i regulacji kąta wyprzedzenia wtrysku (kąta wyprzedzenia tłoczenia).

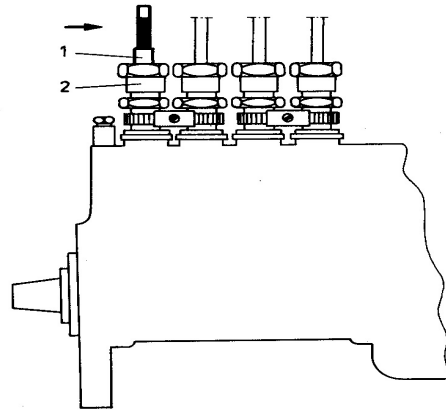
Kąt wyprzedzenia wtrysku jest to kąt, o jaki obróci się wał korbowy od położenia odpowiadającego początkowi wtrysku do osiągnięcia przez tłok zwrotu zewnętrznego (GMP).

Kąt wyprzedzenia tłoczenia jest to kąt, o który wał korbowy obróci się od chwili wytłaczania paliwa z przestrzeni pompowania sekcji tłoczącej do przewodu wysokiego ciśnienia do momentu osiągnięcia przez tłok zwrotu zewnętrznego.

Kąt wyprzedzenia tłoczenia jest podawany w stopniach obrotu lub milimetrach wzniosu tłoka pompy wtryskowej. Bardzo ważne jest, aby urządzenia wyprzedzające kąt wtrysku były wyłączone.

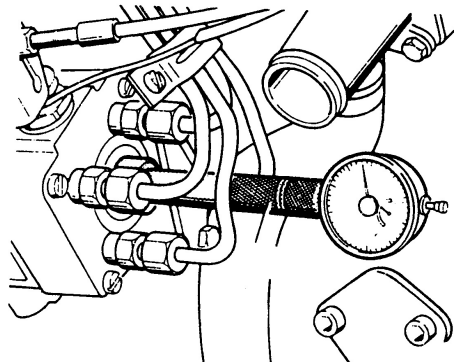
Pomiar kąta wyprzedzenia tłoczenia metodą statyczną

za pomocą momentoskopu; pomiar polega na obserwacji momentu pojawienia się paliwa w rurce momentoskopu podczas obrotu wałem silnika przy dźwigni pompy paliwa ustawionej na maksymalną dawkę.



Rys. 12. Pomiar kąta wyprzedzenia tłoczenia momentoskopem: 1) momentoskop, 2) króciec pierwszej sekcji pompy wtryskowej [6, s. 123].

z użyciem czujnika zegarowego; pomiar polega na pomiarze skoku tłoka od jego zwrotu wewnętrznego do momentu ustawienia wału korbowego silnika w punkcie zwrotu zewnętrznego. Czujnik zegarowy z odpowiednią oprawką należy wkręcić w śrubę znajdującą się pomiędzy przewodami wtryskowymi pompy wtryskowej. Metoda ta jest stosowana w pompach rozdzielaczowych. Po pomiarze konieczne jest odpowietrzenie układu wtryskowego.



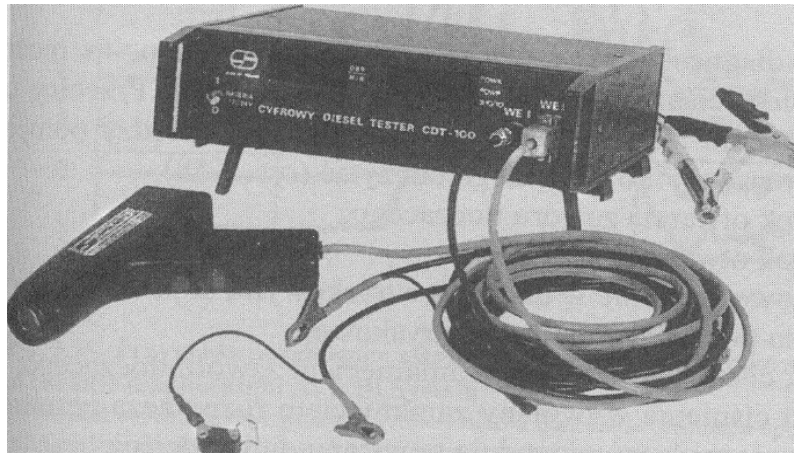
Rys. 13. Pomiar kąta wyprzedzenia tłoczenia czujnikiem zegarowym [6, s. 125].

Istnieją rozwiązania przystosowane do statycznego ustawiania pompy wtryskowej poprzez kołki ustawcze. Kąt wyprzedzenia tłoczenia jest regulowany poprzez obrót koła napędzającego pompę względem jej piasty.

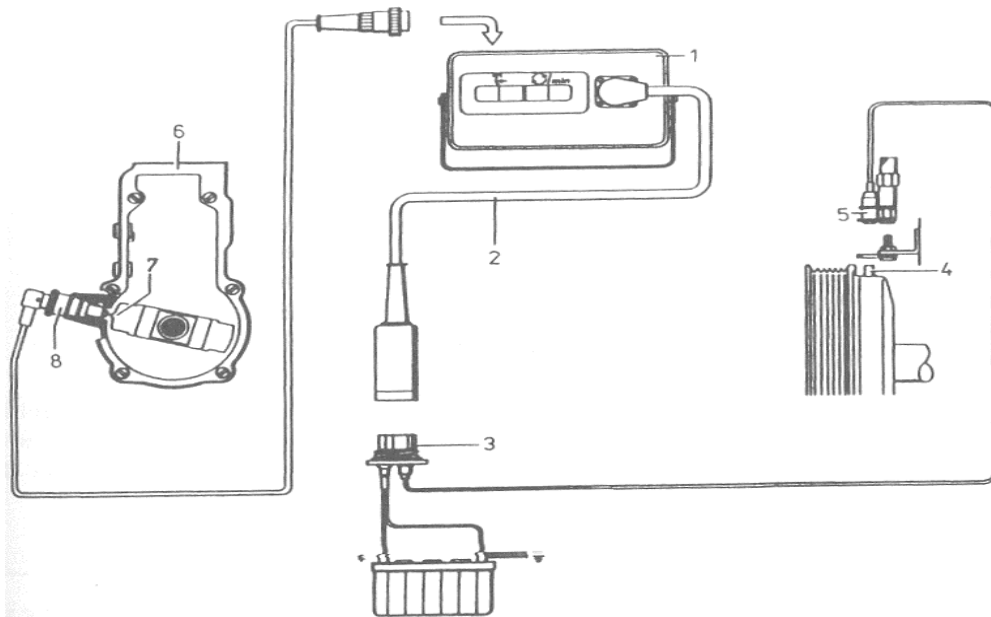
Pomiar kąta wyprzedzenia tłoczenia metodą dynamiczną

Metoda dynamiczna pozwala na pomiar kąta wyprzedzenia tłoczenia podczas pracy silnika na biegu jałowym. Do pomiaru potrzebny jest tester z lampą stroboskopową wyposażoną w piezoelektryczny czujnik impulsów, który zakładany jest na przewód wtryskowy. Czujnik powinien być założony na prostym odcinku przewodu w pobliżu króćca pompy wtryskowej.

Nowoczesne samochody posiadają możliwość odczytania dynamicznego kąta tłoczenia komputerem diagnostycznym poprzez gniazdo diagnostyczne.



