

## Moduł 5

### Rodzaje silników pojazdów stosowanych w rolnictwie

1. Klasyfikacja silników pojazdów stosowanych w rolnictwie
2. Budowa silników pojazdów stosowanych w rolnictwie
3. Działanie poszczególnych układów silników pojazdów stosowanych w rolnictwie

## 1. Klasyfikacja silników pojazdów stosowanych w rolnictwie

Silnik spalinowy jest maszyną cieplną, w której ulega zamianie energia dostarczona w paliwie (energia chemiczna) na pracę mechaniczną. Proces ten zachodzi we wnętrzu silnika (cylindrach). Zamiana energii polega na spalaniu mieszanki paliwowo powietrznej w zamkniętej komorze spalania. Cały cykl pracy silnika może być realizowany podczas czterech suwów tłoka w cylindrze (mówimy wówczas, że jest to silnik czterosuwowy), lub przy dwóch suwach tłoka w cylindrze (mówimy wówczas, iż jest to silnik dwusuwowy).

Ładunek do cylindra może być dostarczany dzięki podciśnieniu wytwarzanemu przez tłok (silnik niedoładowany) lub przy zwiększonym ciśnieniu np. przez turbosprężarkę (silnik doładowany).

Ze względu na rodzaj zapłonu mieszanki silniki dzielimy na:

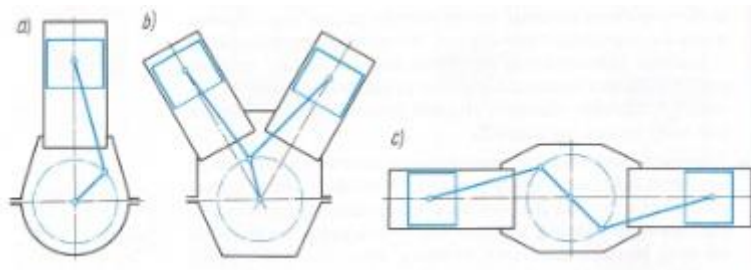
- a) silniki z zapłonem iskrowym (zapłon mieszanki powoduje przeskok iskry między elektrodami świecy zapłonowej),
- b) silniki z zapłonem samoczynnym, inaczej zwane silnikami Diesla – do sprężonego czystego świeżego powietrza wtryskiwana jest dawka oleju napędowego. Zapłon następuje samoczynnie na skutek zetknięcia się paliwa z silnie nagrzanym poprzez sprężanie w cylindrze powietrzem.

W zależności od ilości cylindrów silniki dzielimy na:

- a) jednocylindrowe,
- b) wielocylindrowe.

W zależności od sposobu rozmieszczenia cylindrów w kadłubie (rys. 5.1) wyróżniamy:

- a) silniki rzędowe;
- b) silniki widlaste;
- c) silniki przeciwbieżne.



**Rys. 5.1 Układy konstrukcyjne silników**

a) rzędowy, b) widlasty, c) przeciwbieżny

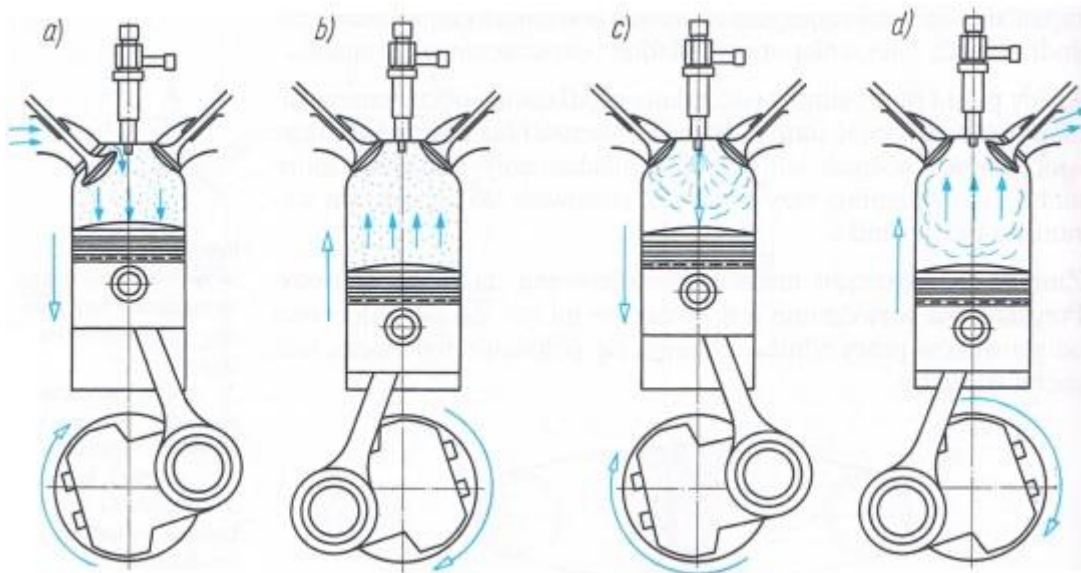
Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006

## 2. Budowa silników pojazdów stosowanych w rolnictwie

Ze względu na zastosowanie do napędu ciągników prawie wyłącznie silników czterosurowych z zapłonem samoczynnym poniżej przedstawione zostaną zasada działania i budowa tego typu silnika.

a) Zasada działania silnika czterosurowego z zapłonem samoczynnym.

Działanie czterosurowego silnika o zapłonem samoczynnym przedstawia rys. 5.2.



**Rys. 5.2 Zasada działania silnika czterosurowego z zapłonem samoczynnym**

a) napełnianie cylindra powietrzem, b) sprężanie powietrza, c) praca, d) wylot gazów spalinowych

Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006

Na jeden cykl pracy składa się cztery suwy tłoka:

- Suw dolotu, zwany również suwem ssania;
- Suw sprężania;
- Suw pracy;
- Suw wylotu.

Podczas wykonywania tych czterech suwów, wał korbowy silnika obróci się 2 razy.

Podczas suwu dolotu (rys. 5.2a) tłok przesuwa się od GMP (Górne Martwe Położenie) do DMP (Dolne Martwe Położenie). Suw są to procesy zachodzące podczas przemieszczenia tłoka od GMP do DMP lub odwrotnie. W suwie dolotu zawór dolotowy jest otwarty, zawór wylotowy jest zamknięty. Przemierzający się ku DMP tłok wytwarza podciśnienie, a przez zawór dolotowy zasysane jest do cylindra powietrze. W czasie tego suwu zawór wylotowy pozostaje zamknięty.