Rys. 14. Cyfrowy tester diagnostyczny do silników Diesla [6, s. 127].



Rys. 15. Schemat pomiaru dynamicznego kąta tłoczenia: 1) diagnoskop, 2) przewód diagnoskopu, 3) złącze diagnostyczne, 4) kołek określający ZZ, czujnik, 5) pompa wtryskowa, 6) znak odniesienia wewnątrz pompy, 7) czujnik położenia wirnika pompy [6, s.127].

Regulacja kąta wyprzedzenia tłoczenia polega na obrocie pompy wtryskowej, koła napędowego względem piasty lub nastawnego sprzęgła.

Zasady bhp podczas prac związanych z diagnostyką silnika

W czasie pracy należy stosować sprawne narzędzia i urządzenia pomiarowe. Przyrządy pomiarowe powinny być używane tylko zgodnie z ich przeznaczeniem. Należy przestrzegać przepisów związanych ze stosowaniem paliw silnikowych, olejów i innych płynów eksploatacyjnych.

Podczas pracy silnika należy stosować indywidualne odciągi spalin, oraz dobrą wentylację ogólną. Szczególną uwagę należy zwrócić na elementy będące w ruchu, które w świetle lamp stroboskopowych i świetlówek wyglądają jak nieruchome.

Rozpylone paliwo jest łatwopalne oraz wysokie ciśnienie może spowodować uszkodzenie naskórka oraz spowodowanie zatrucia.

4.1.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. Jakie korzyści wynikają ze stosowania metod diagnostycznych?
2. W jaki sposób należy przeprowadzić wstępne oględziny silnika?
3. W jaki sposób osłuchujemy silnik?
4. W jaki sposób należy przeprowadzać pomiar składu spalin silnika ZI?
5. W jaki sposób należy przeprowadzać pomiar zadymienia spalin silnika ZS?
6. W jaki sposób należy przeprowadzać pomiar oraz regulację kąta wyprzedzenia zapłonu silnika ZI?
7. W jaki sposób należy przeprowadzać pomiar oraz regulację kąta wyprzedzenia tłoczenia silnika ZS?

4.1.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj pomiar składu spalin silnika ZI.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) przygotować silnik do pomiarów,
- 3) sprawdzić stan techniczny analizatora spalin przez wzrokowe oględziny,
- 4) dokonać analizy spalin,
- 5) dokonać oceny wyników,
- 6) uporządkować stanowisko pracy,
- 7) zaprezentować uzyskane wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- samochód z silnikiem ZI,
- analizator spalin,
- dokumentacja analizatora spalin,
- wyciągi z norm określających dopuszczalne zawartości składników toksycznych w spalinach,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiar zadymienia spalin silnika z zapłonem samoczynnym.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) przygotować silnik do pomiarów,
- 3) sprawdzić stan techniczny dymomierza przez wzrokowe oględziny,
- 4) dokonać pomiaru zadymienia spalin,
- 5) dokonać oceny wyników,
- 6) uporządkować stanowisko pracy,
- 7) zaprezentować uzyskane wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- samochód z silnikiem ZS,
- dymomierz,
- dokumentacja dymomierza,
- wyciągi z norm określających dopuszczalne zawartości zadymienia spalin,
- dokumentacja serwisowa,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 3

Wykonaj pomiar i regulację kąta wyprzedzenia zapłonu w silniku ZI.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) przygotować silnik do pomiarów,
- 3) sprawdzić stan techniczny narzędzi i przyrządów pomiarowych przez wzrokowe oględziny,
- 4) sprawdzić i wyregulować kąt wyprzedzenia zapłonu silnika,
- 5) dokonać oceny wyników,
- 6) uporządkować stanowisko pracy,
- 7) zaprezentować wyniki wykonanej pracy.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- samochód z silnikiem ZI z regulowanym kątem wyprzedzenia zapłonu,
- lampa stroboskopowa,
- instrukcja lampy stroboskopowej,
- dokumentacja serwisowa układu zapłonowego,
- zestaw narzędzi,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 4

Wykonaj pomiar kąta wyprzedzenia tłoczenia w silnika ZS z użyciem czujnika zegarowego.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) sprawdzić stan techniczny narzędzi i przyrządów pomiarowych przez wzrokowe oględziny,
- 3) przygotować samochód i urządzenie do pomiarów,
- 4) sprawdzić wartość kąta wyprzedzenia tłoczenia,
- 5) dokonać oceny wyników,
- 6) dokonać montażu oraz odpowietrzenia aparatury wtryskowej,
- 7) uporządkować stanowisko pracy,
- 8) zaprezentować uzyskane wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- samochód z pompą rozdzielaczową umożliwiającą pomiar kąta tłoczenia metodą czujnikową,
- czujnik zegarowy z oprawką dostosowaną do pomiaru,

- dokumentacja serwisowa układu zasilania ZS,
- zestaw narzędzi,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 5

Dokonaj oględzin organoleptycznych oraz osłuchiwania silnika.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) rozgrzać silnik do temperatury pracy,
- 3) dokonać oględzin organoleptycznych silnika,
- 4) dokonać osłuchania stref silnika,
- 5) dokonać oceny wyników,
- 6) zaprezentować uzyskane wyniki.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- samochód,
- słuchawki stetoskopowe,
- dokumentacja serwisowa,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

4.1.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) zdiagnozować silnik poprzez osłuchanie?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) dokonać wstępnych oględzin stanu technicznego silnika?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dokonać analizy składu spalin?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) dokonać regulacji składu mieszanki paliwowej?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wykonać pomiar zadymienia spalin metodą swobodnego przyspieszania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) dokonać pomiaru kąta wyprzedzenia zapłonu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) dokonać regulacji kąta wyprzedzenia zapłonu?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) dokonać pomiaru kąta wyprzedzenia wtrysku w silniku ZS?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

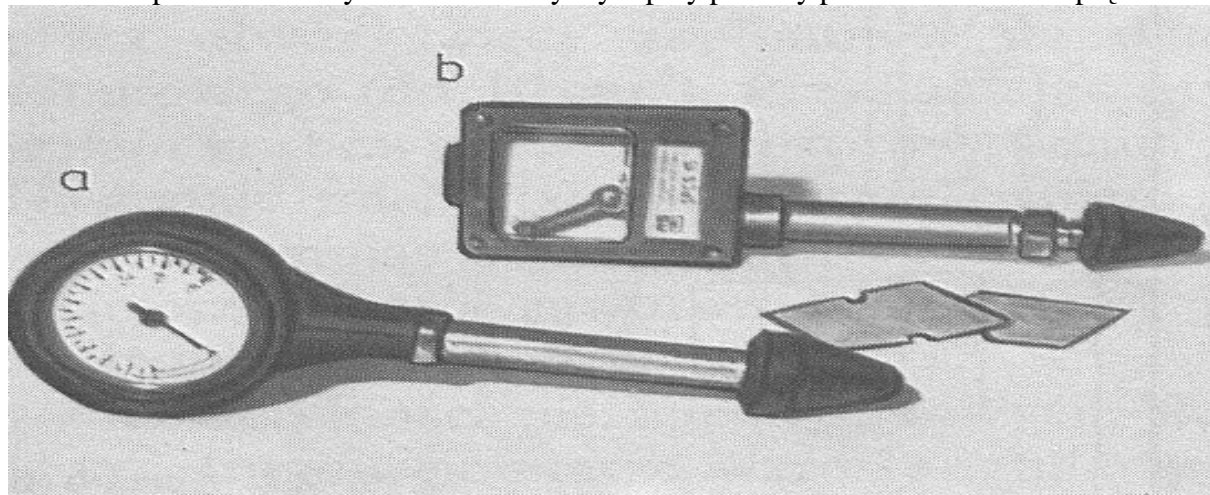
4.2. Diagnostyka silnika przy pomocy pomiaru ciśnień

4.2.1. Materiał nauczania

Stan techniczny przestrzeni komory spalania silnika można określić poprzez pomiary ciśnienia, spadku ciśnienia lub podciśnienia.