Pod przejściu tłoka przez DMP rozpoczyna się suw sprężania (rys. 5.2b). Zawór dolotowy zostaje zamknięty, zamknięty pozostaje również zawór wylotowy. Przemierzający się ku GMP tłok spręża znajdujące się w cylindrze powietrze. W wyniku silnego sprężania powietrze osiąga wysoką temperaturę.

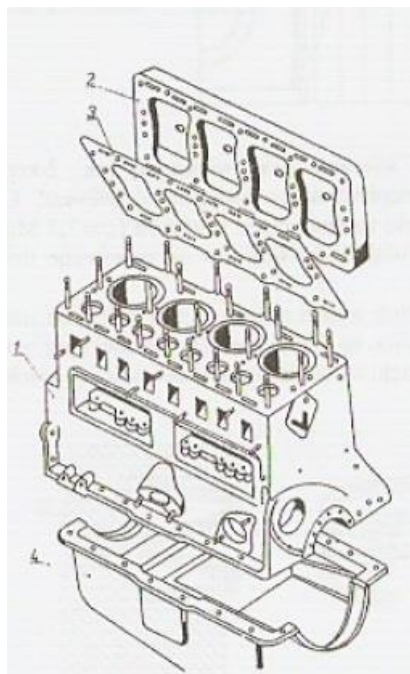
W okolicy GMP tłoka następuje wtrysk rozpylanego przez wtryskiwacz paliwa do komory spalania. W panującej tam wysokiej temperaturze wtrysnięte do sprężonego powietrza paliwo odparowuje i zapala się (samozapłon). W wyniku spalania gwałtownie rośnie temperatura gazów w cylindrze, ulega spalaniu mieszanka paliwowo – powietrzna. Jednocześnie zwiększa się znacznie panujące w cylindrze ciśnienie. Powoduje to nacisk na denko tłoka i jego przesuwanie w kierunku DMP. Gazy spalinowe wykonują zatem pracę. Jest to kolejny suw tłoka i nazywamy go suwem pracy (rys. 5.2c). W czasie tego suwu obydwie zawory (dolotowy i wylotowy) pozostają zamknięte.

Ostatnim suwem jest suw wylotu (rys. 5.2d). Tłok przemieszcza się ku GMP. Zawór wylotowy otwiera się, a gazy spalinowe uchodzą z cylindra. Z chwilą dojścia tłoka do GMP zamyka się zawór wylotowy, a otwiera zawór dolotowy i rozpoczyna się kolejny cykl pracy silnika – suw dolotu kolejnego cyklu pracy.

W rzeczywistym silniku spalinowym zawory dolotowe i wylotowe nie są otwierane dokładnie w chwili, gdy tłok przechodzi przez punkt DMP lub GMP. Dzieje się to odpowiednio wcześniej lub później, np. pod koniec suwu wylotu otwiera się już zawór dolotowy, a zawór wylotowy zamyka się dopiero wtedy gdy tłok przejdzie GMP i trwa już suw dolotu (współotwarcie zaworów). Takie wzajemne powiązanie momentów otwierania i zamykania zaworów nazywa się fazami rozrządu.

b) Budowa i zasada działania poszczególnych elementów i układów silnika z ZS.

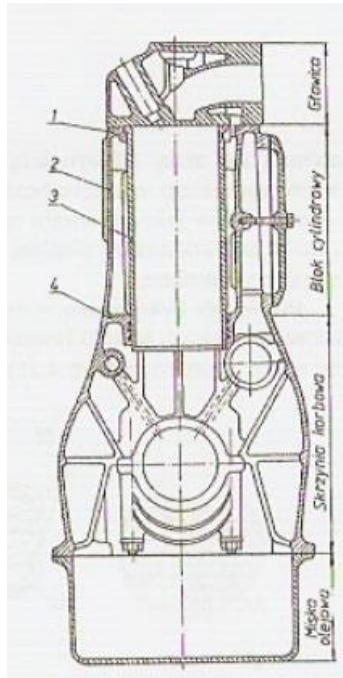
Silnik (rys. 5.3 a i b) składa się z następujących podstawowych elementów: Kadłuba (zwanego również blokiem), głowicy i miski olejowej.



**Rys. 5.3 a. Widok silnika w rozłożeniu**

1 – blok cylindrowy, 2 – głowica, 3 – uszczelka podgłowicowa, 4 – miska olejowa

Źródło: Skrobaccki A., Pojazdy rolnicze, WSiP, Warszawa 1996



**Rys. 5.3 b. Przekrój silnika**

1 – płyta górna mocowania tulei, 2 – płaszcz, 3 – tuleja cylindrowa, 4 – płyta dolna mocowania tulei

Źródło: Skrobacki A., Pojazdy rolnicze, WSiP, Warszawa 1996

Kadłub silnika stanowi podstawowy element konstrukcyjny silnika. Do niego montowane są pozostałe elementy silnika. W kadłubie silnika wyróżnia się blok cylindrowy, w którym osadza się tuleje cylindrowe oraz skrzynię korbową, w której pracuje się wał korbowy. Kadłub silnika musi być elementem o bardzo dużej sztywności, zwykle jest wykonywany jako odlew z żeliwa stopowego, a obecnie coraz częściej ze stopów aluminium. W ciągnikach kadłub silnika często stanowi część konstrukcyjną ciągnika i przenosi działające na ciągnik siły zewnętrzne. W kadłubie wykonane są różnego rodzaju kanały, np. do przepływu cieczy chłodzącej, oleju silnikowego itp.

Tuleje cylindrowe w silnikach chłodzonych pośrednio (cieczą) występują jako tuleje cylindrowe mokre (bezpośrednio stykają się z cieczą chłodzącą) lub suche (nie stykają się bezpośrednio z cieczą chłodzącą). W silnikach chłodzonych bezpośrednio powietrzem tuleje cylindrowe umieszczają się bezpośrednio na skrzyni korbowej. Mają one charakterystyczne uźbrowania, dzięki którym zwiększa się powierzchnie omywane przez powietrze, co zwiększa możliwość odprowadzenia ciepła cylindra.

Wewnętrzna ściana tulei cylindrowej, zwana gładzią cylindra jest częścią prowadnicą tłoka. W miarę pracy silnika gładź cylindrowa się zużywa, co powoduje utratę szczelności, a tym samym powoduje spadek mocy silnika i wzrost jednostkowego zużycia paliwa.

W skrzyni korbowej silnika umieszcza się w specjalnych łożyskach wał korbowy silnika, który jest połączony z pozostałymi elementami układu korbowo – tłokowego. Skrzynia korbową silnika od dołu zamknięta jest miską olejową, która stanowi również zbiornik dla oleju silnikowego.

W kadłubie silnika może być umieszczony wałek rozrządu z pozostałymi elementami mechanizmu rozrządu silnika. Do kadłuba przykręca się również inne elementy niezbędne do pracy silnika tzw. osprzęt, np. alternator, pompę wtryskową itp.

Od góry na kadłubie silnika montuje się głowicę, która zamyka przestrzeń cylindra. Głowica może obejmować wszystkie cylindry lub pojedynczy cylinder. Wówczas głowic jest tyle, ile jest cylindrów. Pomiędzy głowicą, a kadłubem umieszczana jest uszczelka podgłowicowa, która ma za zadanie uszczelnienie tego połączenia. Głowica z kadłubem tworzą zamkniętą komorę, w której wywiązuje się wysokie ciśnienie, z tego względu mocuje się je z użyciem specjalnych śrub o dużej wytrzymałości.

### 3. Działanie poszczególnych układów silników pojazdów stosowanych w rolnictwie

Silnik spalinowy charakteryzuje wiele wielkości. Podstawową wielkością jest pojemność skokowa silnika  $V_{SS}$ . Obliczyć ją można stosując wzór:

$$V_{SS} = V_S \cdot i$$

Gdzie:

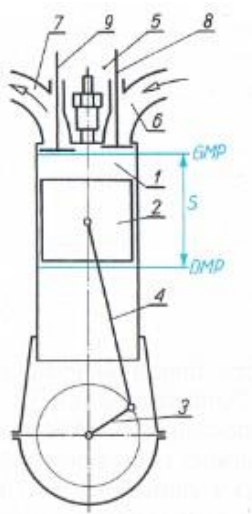
$V_S$  – objętość skokowa cylindra [ $\text{cm}^3$ ],

$i$  – liczba cylindrów.

Znając skok tłoka ( $S$ ) oraz średnicę tłoka ( $D$ ) objętość skokową cylindra można obliczyć ze wzoru:

$$V_S = S \cdot \frac{\pi \cdot D^2}{4}$$

Skok tłoka przedstawiony został na rys. 5.4.



**Rys. 5.4 Schemat budowy tłokowego silnika spalinowego**

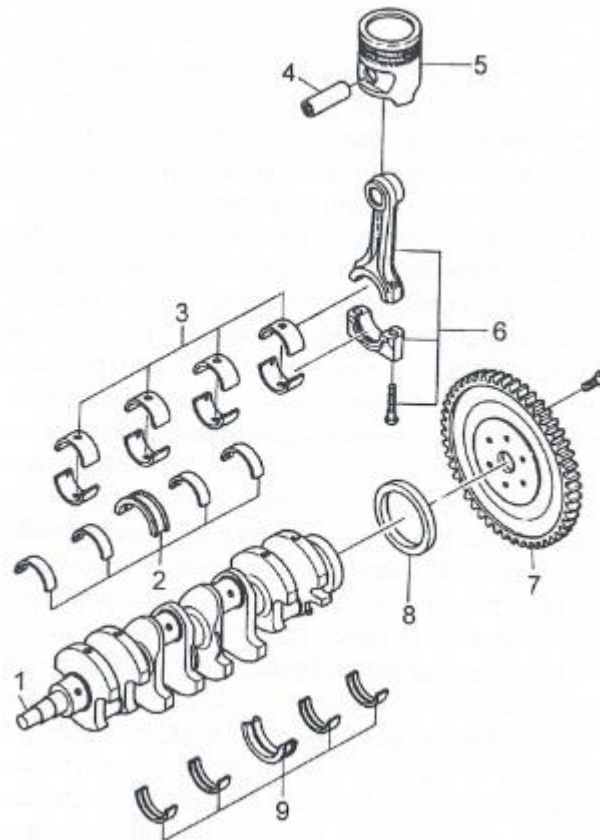
1 – cylinder, 2 – tłok, 3 – wał korbowy, 4 – korbowód, 5 – głowica, 6 – przewód dolotowy, 7 – przewód wylotowy, 8 – zawór dolotowy, 9 – zawór wylotowy Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006



Kolejnym parametrem charakteryzującym silnik jest stopień sprężania  $\epsilon$  (czytaj epsilon). Stopień sprężania określa, ile razy zmniejszyła się objętość nad tłokiem w czasie sprężania czynnika. Dla silników z zapłonem samoczynnym parametr ten mieści się w granicach od 13 do 22.

Kolejnymi parametrami charakteryzującymi silnik są moc i moment obrotowy. Moc silnika charakteryzuje możliwość wykonania przez silnik określonej pracy w określonym czasie. Mocy silnika nie mierzy się bezpośrednio, lecz wyznacza w sposób obliczeniowy. Należy znać prędkość obrotową silnika (można łatwo zmierzyć) oraz moment obrotowy (również jest to parametr możliwy do zmierzenia na stanowisku zwanym hamownią). Moment obrotowy  $M_o$  jest to moment przekazywany z wału korbowego silnika do układu napędowego pojazdu.

Jak nietrudno zauważyć element silnika nazwany wałem korbowym odgrywa w konstrukcji silnika bardzo ważną rolę. Jest on elementem mechanizmu korbowego (rys. 5.5).



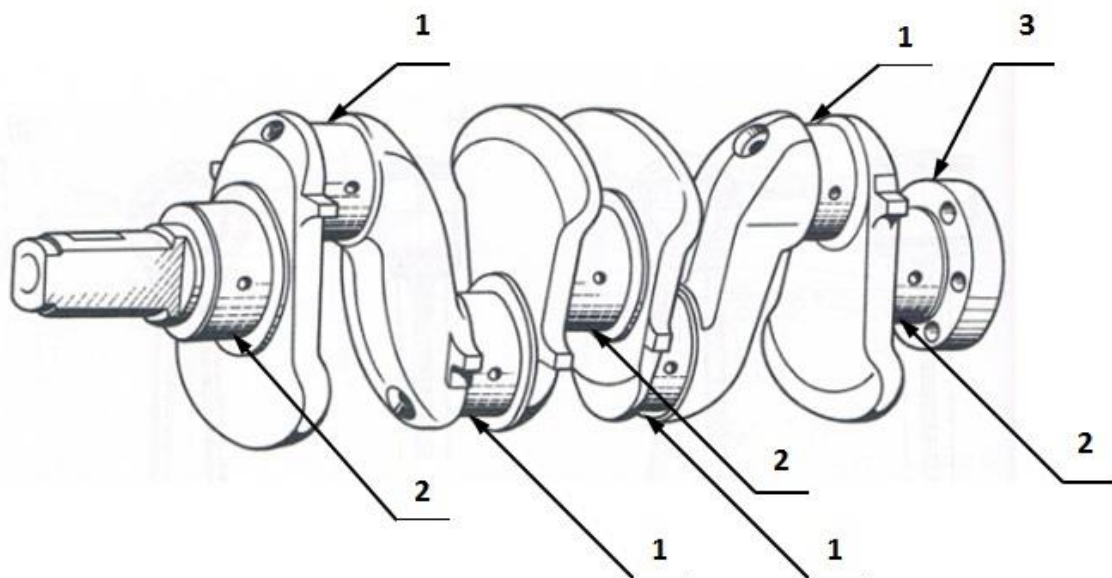
**Rys. 5.5 Układ korbowy silnika**

1 – wał korbowy, 2 – górne panewki łożysk głównych, 3 – panewki łożysk korbowych, 4 – sworznień tłokowy, 5 – tłok, 6 – korbowód, 7 – koło zamachowe, 8 – uszczelniacz wału, 9 – dolne panewki łożysk głównych