Pomiar ciśnienia sprężania

Pomiar ciśnienia sprężania umożliwia określenie stopnia szczelności komory spalania silnika z zapłonem iskrowym oraz samoczynnym przy pomocy próbnika ciśnienia sprężania.



Rys. 16. Próbnik ciśnienia sprężania (analogowy oraz samorejestrujący) [6, s. 39].

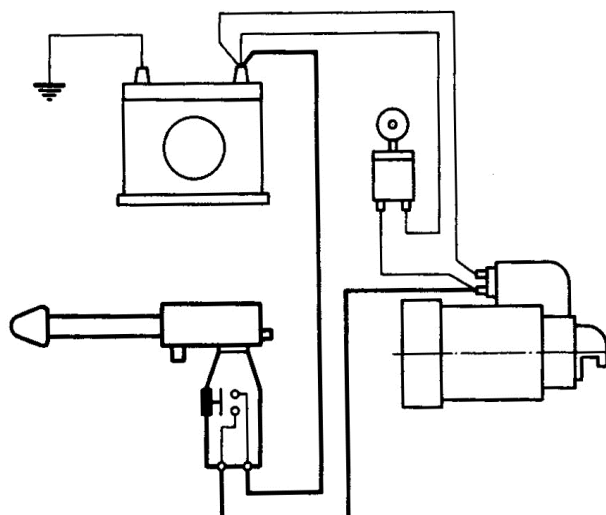
Badanie polega na pomiarze ciśnienia w poszczególnych cylindrach w czasie obrotów wału korbowego przy pomocy rozrusznika. Wynika z tego, iż silnik i jego układ rozruchowy muszą być sprawne.

Silnik powinien być przygotowany do testu poprzez: wyregulowanie luzu zaworowego, sprawdzenie i ewentualne uzupełnienie oleju silnikowego, nagrzanie go do temperatury pracy (temperatura płynu chłodzącego około 80°C), wykręcenie wszystkich świec zapłonowych lub wtryskiwaczy (świec żarowych) w silniku z zapłonem samoczynnym.

Kolejność regulacji luzu zaworowego i nagrzewania silnika zależy od tego, czy zawory powinny być regulowane na zimnym czy gorącym silniku.

Pomiar ciśnienia sprężania w silnikach z zapłonem iskrowym (ZI)

Przed pomiarem ze względów bezpieczeństwa konieczne jest wyłączenie z pracy układu zapłonowego oraz zasilania. Jeżeli dysponujemy sterowanym próbnikiem ciśnienia sprężania to można wykonywać tę próbę przy wyłączonym zapłonie, dzięki czemu układ zapłonu oraz zasilania nie pracuje. Sterowany próbnik umożliwia wykonanie pomiaru samodzielnie. Włącznik próbnika należy połączyć z dodatnim biegunem akumulatora oraz z zaciskiem sterującym rozrusznika.



Rys. 17. Sposób połączenia sterowanego próbnika ciśnienia sprężania [6, s. 40].

Pomiar ciśnienia sprężania w cylindrach silnika polega na dociśnięciu stożkowej końcówki gumowej przyrządu do gniazda świecy zapłonowej, wciśnięciu pedału sprzęgła oraz całkowitym otwarciu przepustnicy w czasie obrotów wału korbowego poprzez rozrusznik. Konieczna jest sprawność układu rozruchowego (akumulatora, rozrusznika oraz przewodów i połączeń elektrycznych) gwarantującego uzyskanie przynajmniej 100 obrotów na minutę wału korbowego silnika. W przypadku urządzenia rozruchowego z dodatkową przepustnicą należy doprowadzić do jej otwarcia. Pomiar ciśnienia dokonujemy do czasu ustalenia stałej wartości ciśnienia na próbniku począwszy od pierwszego do ostatniego cylindra. Na zakończenie należy powtórzyć pierwszy pomiar w celu porównania tych dwóch wyników. Po każdym pomiarze należy próbnik „wyzerować” oraz przesunąć wkład na następny pomiar (w próbniku rejestrującym).

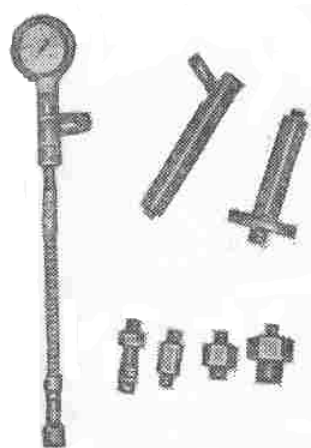
Jeżeli dokonujemy pomiaru poprzez sterowanie rozrusznikiem włącznikiem zapłonu (stacyjką) należy zabezpieczyć układ zapłonowy przed przepięciem poprzez odłączenie zasilania cewki, modułu zapłonowego lub czujnika obrotów wału korbowego. W silnikach z wtryskiem paliwa należy odłączyć wtryskiwacze zapobiegając „zalaniu” cylindrów silnika.

Pomiar ciśnienia sprężania w silnikach z zapłonem samoczynnym (ZS)

Podstawową różnicą w budowie przyrządu do pomiaru ciśnienia sprężania jest jego zakres pomiarowy wynikający ze znacznie większych ciśnień oraz sposób jego montażu.

Próbnik do pomiaru ciśnienia sprężania w silnikach ZS jest przykręcany do króćca wtryskiwacza lub gniazda świecy żarowej. W przypadku urządzeń rejestrujących konieczne jest stosowanie tylko wkładów papierowych przeznaczonych do tego typu próbnika.

W silniku ZS z powodu braku przepustnicy nie należy naciskać pedału przyspieszenia, można odłączyć zasilanie świec żarowych oraz elektrozaworu „stop”. Technika pomiaru ciśnienia sprężania w silnikach ZS jest podobna do pomiaru w silnikach ZI. Konieczne jest jednak posiadanie odpowiednich końcówek gwintowanych do połączenia próbnika z gniazdem świecy żarowej lub króćcem wtryskiwacza oraz wtryskiwacza bez iglicy.

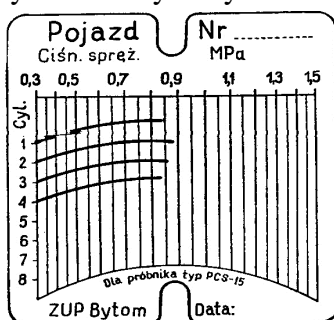


Rys. 18. Próbnik ciśnienia sprężania do silników ZS [2, s. 71].

Pomiar ciśnienia sprężania jest bardziej pracochłonny w silniku ZS niż w ZI, wymaga stosowania nowych podkładek uszczelniających pod wtryskiwacz. W przypadku trudności z uruchomieniem zimnego silnika ZS przeprowadza się również pomiar ciśnienia sprężania zimnego silnika.