Źródło: Zajac P., Silniki pojazdów samochodowych, WKiŁ, Warszawa 2010

Zadaniem mechanizmu korbowego silnika jest zamiana ruchu postępowo-zwrotnego tłoka (wzdłuż osi cylindra) na ruch obrotowy wału korbowego. Tłok jest połączony z wałem korbowym za pomocą korbowodu, który w czasie pracy silnika wykonuje ruch złożony (postępowo zwrotny i obrotowy). Dzieje się tak ponieważ ruch tłoka nadaje korbowodowi ruch postępowy, a obracanie się korby wału korbowego wprawia korbowód w ruch wahadłowy wokół sworznia tłokowego, łączącego korbowód z tłokiem. Połączenie to realizuje sworznie tłokowy, który jest osadzony w piastach tłoka i główce korbowodu.

Wał korbowy (rys. 5.6) składa się z czopów głównych, które stanowią oś obrotu wału, czopów korbowych, do których mocuje się łąby korbowodów oraz ramion łączących czopy główne z czopami korbowymi.



**Rys. 5.6 Wał korbowy czterosuwowego silnika czterocylindrowego**

1 – czopy korbowe, 2 – czopy główne, 3 – zakończenie tylnie wału Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006

Liczba czopów korbowych w silnikach rzędowych jest równa liczbie cylindrów, natomiast liczba czopów głównych, na których wał się podpira, zależna jest od konstrukcji (w silnikach silnie obciążonych wał podparty jest łożyskiem co każde wykorbiecie).

Wał korbowy jest zwykle z jednej strony zakończony kołnierzem do umocowania koła zamachowego. Z drugiej strony wału zwykle osadza się koło napędu rozrządu, koło pasowe do napędu urządzeń pomocniczych, np. koło pasowe napędu wentylatora.

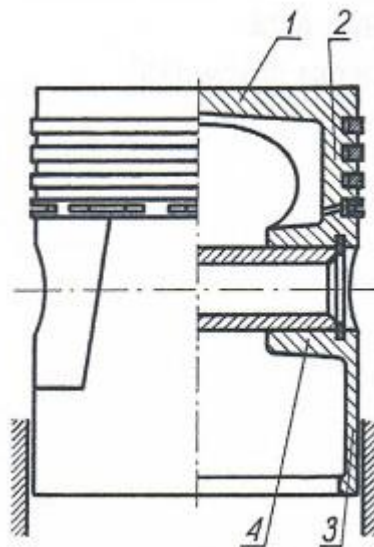
Na przedłużeniach ramion wału korbowego umieszcza się przeciwcieżary, których zadaniem jest wyrównoważenie silnika.

Wały wykonuje się jako odlewane lub jako kute. Wały kute wykonuje się ze stali niestopowej wyższej jakości, lub ze stali stopowych. Wały korbowe odlewane zwykle wykonuje się z żeliwa sferoidalnego. Czopy główne i korbowe wałów poddaje się dodatkowo obróbce cieplnej i cieplno-chemicznej w celu uzyskania twardej powierzchni od-



pornej na zużycie. Wał jest osadzony w kadłubie silnika za pomocą łożysk ślizgowych (panewek), dzięki czemu ma możliwość obracania się. Panewki wykonuje się ze stopów łożyskowych cynowo-ołowiowych lub miedziowo-ołowiowych. Są to łożyska cienkościennie (grubość wynosi od 1,5 do 3 mm) i wymagają bardzo dobrego smarowania, gdyż w przeciwnym razie mogą one ulec zatarciu. Olej niezbędny do smarowania panewek podawany jest przez układ smarowania specjalnymi kanałami wydrążonymi w wale silnika.

Tłoki (rys. 5.7) silników spalinowych stanowią dolne zamknięcie komory spalania silnika.



#### Rys. 5.7 Podstawowe elementy tłoka

1 – denko, 2 – część pierścieniowa, 3 – część prowadząca, 4 – piasta Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006

W tłoku można wyróżnić następujące części: denko, część pierścieniową, część prowadzącą, piastę.

Denko tłoka, jest specjalnie ukształtowane, ponieważ stanowią część komory spalania. Denko tłoka jest bardzo silnie obciążane cieplnie podczas spalania paliwa w komorze spalania.

Część pierścieniowa tłoka służy do osadzania pierścieni tłokowych. Zadaniem pierścieni tłokowych jest uszczelnianie tłoka w cylindrze oraz odprowadzanie ciepła z tłoka do ścianek cylindra. Wyróżniamy pierścienie tłokowe uszczelniające oraz pierścienie zgarniające. Zadaniem pierścieni zgarniających jest zgarnianie oleju z gładzi cylindra podczas ruchu tłoka ku dołowi, dzięki temu olej nie przedostaje się do komory spalania.

Część prowadząca tłoka, zwana inaczej płaszczem, prowadzi tłok w cylindrze oraz przenosi siły nacisku tłoka na gładź cylindra.

Piasty tłoka służą do mocowania sworznia tłokowego, łączącego tłok z korbowodem. Zazwyczaj sworznie tłokowe może obracać się swobodnie w piastach i w główce

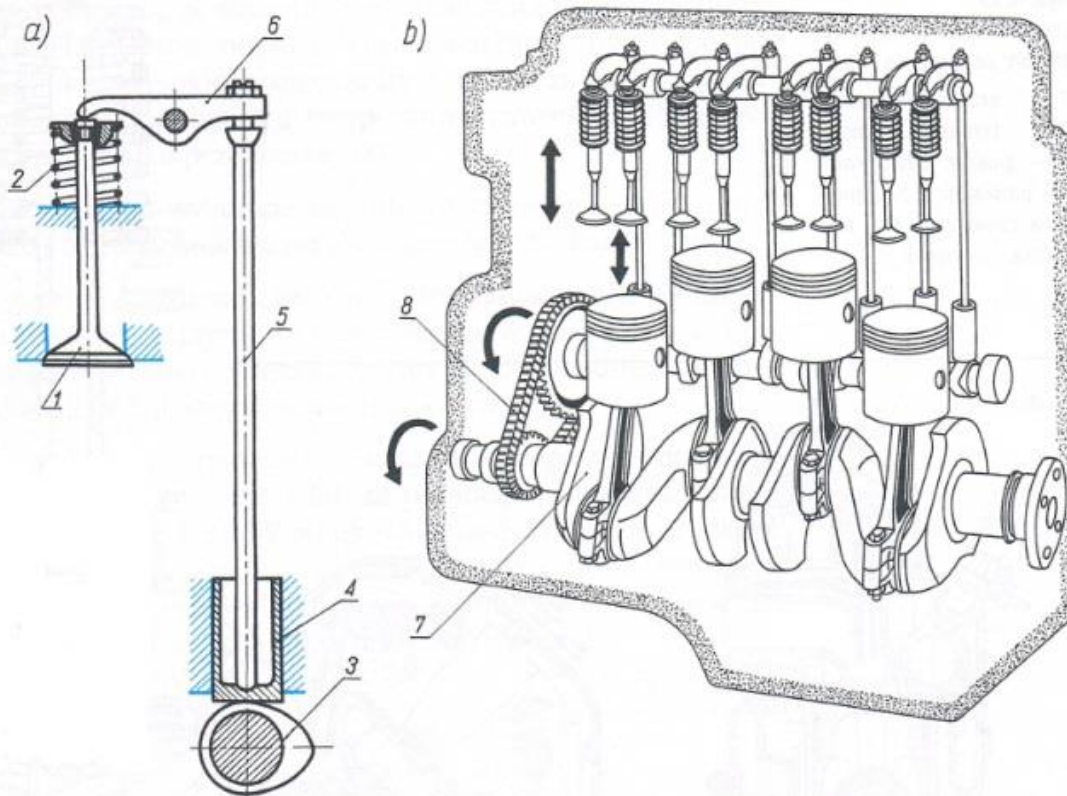
korbowodu, a przed wysunięciem się z tłoka sworzeń tłokowy zabezpiecza się pierścieniami sprężystymi.

Korbowód łączy tłok z wałem korbowym. Jego zadaniem jest przekazywanie siły nacisku gazów spalinowych działających na denko tłoka na czopy korbowe wału korbowego. W korbowodzie rozróżnia się główkę, trzon, łeb i pokrywę łba.

W główce jest wciśnięta tuleja ślizgowa, pełniąca rolę łożyska dla obracającego się w niej sworznia tłokowego.

Trzon korbowodu łączy główkę z jego łbem. Przenosi on bardzo duże siły i dlatego wykonuje się go przez odkuwanie ze stali niestopowej do ulepszenia cieplnego lub ze stali stopowych. Zazwyczaj trzon ma przekrój dwuteowy, co zwiększa jego wytrzymałość na działające siły. Łeb korbowodu jest zwykle dzielony, tak aby ułatwić jego montaż na czop wału korbowego, a jego pokrywa jest przykręcana dwiema śrubami korbowodowymi.

Wał korbowy silnika służy do napędu wałka rozrządu, który jest elementem składowym mechanizmu rozrządu. Krzywki wałka rozrządu współpracując z zaworami umożliwiają napełnianie cylindra świeżym powietrzem i opróżnianiem z cylindra spalin. W skład mechanizmu rozrządu (rys. 5.8.) wchodzi następujące elementy: zawory, sprężyny zaworowe, wałek rozrządu, popychacze połączone z drążkami popychaczy i dźwigniami zaworowymi oraz elementy napędu wałka rozrządu.



**Rys. 5.8 Mechanizm rozrządu**

a) schemat, b) rysunek poglądowy. 1 – zawór, 2 – sprężyna zaworowa, 3 – wał rozrządu, 4 – popychacz, 5 – drążek popychacza, 6 – dźwignia zaworowa, 7 – mechanizm korbowy, 8 – napęd rozrządu

Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006

Zawory umieszczone są w głowicy silnika. Ruch zaworów jest wymuszony przez obracające się krzywki wałka rozrządu. Popychacze współpracujące z krzywkami wałka rozrządu wprawiają w ruch pozostałe elementy mechanizmu rozrządu powodując w efekcie wznios odpowiednich zaworów. Zawór składa się z trzonka, na końcu którego znajduje zamek służący do mocowania talerzyka i sprężyny zaworowej dociskającej grzybek zaworu do stożkowej powierzchni gniazda zaworowego oraz grzybka, który zamyka komorę spalania. Trzonek zaworu porusza się w prowadnicy zaworowej. Zawory wykonuje się ze stali stopowych, ponieważ wymagana jest od materiału zaworu dobra przewodność cieplna, odporność na ścieranie oraz odporność na działanie wysokiej temperatury. Sprężyny zaworowe wykonuje się z drutu stalowego sprężynowego. Na ogół stosuje się po dwie sprężyny na każdy zawór. Trzonek zaworu współpracuje z dźwignią zaworową, która współpracuje z popychaczem lub bezpośrednio z krzywkami wałka rozrządu.

Krzywki wykonane są na wałku rozrządu, obracający się wałek powoduje zatem wznios zaworów w odpowiednim momencie pracy silnika. Aby tak się działo wałek rozrządu i wał korbowy silnika muszą być połączone ze sobą w taki sposób, że jeden obrót wałka rozrządu przypada na dwa obroty wału korbowego. Możliwe jest to dzięki zastosowaniu do napędu wałka rozrządu przekładni zębatych (ewentualnie paska zębatego

lub łańcucha. W celu kompensacji wydłużenia paska zębatego lub łańcucha stosuje się dodatkowe elementy, tzw. napinacze paska lub łańcucha rozrządu.

Nagrzewanie się zaworów w czasie pracy silnika powoduje ich wydłużanie. Skutkiem tego może być niedomknięcie zaworów. W celu kompensacji rozszerzalności cieplnej elementów układu rozrządu stosuje się luz zaworowy, czyli zachowanie odpowiedniej odległości między elementami układu.