Ocena wyników pomiaru ciśnienia sprężania

Uzyskane wyniki ciśnienia sprężania należy porównać z wartościami określonymi w dokumentacji serwisowej. Ocenie podlega minimalna wartość uzyskana podczas pomiarów oraz maksymalna różnica pomiędzy zmierzonymi cylindrami.



Rys. 19. Karta oraz wyniki ciśnienia sprężania próbnika samorejestrującego [2, s. 72].

W przypadku braku wartości ciśnienia sprężania można obliczyć wartość przybliżoną wg przedstawionego wzoru:

$$\text{ciśnienie sprężania [MPa]} = \text{stopień sprężania} \times \text{współczynnik } k$$

$k=0,12-0,13$ dla silników czterosuwowych ZI,

$k=0,17-0,20$ dla silników czterosuwowych ZS,

$k=0,095-0,10$ dla silników dwusuwowych ZI.

Tabela 5. Orientacyjne wartości ciśnienia sprężania w cylindrach w MPa [5, s. 42].

Model samochodu	Pojemność i typ silnika	Stopień sprężania	Ciśnienie sprężania	
			prawidłowe	minimalne
Audi 80 Diesel	1896 cm ³ 1Y	23,0	3,4	2,6
BMW 318i	1795 cm ³ M40	8,8	1,0–1,1	0,7
Fiat Cinquecento	700/900 cm ³	9,0	1,1	0,95
Ford Escort 1,4i	1392 cm ³ F6F	8,5	1,2–1,4	1,0
Mercedes 190D	601	22,0	2,4–3	1,8
Opel Astra 1,4i	1389 cm ³ C14NZ	9,4	1,2	0,7
Polonez 1,6	1598 cm ³	9,5	1,1–1,2	0,95
Skoda Felicia	1289 cm ³	8,8/9,7	1,1–1,4	0,9
VW Golf 1600	1595 cm ³ /EZ	9,0	0,9–1,2	0,7

Różnice pomiędzy poszczególnymi wynikami nie powinny przekraczać 10% najwyższego odczytu a spadek ciśnienia 15–20% wartości nominalnej.

Zużyte prowadnice i uszczelniacze zaworów ssących powodują zasysanie do cylindra oleju, co powoduje uszczelnienie komory spalania, przez co wynik pomiaru ciśnienia sprężania jest zawyżony i nie oddaje faktycznego zużycia części odpowiedzialnych za szczelność komory spalania.

W przypadku stwierdzenia spadku ciśnienia sprężania można wykonać próbę olejową polegającą na wlaniu do badanego cylindra około 5–10 cm³ oleju silnikowego i ponownym pomiarze ciśnienia. Wzrost wartości ciśnienia może świadczyć o zużyciu gładzi cylindrowej, pierścieni tłokowych i tłoka. Brak wzrostu ciśnienia może być spowodowany nieszczelnością gniazda zaworowego i przylgni zaworowej.

W silnikach z katalizatorem nie jest zalecane wykonywanie próby olejowej ze względu na możliwość jego uszkodzenia.

Brak lub bardzo niskie ciśnienie sprężania w jednym cylindrze może być spowodowane wypaleniem lub skrzywieniem zaworu, obniżone ciśnienie w sąsiednich cylindrach często jest wynikiem uszkodzenia uszczelki pod głowicą pomiędzy tymi cylindrami.

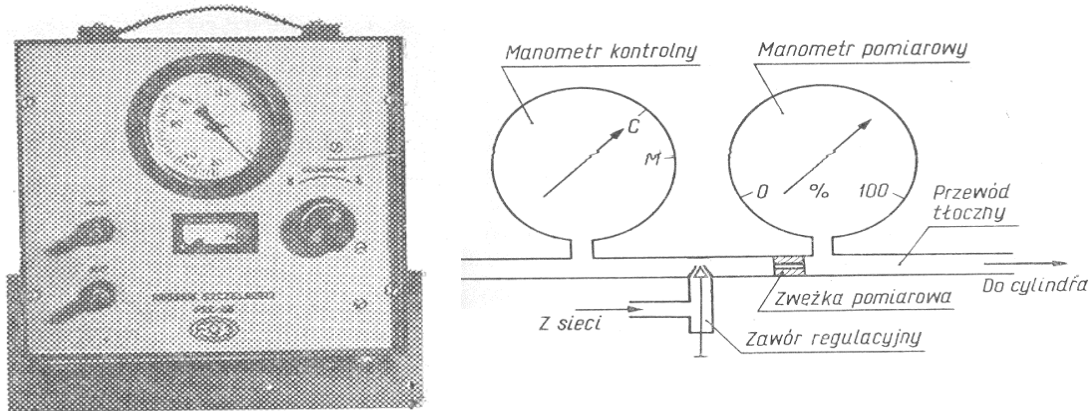
Niedrożny katalizator jest również przyczyną coraz to niższej wartości ciśnienia w kolejno sprawdzanych cylindrach.

Czasami zdarza się uzyskać wartości ciśnienia przekraczające wartość nominalną. Może być to spowodowane zastosowaniem niewłaściwej uszczelki pod głowicą (w silniku ZS), zmianą stopnia sprężania poprzez „planowanie” powierzchni głowicy lub poprzez osadzenie w komorze spalania znacznej ilości nagaru. Ocena szczelności komory spalania nie jest wtedy pomiarem miarodajnym. Dokładniejszym badaniem jest powietrzna próba szczelności cylindrów sprężonym powietrzem.

Powietrzna próba szczelności cylindrów

Próba szczelności cylindrów polega na pomiarze spadku ciśnienia sprężonego powietrza (zwykle 0,35 MPa) doprowadzonego do cylindra poprzez gniazdo świecy lub wtryskiwacza i osłuchiwaniu miejsc jego uchodzenia. W czasie pomiaru należy zablokować wał korbowy silnika poprzez włączenie pierwszego biegu i hamulca postojowego, ponieważ wskutek wywierania ciśnienia na tłok wał korbowy może się samoczynnie obrócić.

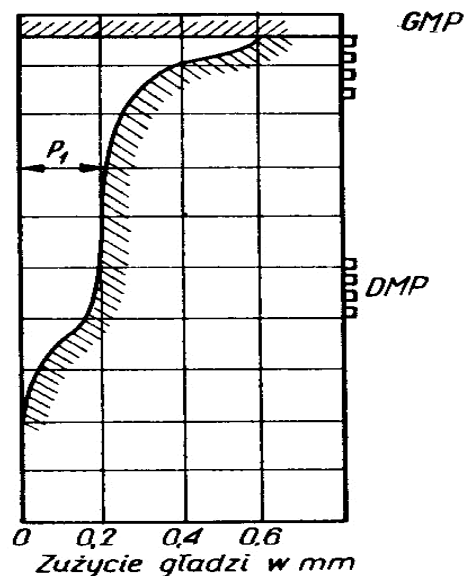
Badanie to wymaga posiadania sprężonego powietrza o możliwie stałym ciśnieniu (około 0,6 MPa) oraz próbnika szczelności cylindrów.



Rys. 20. Próbnik szczelności cylindrów oraz schemat jego działania [2, s. 83].

Konieczne jest zachowanie całkowitej szczelności przewodów i złączy. Nie jest wymagane posiadanie całkowicie sprawnego układu rozruchowego, próba umożliwia precyzyjne określenie szczelności cylindrów, przyczynę i miejsce przedmuchów oraz może być stosowany ten sam próbnik do silników ZI oraz ZS. Podczas diagnostyki nie ma ryzyka uszkodzenia układu zapłonowego, układu zasilania czy katalizatora. Wynik pomiaru jest niezależny od czynników zewnętrznych takich jak zjawisko uszczelniania gładzi przez olej czy zwiększenie stopnia sprężania.

Próba szczelności cylindrów umożliwia sprawdzenie stanu gładzi cylindrów na różnych wysokościach pamiętając tylko, iż oba zawory muszą być zamknięte. Zwykle dokonuje się pomiaru w końcu suwu sprężania a więc w miejscu, w którym występuje największe zużycie.



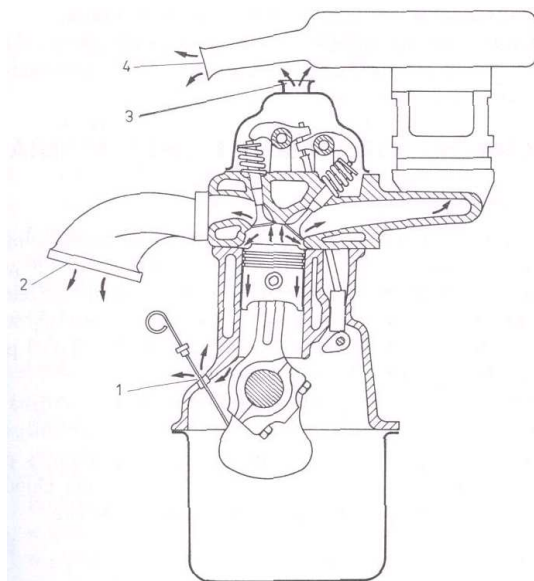
GMP – górny martwy punkt tłoka,
DMP – dolny martwy punkt tłoka,
 p_1 – wielkość zużycia gładzi.

Rys. 21. Charakter zużycia gładzi cylindra [2, s. 81].

Osluchiwanie miejsc przedmuchów pozwala również precyzyjnie zlokalizować miejsce zużycia czy uszkodzenia. Typowe miejsca osłuchiwania silnika to:

- otwór wlewowy lub otwór bagnetu oleju – przedmuchy do skrzyni korbowej poprzez gładź cylindra, pierścienie tłokowe, tłok,
- rura wydechowa – przedmuchy poprzez zawór wydechowy,
- filtr powietrza – przedmuchy poprzez zawór ssący,

- wlew chłodnicy lub zbiorniczka wyrównawczego – przedmuchy poprzez uszczelkę pod głowicą do kanałów chłodzących,
- otwór sąsiedniej świecy zapłonowej (żarowej) – przedmuchy poprzez uszczelkę pod głowicą.



Rys. 22. Możliwe nieszczelności silnika oraz miejsca ich osłuchiwania: 1, 3) zużycie pierścieni tłokowych, gładzi cylindra lub tłoka, 2) zużycie zaworu wydechowego, 4) zużycie zaworu ssącego [5, s. 45].

Silnik podobnie jak przy pomiarze ciśnienia sprężania powinien posiadać normalną temperaturę pracy oraz prawidłowy luz zaworowy. Przed pomiarem próbnik należy skalibrować.

Całkowity brak przedmuchów daje wynik 100% szczelności (0% spadku ciśnienia), czyli wartość ciśnienia 0,35 MPa.

Tabela 6. Ocena stanu technicznego silnika poprzez pomiar spadku ciśnienia [6, s. 43].

Spadek ciśnienia [%] (szczelność cylindra [%])				Stan techniczny silnika
Silnik ZI		Silnik ZS	Dobry	
2-suwowy	4-suwowy o pojemności			
	Poniżej 1000 cm ³	Powyżej 1000 cm ³		
0–2 (100–98)	0–3 (100–97)	2–5 (98–95)	0–5 (100–95)	Dobry
3–7 (97–93)	4–15 (96–85)	6–20 (94–80)	5–25 (95–75)	Kwalifikujący się do eksploatacji
Powyżej 7 (poniżej 93)	Powyżej 15 (poniżej 85)	Powyżej 20 (poniżej 80)	Powyżej 25 (poniżej 75)	Kwalifikujący się do naprawy

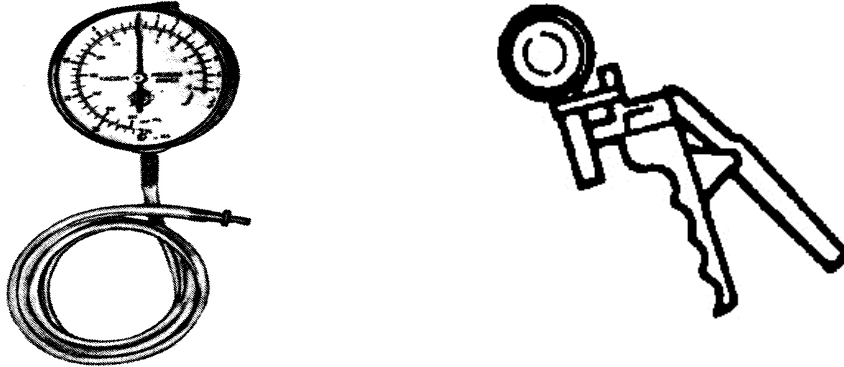
Pomiar podciśnienia w przewodzie dolotowym silnika

Na podstawie pomiaru podciśnienia w przewodzie dolotowym silnika można określić jego stan techniczny, w szczególności stan elementów odpowiedzialnych za szczelność komory spalania i uszczelek w układzie dolotowym.

Wartość podciśnienia zależy od czynników związanych z konstrukcją silnika, warunków i sposobu wykonania pomiaru, parametrów regulacyjnych silnika, stanu technicznego silnika. Na podstawie tego pomiaru można wykryć nieszczelności w układzie dolotowym,

nieszczelności uszczelki głowicy, tłoka w cylindrze, zaworów, prowadnic zaworów dolotowych, zawieszenia się zaworów, niewłaściwe ustawienie rozrzędu, okresowy lub stały brak zapłonu w cylindrze, niewłaściwy kąt wyprzedzenia zapłonu i skład mieszanki, niewłaściwa liczba obrotów biegu jałowego, zanieczyszczenie filtra powietrza i niedrożność układu wydechowego.

Wakuometr należy połączyć z przewodem dolotowym poprzez dostępne króćce, na przykład do podciśnieniowego układu wspomagania hamulców. Silnik powinien być doprowadzony do temperatury pracy.



Rys. 23. Różne odmiany wakuometrów do pomiaru podciśnienia w układzie dolotowym [3, s. 103].

Pomiar podciśnienia w czasie obrotów silnika przez rozrusznik przy zamkniętej przepustnicy powinien dać wynik (50–57) kPa. Wartości mniejsze świadczą o zużyciu części zapewniających szczelność komory spalania lub uszczelek w układzie dolotowym.

Wartość pomiaru powinna być w miarę stała, to znaczy odczyt może zmieniać się w granicach 2 kPa. Większe drgania wskazówki mogą świadczyć o usterce w układzie rozrzędu.

W czasie pracy silnika na biegu jałowym podciśnienie powinno zawierać się w granicach 55–75 kPa. Wartości mniejsze mogą być spowodowane również złym stanem technicznym silnika jak również niewłaściwym kątem wyprzedzenia zapłonu lub złym składem mieszanki paliwowo-powietrznej.