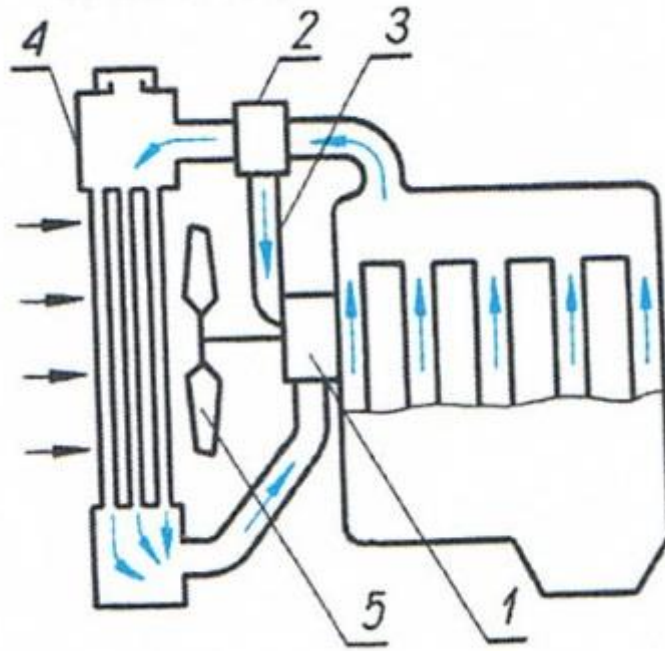
Podczas pracy silnik spalinowy wydziela znaczne ilości ciepła, które nie jest zamieniane na pracę. To ciepło należy odprowadzić z silnika, aby nie doszło do jego przegrzania. Zadanie takie spełnia układ chłodzenia silnika. Wyróżniamy dwa systemy chłodzenia silników:

- a) system chłodzenia bezpośredniego - powietrze styka się bezpośrednio z cylindrami i głowicą silnika, odbierając od nich ciepło (chłodzenie powietrzem).
- b) system chłodzenia pośredniego - powietrze nie styka się bezpośrednio z cylindrami lub głowicą, a czynnikiem pośredniczącym w wymianie ciepła między silnikiem, a powietrzem jest ciecz zawarta w układzie chłodzenia silnika.

W silniku chłodzonym powietrzem elementy wymagające chłodzenia omywane są strugą powietrza. Aby zwiększyć intensywność odbioru ciepła od tych elementów wykonuje się je z dodatkowymi uźebrowaniami. Zwiększa się zatem powierzchnia omywana przez strugi powietrza, czyli powierzchnia chłodząca silnik.

W silniku chłodzonym cieczą cylindry silnika oraz komory spalania są otoczone przestrzenią, w której znajduje się ciecz chłodząca. Do silnika wtłaczana jest ciecz chłodna. Przyptywając przez kanały wykonane w bloku i głowicy silnika nagrzewa się i opuszcza silnik jako gorąca. Trafia do chłodnicy cieczy, gdzie ulega ochłodzeniu, a następnie ponownie przetłaczana jest przez silnik.

Budowę układu chłodzenia cieczowego silnika przedstawia rys. 5. 9.



**Rys. 5.9 Układ chłodzenia cieczą silnika**

1 – pompa, 2 – termostat, 3 – przewody, 4 – chłodnica, 5 – wentylator

Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006

Układ chłodzenia silnika cieczą składa się z:

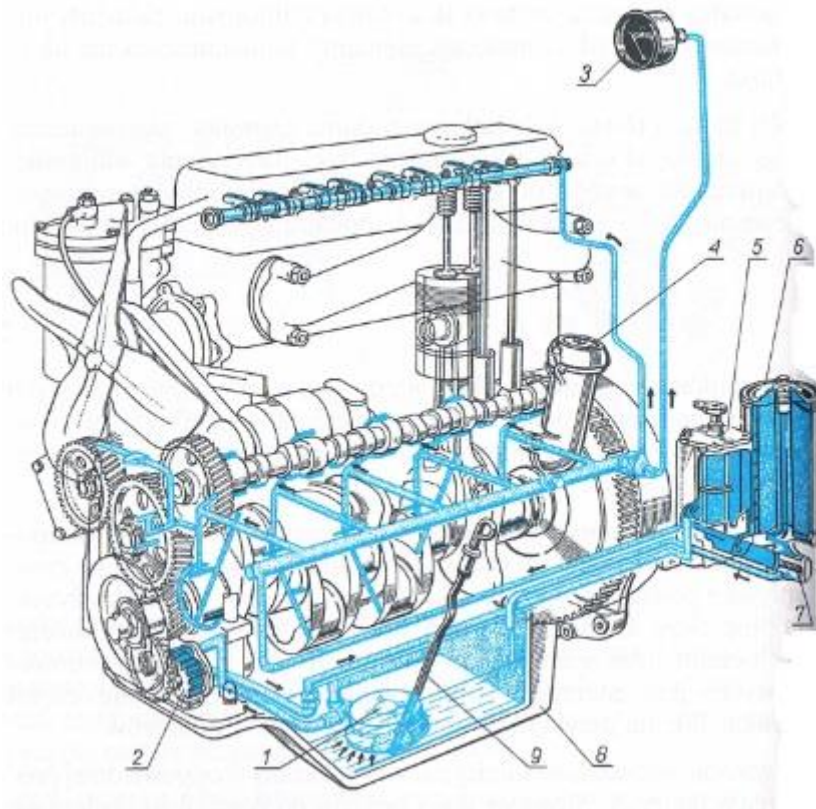
- a) pompy cieczy chłodzącej – najczęściej jest to pompa wirnikowa odśrodkowa, napędzana od wału korbowego silnika;
- b) termostatu, którego zadaniem jest regulowanie intensywności chłodzenia. Gdy silnik jest zimny zamyka on przepływ cieczy przez chłodnicę. Ciecz krąży wyłącznie w silniku, dzięki czemu szybciej się ogrzewa (jest to tzw. mały obieg cieczy). Jeżeli silnik jest rozgrzany termostat otwiera przepływ cieczy chłodzącej do chłodnicy (obieg duży cieczy).
- c) przewodów – łączą one poszczególne części układu, najczęściej są to przewody gumowe.
- d) chłodnicy - składa się z dwóch zbiorników (górnego i dolnego) oraz wielu pionowych rurek łączących te zbiorniki. Chłodnice wykonuje się z materiałów dobrze przewodzących ciepło (aluminium, miedź). Ciecz chłodząca przepływa rurkami ze zbiornika górnego do dolnego, natomiast powietrze przepływa między rurkami ochładzając je. W celu zwiększenia intensywności przepływu powietrza przez chłodnicę umieszcza się za nią wentylator, który zwiększa prędkość przepływu powietrza. Wentylator może być osadzony na osi pompy cieczy chłodzącej lub w specjalnej obudowie montowanej na chłodnicy napędzany silnikiem elektrycznym.
- e) cieczy chłodzącej – jest to czynnik odbierający ciepło od elementów silnika i przekazujący je do chłodnicy. Ciecz chłodząca to najczęściej glikol etylenowy lub propylenowy.
- f) zbiornika wyrównawczego – umożliwia on gromadzenie dodatkowej ilości cieczy chłodzącej powstającej na skutek rozszerzalności cieplnej. Dzięki niemu również możliwa jest kontrola ilości cieczy chłodzącej znajdującej się w układzie.