Dodatkowym sprawdzianem sprawności poszczególnych cylindrów może być wyłączenie poszczególnych cylindrów z pracy, co powinno powodować spadek podciśnienia o 2–3 kPa, przy czym im spadek ten jest mniejszy tym sprawność cylindra jest gorsza.

Tabela 7. Wskazania wakuometru przy typowych niedomaganiach silnika [2, s. 76].

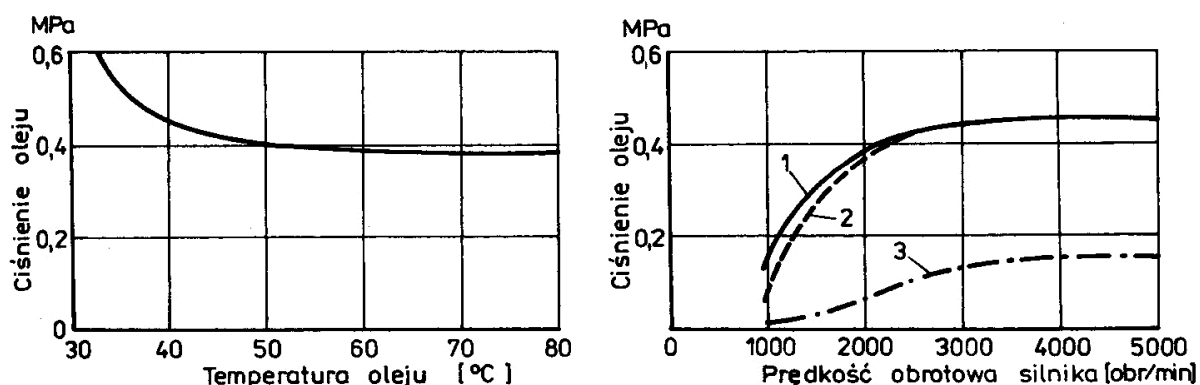
Lp.	Wskazania wakuometru	Rodzaj usterki
1.	Wskazówka drga z dużą częstotliwością i dużą amplitudą; częstotliwość drgań wzrasta w miarę przyspieszania.	– osłabione lub pęknięte sprężyny zaworów.
2.	Wskazówka opada regularnie o 7–20 kPa.	– nieszczelny zawór, – uszkodzona uszczelka głowicy.
3.	Wskazówka opada nieregularnie o 7–20 kPa.	– zawieszanie się zaworu, – brak zapłonu w cylindrze.
4.	Wskazówka ustawia się w zakresie 10–50 kPa, przy czym wykonuje małe wahania.	– zbyt późny zapłon, – zużyte pierścienie tłokowe, – zużyta gładź cylindrów, – zużyte przyłgnie i prowadnic zaworów, – uszkodzone uszczelnienia układu dolotowego.
5.	Wskazówka powoli drga w granicach 33–50 kPa	– wadliwa regulacja składu mieszanki, – uszkodzenie przerywacza, – zbyt mała przerwa elektrod świec zapłonowych.
6.	Wskazówka ustawia się prawidłowo, lecz w miarę przyspieszania obrotów silnika powoli opada, a po zamknięciu przepustnicy wolno wraca do poprzedniego położenia.	– dławienie w układzie wydechowym.

Diagnostyczne badanie podciśnienia w układzie dolotowym silnika umożliwia szybkie, bez uciążliwego demontażu określenie stanu technicznego silnika i jego parametrów regulacyjnych.

Pomiar ciśnienia oleju

Wartość ciśnienia oleju i jego zmiany wraz ze zmianą prędkości obrotowej silnika stanowią miernik stanu technicznego układu smarowania, jego szczelności oraz ułożyskowania wału korbowego i wałka rozrządu.

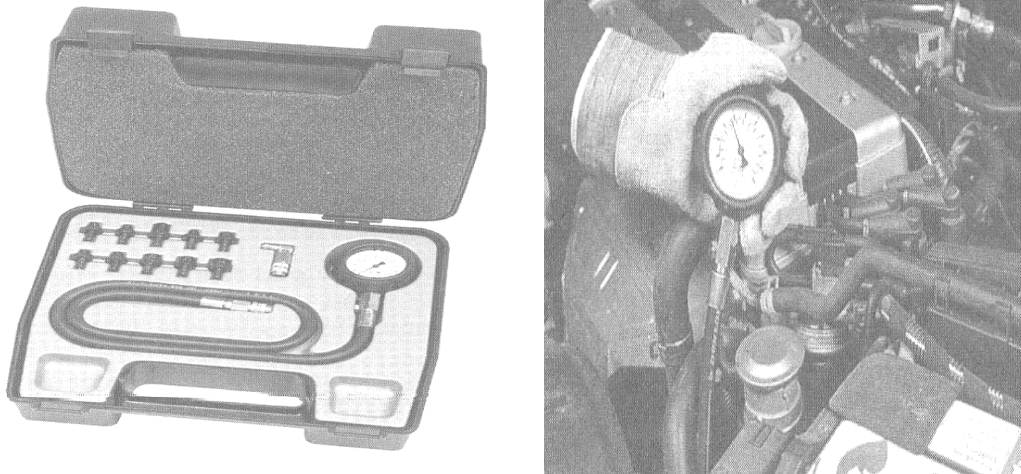
Wartość ciśnienia oleju zmniejsza się wraz ze wzrostem temperatury silnika (oleju), zużyciem układu smarowania oraz łożysk ślizgowych silnika. Zużycie łożysk ślizgowych powoduje gorsze smarowanie, trudniejsze warunki pracy oraz przyspieszone zużycie. Wartość ciśnienia maksymalnego jest regulowana poprzez zawór redukcyjny pompy oleju.



Rys. 24. Zależność ciśnienia oleju od parametrów pracy silnika: 1) sprawny układ smarowania, 2) zwiększony luz pompy oleju, 3) zwiększony luz łożysk wału korbowego [6, s. 53].

Próbnik ciśnienia oleju (o zakresie pomiarowym do 1 MPa) należy wkręcić w miejsce czujnika ciśnienia oleju, i po rozgrzaniu silnika odczytać wartość ciśnienia na biegu jałowym.

W celu sprawdzenia działania zaworu redukcyjnego należy zwiększać obroty silnika i obserwować wartość maksymalnego ciśnienia oleju.



Rys. 25. Pomiar ciśnienia oleju [6, s. 54].

Na odczytaną wartość wpływ ma gęstość oleju znajdującego się w silniku, z tego powodu do układu smarowania należy stosować tylko oleje zalecane przez producenta.

Uzyskane wyniki ciśnienia oleju powinny być zgodne z danymi technicznymi dla danego modelu pojazdu. W razie ich braku można przyjąć wartości:

- 0,1 MPa (min. 0,03 MPa) na biegu jałowym,
- 0,2–0,4 MPa (0,3–0,6 MPa silnik Diesel) przy obrotach 2000–3000 obr/min.

Metoda ta jest najczęściej stosowanym sprawdzianem sprawności układu smarowania oraz zużycia łożysk ślizgowych wału korbowego w praktyce warsztatowej.

4.2.2. Pytania sprawdzające

Odpowiadając na pytania, sprawdzisz, czy jesteś przygotowany do wykonania ćwiczeń.

1. W jakim celu stosuje się pomiar ciśnienia sprężania silnika?
2. Jak należy wykonać pomiar ciśnienia sprężania?
3. Jak należy wykonać powietrzną próbę szczelności cylindrów?
4. Jak należy przeprowadzić pomiar szczelności komory spalania?
5. Jak należy przeprowadzić pomiar podciśnienia w przewodzie dolotowym silnika?
6. Jak należy przeprowadzić pomiar ciśnienia oleju?

4.2.3. Ćwiczenia

Ćwiczenie 1

Wykonaj pomiar ciśnienia sprężania silnika ZI.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinieneś:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) przygotować silnik do pomiarów,
- 3) sprawdzić stan techniczny narzędzi i przyrządów pomiarowych przez wzrokowe oględziny,
- 4) doprowadzić silnik do temperatury pracy,
- 5) kolejno sprawdzić ciśnienie sprężania we wszystkich cylindrach,

- 6) dokonać oceny wyników,
- 7) uporządkować stanowisko pracy,
- 8) zaprezentować uzyskane wyniki pomiarów.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- samochód z silnikiem ZI,
- próbnik ciśnienia sprężania do silników ZI,
- dane techniczne silnika,
- zestaw narzędzi,
- klucz dynamometryczny,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 2

Wykonaj pomiar ciśnienia oleju w silniku.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) przygotować silnik do pomiarów,
- 3) sprawdzić stan techniczny narzędzi i przyrządów pomiarowych przez wzrokowe oględziny,
- 4) sprawdzić ciśnienie oleju w silniku,
- 5) dokonać oceny wyników,
- 6) uporządkować stanowisko pracy,
- 7) zaprezentować uzyskane wyniki pomiaru.

Wyposażenie stanowiska pracy:

- samochód z silnikiem ZI,
- próbnik ciśnienia sprężania do silników ZI,
- dane techniczne silnika,
- zestaw narzędzi,
- klucz dynamometryczny,
- literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 3

Wykonaj powietrzną próbę szczelności cylindrów silnika ZI.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) przygotować silnik do pomiarów,
- 3) sprawdzić stan techniczny narzędzi i przyrządów pomiarowych przez wzrokowe oględziny,
- 4) kolejno sprawdzić szczelność we wszystkich cylindrach,
- 5) dokonać oceny wyników,
- 6) uporządkować stanowisko pracy,
- 7) zaprezentować uzyskane wyniki pomiarów.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- samochód z silnikiem ZI,
 - próbnik szczelności cylindrów,
 - dane techniczne silnika,
 - zestaw narzędzi,
 - klucz dynamometryczny,
 - literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

Ćwiczenie 4

Dokonaj pomiaru podciśnienia w kolektorze ssącym silnika ZI.

Sposób wykonania ćwiczenia

Aby wykonać ćwiczenie, powinienes:

- 1) zorganizować stanowisko pracy,
- 2) doprowadzić silnik do temperatury pracy,
- 3) sprawdzić stan techniczny narzędzi i przyrządów pomiarowych przez wzrokowe oględziny,
- 4) sprawdzić wartość podciśnienia w kolektorze ssącym,
- 5) dokonać oceny wyników,
- 6) uporządkować stanowisko pracy,
- 7) zaprezentować uzyskane wyniki pomiarów.

- Wyposażenie stanowiska pracy:
- samochód z silnikiem ZI,
 - wakuometr z zestawem końcówek,
 - dane techniczne silnika,
 - zestaw narzędzi,
 - literatura zgodna z punktem 6 poradnika dla ucznia.

4.2.4. Sprawdzian postępów

Czy potrafisz:

	Tak	Nie
1) przygotować pojazd do pomiaru ciśnienia sprężania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
2) dokonać pomiaru ciśnienia sprężania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
3) dokonać analizy wyników ciśnienia sprężania?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
4) przygotować pojazd do powietrznej próby szczelności cylindrów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
5) wykonać powietrzną próbę szczelności cylindrów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
6) dokonać analizy wyników powietrznej próby szczelności cylindrów?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
7) dokonać pomiaru podciśnienia w kolektorze ssącym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
8) dokonać analizy wyników pomiarów podciśnienia w kolektorze ssącym?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
9) dokonać pomiaru ciśnienia oleju w silniku?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
10) dokonać analizy wyników ciśnienia oleju w silniku?	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

5. SPRAWDZIAN OSIĄGNIĘĆ

Instrukcja dla ucznia

1. Przeczytaj uważnie instrukcję.
2. Podpisz imieniem i nazwiskiem kartę odpowiedzi.
3. Zapoznaj się z zestawem zadań testowych.
4. Test zawiera 20 zadań dotyczących pomiarów diagnostycznych silnika. Zadania są wielokrotnego wyboru i tylko jedna odpowiedź jest prawidłowa.
5. Udzielaj odpowiedzi tylko na załączonej karcie odpowiedzi:
 - w pytaniach wielokrotnego wyboru zaznacz prawidłową odpowiedź X (w przypadku pomyłki należy błędną odpowiedź zaznaczyć kółkiem, a następnie ponownie zakreślić odpowiedź prawidłową).
6. Pracuj samodzielnie, bo tylko wtedy będziesz miał satysfakcję z wykonanego zadania.
7. Kiedy udzielenie odpowiedzi będzie Ci sprawiało trudność, wtedy odłóż jego rozwiązanie na później i wróć do niego, gdy zostanie Ci wolny czas.
8. Czas trwania testu – 45 minut.
9. Maksymalna liczba punktów, jaką można osiągnąć za poprawne rozwiązanie testu wynosi 20 pkt.

Powodzenia

ZESTAW ZADAŃ TESTOWYCH

1. Mleczna emulsja w misce olejowej silnika może być spowodowana mieszaniną oleju i
 - a) benzyny.
 - b) wody.
 - c) oleju napędowego.
 - d) rozpuszczonego smaru.
2. Wzrost poziomu oleju w silniku może być spowodowany
 - a) normalnymi zjawiskami.
 - b) uszkodzeniem pompy oleju.
 - c) uszkodzeniem membrany pompy paliwa.
 - d) brakiem wymiany filtra.
3. Zbyt niska wartość podciśnienia w kolektorze dolotowym może być spowodowana nieszczelnością
 - a) układu dolotowego.
 - b) układu wydechowego.
 - c) układu smarowania.
 - d) układu chłodzenia.
4. Stetoskop służy do
 - a) pomiaru kąta wyprzedzenia zapłonu.
 - b) pomiaru kąta wyprzedzenia wtrysku.
 - c) osłuchiwania silnika.
 - d) pomiaru ciśnienia sprężania.

5. Do obojętnych składników spalin należą
 - a) tlen, tlenek węgla, dwutlenek węgla.
 - b) dwutlenek węgla, para wodna, tlen.
 - c) węglowodory, tlenek węgla, dwutlenek węgla.
 - d) tlenki azotu, węglowodory, dwutlenek węgla.

6. Pomiar zadymienia spalin pozwala rozpoznać usterkę układu
 - a) chłodzenia.
 - b) zasilania.
 - c) smarowania.
 - d) wydechowego.

7. Pomiar zadymienia spalin wykonujemy w silnikach
 - a) benzynowych.
 - b) z zapłonem iskrowym.
 - c) z zapłonem samoczynnym.
 - d) dwusuwowych ZI.

8. Pomiar ciśnienia oleju nie jest wykonywany w celu weryfikacji
 - a) pompy oleju.
 - b) łożysk ślizgowych wału korbowego.
 - c) zaworu redukcyjnego.
 - d) szczelności pierścieni tłokowych.