Jak wspomniane zostało wcześniej w układzie korbowo – tłokowym elementy łożyskowane są między sobą w łożyskach ślizgowych. Aby połączenie takie mogło pracować stosunkowo długo bez zatarcia wymagane jest smarowanie poszczególnych elementów układu. Smarowania wymagają: łożyska główne i korbowodowe wału korbowego, łożyska wałka rozrządu, zestaw tłok-tuleja cylindrowa, elementy mechanizmu rozrządu i elementy pomocniczych urządzeń silnika (np. turbosprężarka).

W silnikach stosuje się zatem system smarowania (olejenia) silnika. Wyróżnia się dwa systemy smarowania: system mieszankowy i system ciśnieniowy.

Pierwszy system stosowany jest w silnikach dwusuwowych, a olej dodany jest do paliwa, które wypełnia skrzynię korbową silnika.

W systemie ciśnieniowym (rys. 5.10) olej silnikowy pobierany jest ze zbiornika oleju (miski olejowej) przez pompę i pod zwiększonym ciśnieniem tłoczony do wszystkich punktów wymagających smarowania. Po przetłoczeniu go przez te punkty wraca on do miski olejowej silnika i ponownie może być wykorzystany do smarowania elementów. Olej krąży zatem w układzie zamkniętym.



**Rys. 5.10 Układ smarowania silnika**

1 – wstępny filtr siatkowy, 2 – pompa oleju, 3 – manometr, 4 – wlew oleju, 5 – filtr zgrubnego oczyszczania, 6 – filtr dokładnego oczyszczania, 7 – zawór ograniczający ciśnienie oleju, 8 – miska olejowa, 9 – wskaźnik poziomu oleju

Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006



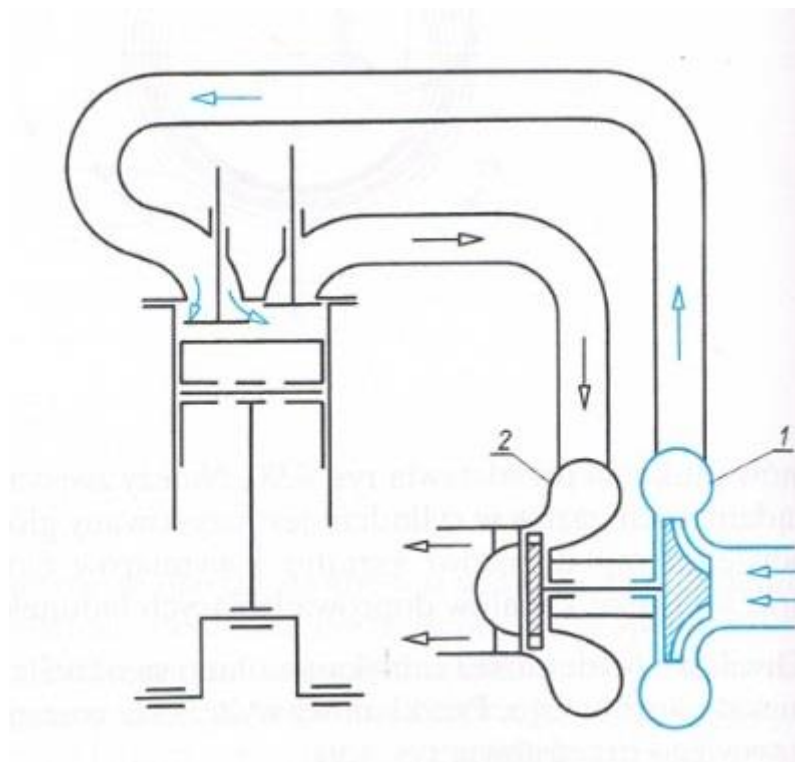
Podstawowymi elementami ciśnieniowego systemu smarowania silnika czterosuwowego są:

- Zbiornik oleju, zwany również miską olejową. Jest to element przymocowany do dolnej części kadłuba silnika. Wykonuje się ją jako wytłoczkę z blachy stalowej lub jako odlew ze stopów lekkich (stopów aluminium).
- Pompa oleju – stosuje się pompy zębate napędzane przeważnie od wałka rozrządu. Zadaniem pompy jest zassanie poprzez filtr siatkowy (tzw. smok) oleju, a następnie zwiększeni ciśnienia oleju i przetłoczenie go do dalszych elementów układu.
- Sieć kanałów – rozprowadza olej do poszczególnych elementów silnika. Kanały te wykonane są w kadłubie i głowicy silnika. Dostarczają olej do panewek głównych i korbowych silnika oraz łożysk wałka rozrządu. Smarowane są także prowadnice zaworowe, dźwignie zaworowe, a wytryskujący z łożyska główki korbowodu olej trafia na gładź cylindra, dzięki czemu ją również ochładza, skąd jest zbierany przez pierścienie zgarniające i trafia do miski olejowej.
- Filtr oleju – umieszczony w układzie odfiltrowuje zanieczyszczenia będące produktami spalania paliwa, bądź zużycia mechanicznego części (opiłki metalu pochodzące np. z panewek). Filtry oleju dzieli się według różnych kryteriów, np.: w zależności od dokładności czyszczenia rozróżniamy filtry wstępne, zgrubnego oczyszczania i dokładnego oczyszczenia. W zależności od sposobu włączenia do obiegu filtry dzielimy na szeregowe lub równoległe. Filtry zgrubnego oczyszczania włącza się w obieg oleju szeregowo (filtr pełnoprzepływowy), natomiast filtry dokładnego oczyszczania filtrują tylko pewną część oleju, z tego względu włącza się je w układ przeważnie równoległe. Filtr wstępny to filtr siatkowy, którego głównym celem jest zatrzymanie nieczystości, które mogłyby uszkodzić pompę oleju. Jest to również filtr pełnoprzepływowy szeregowy. Filtry oleju mogą mieć wymienne wkłady filtrujące, które należy wymieniać co określony czas pracy silnika, lub są budowane jako nierozbieralne – wówczas należy wymienić cały filtr
- Lampka kontrolna – jej zaświecenie oznacza spadek ciśnienia w układzie olejenia poniżej wartości minimalnej. Niekiedy zamiast lampki kontrolnej w pulpicie ciągnika umieszcza się manometr mierzący aktualne ciśnienie w układzie.
- Olej silnikowy – jest to ciecz o określonych parametrach, która zapewnia smarowanie określonych części silnika. Ze względu na bazę, z której wytwarza się olej wyróżniamy oleje mineralne, syntetyczne i półsyntetyczne. Dobierając olej do silnika należy zwrócić uwagę na zalecaną przez producenta lepkość oleju (oznaczaną według klasyfikacji SAE symbolami np. 15W40 – gdzie litera W oznacza olej wielosezonowy) oraz klasę jakości określoną zgodnie z odpowiednimi klasyfikacjami, np. według klasyfikacji jakościowej API symbolem C oznacza się oleje do silników z zapłonem samoczynnym, natomiast literą C – oleje do silników z zapłonem iskrowym. Po tym symbolu występuje jeszcze litera alfabetu – im wyższa litera, tym również jakość oleju wyższa. W układzie olejenia może dodatkowo występować chłodnica oleju, której zadaniem jest odebranie i odprowadzenie ciepła od oleju do przepływającego przez chłodnicę powietrza.

Do cylindrów silnika o zapłonie samoczynnym doprowadza się czyste powietrze. Dostarczane jest ono przez kolektor dolotowy. W silniku z zapłonem samoczynnym przepływ powietrza przez kolektor dolotowy nie jest niczym tłumiony. Aby do cylin-

drów nie trafiały zanieczyszczenia (np. kurz, drobinki ziemi lub piachu itp.) stosuje się filtry powietrza (najczęściej z wkładami filtracyjnymi wymiennymi) umieszczone przy wlocie rury zasysającej powietrze. W silnikach o większej pojemności skokowej potrzebna do spalania ilość powietrza jest tak duża, że filtry z wymiennymi wkładami filtrującymi stają się niewystarczające. Stosuje się zamiast nich filtry, w których wytrącanie zanieczyszczeń następuje na skutek zmian kierunku przepływu powietrza. Tak wytrącone zanieczyszczenia są następnie wychwytywane przez kąpiel olejową znajdującą się w obudowie filtra. Filtry takie do poprawnego działania wymagają okresowego czyszczenia i wymiany oleju. Tak oczyszczone powietrze trafia przez kolektor dolotowy do głowicy, a po otwarciu zaworu ssącego do cylindra silnika.

Aby zwiększyć ilość powietrza dostarczanego do silnika stosuje się urządzenia zwiększające ciśnienie powietrza zanim trafi ono do cylindra. W silnikach ciągników rolniczych powszechne zastosowanie znalazło turbodoładowanie (rys. 5.11).



**Rys. 5.11 Turbodoładowanie**

1 – sprężarka, 2 – turbina

Źródło: Rychter T., Mechanik pojazdów samochodowych, WSiP, Warszawa 2006

Turbodoładowanie, zasadę działania opiera na wykorzystaniu energii gazów spalinowych w przewodzie wylotowym silnika do napędu turbosprężarki. Zespół turbosprężarkowy składa się z dwóch urządzeń: sprężarki i turbiny gazowej. Wirniki obu tych urządzeń są osadzone na wspólnym wale, a przepływające przez układ wylotowy spaliny napędzają turbinę, powodując jednocześnie napędzanie sprężarki, która zwiększa ciśnienie (a zatem i ilość) doprowadzanego do cylindrów powietrza.

Układ wylotowy silnika ma za zadanie odprowadzenie z cylindra gazów spalinowych. Składa się on z następujących zespołów: kolektora wylotowego (łączy kanały wylotowe wszystkich cylindrów w jeden kanał), rury wylotowej, tłumików ograniczających hałas powstający przy przepływie spalin przez układ wylotowy. W nowoczesnych

silnikach ciągników rolniczych w układzie wylotowym znajduje się również filtr cząstek stałych ograniczający ich emisję do środowiska.

Konwencjonalny układ zasilania silnika w paliwo został omówiony w poprzednim skrypcie, w związku z czym zostanie pominięty w niniejszym opracowaniu.

Obecnie coraz powszechniejsze stają się silniki z układami zasilania commonrail. W tradycyjnym układzie wtrysku paliwa w silnikach z zapłonem samoczynnym, dla poszczególnych cylindrów, pompa sekcyjna wytwarza w określonych momentach ciśnienie. Po osiągnięciu określonego ciśnienia w przewodzie otwierał się wtryskiwacz, a paliwo zostało wtrysnięte jako rozpylone w cylindrze lub komorze spalania. Taki system wtrysku wymagał korektora dawki paliwa zwłaszcza przy osiągnięciu przez silnik coraz to wyższych obrotów.

W systemie commonrail pompa wytwarza cały czas bardzo wysokie ciśnienie, a akumulator ciśnienia wyrównuje ciśnienie. Wtryskiwacze otwierane są elektronicznie, niezależnie od ciśnienia panującego w układzie. W systemie tym wtrysk odbywa się pod znacznie wyższym ciśnieniem dochodzącym do 200 MPa (nawet 10 razy wyższym niż ma to miejsce w klasycznych układach wtryskowych).

Sterowanie pracą takiego układu zarządza komputer sterujący. Sterowanie elektroniczne charakteryzujące się szybkim i precyzyjnym otwieraniem i zamykaniem wtryskiwacza. Dzięki temu możliwe jest bardzo dobre wykorzystanie energii zawartej w paliwie, a także ograniczenie zanieczyszczeń emitowanych w spalinach do środowiska. Dawka wtryskiwanego paliwa wtryskiwana jest w kilku etapach, zależnie od aktualnych parametrów pracy silnika i emisji spalin.

Zastosowanie systemu commonrail pozwoliło na:

- lepsze spalanie paliwa, co ogranicza również ilość spalanego paliwa,
- mniejszą emisję spalin,
- uzyskiwanie wysokich parametrów użytkowych silnika,
- ograniczenie hałasu emitowanego przez silnik,
- uzyskanie równiejszej pracy silnika,
- uzyskanie wysokiej sprawności termodynamicznej.

## **Bibliografia:**

1. Kuczewski J., Majewski Z. (1999). Eksploatacja maszyn rolniczych. Warszawa: WSiP.
2. Rychter T. (2006). Mechanik pojazdów samochodowych. Warszawa: WSiP.
3. Skrobaccki A. (1996). Pojazdy rolnicze. Warszawa: WSiP.
4. Skrobaccki A., Ekielski A. (2006). Pojazdy i ciągniki rolnicze. Warszawa: Wieś Jutra.
5. Zając P. (2010): Silniki pojazdów samochodowych. Warszawa: WKiŁ.