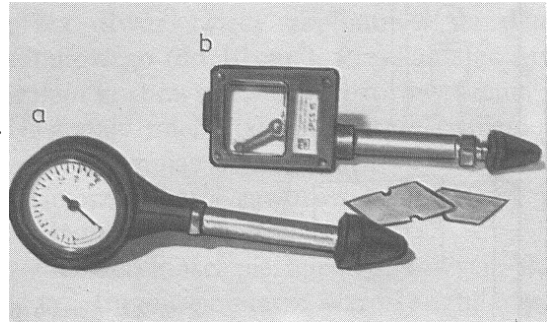
9. Pomiar ciśnienia sprężania wykonujemy przy
 - a) ciepłym silniku.
 - b) zimnym silniku.
 - c) wkręconych świecach zapłonowych.
 - d) zamkniętej przepustnicy.

10. Próba olejowa przy ciśnieniu sprężania jest stosowana w celu
 - a) zmniejszenia oporów tarcia.
 - b) zmniejszenia poboru prądu przez rozrusznik.
 - c) zlokalizowania miejsc nieszczelności komory spalania.
 - d) sprawdzenia wydajności pompy oleju.

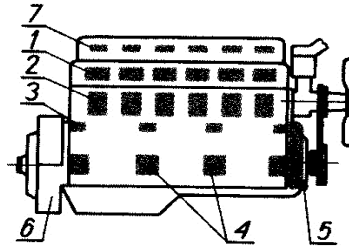
11. Powietrzna próba szczelności cylindrów mierzy
 - a) objętość skokową cylindrów.
 - b) objętość komory spalania.
 - c) objętość całkowitą cylindra.
 - d) stopień szczelności cylindrów.

12. Podczas powietrznej próby szczelności cylindrów należy
 - a) uruchomić silnik na biegu jałowym.
 - b) utrzymywać średnie obroty silnika.
 - c) przytrzymać obroty silnika aż do odcięcia paliwa.
 - d) ustawić tłok w położeniu odpowiadającym końcowi sprężania.

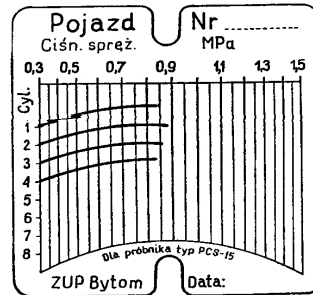
13. Na rysunku przedstawiono
- czujniki zegarowe.
 - próbnyki ciśnienia sprężania do silnika ZI.
 - próbnyki ciśnienia sprężania do silnika ZS.
 - próbnyki ciśnienia oleju.



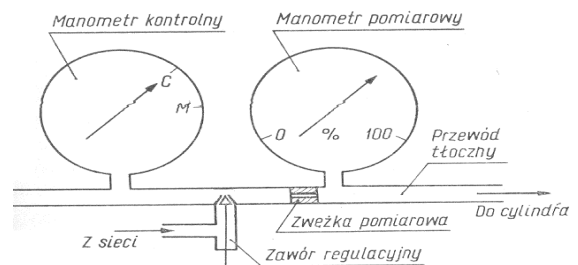
14. Na rysunku przedstawiono
- kolejność demontażu silnika ZI.
 - kolejność montażu silnika ZI.
 - miejsca oznaczeń numerowych części.
 - miejsca osłuchiwania silnika.



15. Rysunek przedstawia wyniki pomiaru
- ciśnienia oleju.
 - ciśnienia sprężania silnika ZS.
 - ciśnienia sprężania silnika ZI.
 - podciśnienia w kolektorze ssącym.



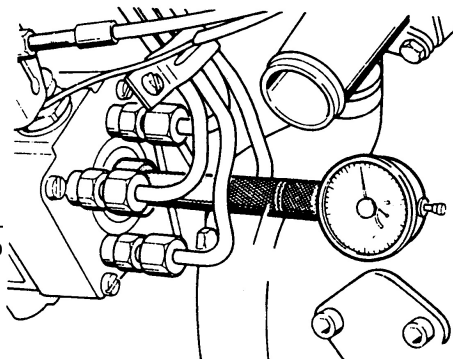
16. Na rysunku przedstawiono schemat urządzenia do pomiaru
- ciśnienia sprężania.
 - stopnia sprężania.
 - powietrznej próby szczelności cylindrów.
 - wydajności pompy oleju.



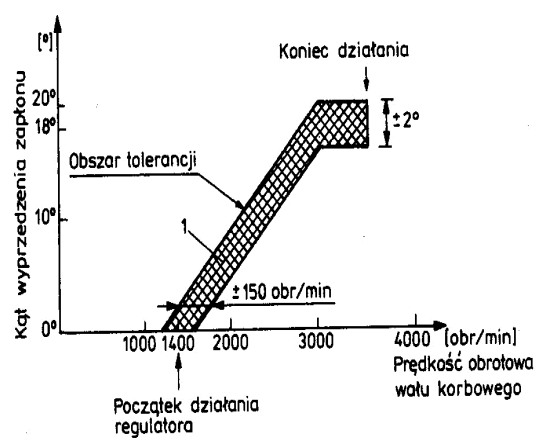
17. Mieszanka bogata posiada
- wysoką zawartość CO.
 - niską zawartość CO.
 - $\lambda=1$.
 - $\lambda=1,1$.

18. Mieszanka uboga posiada
- $\lambda=1$.
 - $\lambda=1,1$.
 - $\lambda=0,85$.
 - $\lambda=0$.

19. Rysunek przedstawia sposób pomiaru
- wzniosów krzywek wałka rozrządu.
 - kąta wyprzedzenia tłoczenia.
 - kąta wyprzedzenia zapłonu.
 - bicia wzdłużnego wałka rozrządu.



20. Na rysunku przedstawiono charakterystykę
- a) regulatora odśrodkowego.
 - b) regulatora podciśnieniowego.
 - c) sondy lambda.
 - d) korektora dawki paliwa.



KARTA ODPOWIEDZI

Imię i nazwisko

Wykonywanie pomiarów diagnostycznych silnika

Zakreśl poprawną odpowiedź.

Numer zadania	Odpowiedź				Punktacja
1	a	b	c	d	
2	a	b	c	d	
3	a	b	c	d	
4	a	b	c	d	
5	a	b	c	d	
6	a	b	c	d	
7	a	b	c	d	
8	a	b	c	d	
9	a	b	c	d	
10	a	b	c	d	
11	a	b	c	d	
12	a	b	c	d	
13	a	b	c	d	
14	a	b	c	d	
15	a	b	c	d	
16	a	b	c	d	
17	a	b	c	d	
18	a	b	c	d	
19	a	b	c	d	
20	a	b	c	d	
	Razem:				

6. LITERATURA

1. Bocheński C.: Badania kontrolne samochodów. WKiŁ Warszawa 2000
2. Kuczyński Z., Michalak W.: Pracownia samochodowa. WSiP Warszawa 1992
3. Orzełowski S.: Naprawa i obsługa pojazdów samochodowych. WSiP, Warszawa 1998
4. Rychter T.: Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006
5. Trzeciak K.: Diagnostyka samochodów osobowych. WKiŁ Warszawa 1998
6. Trzeciak K.: Diagnostyka samochodów osobowych. WKiŁ Warszawa 2005