

SILNIKI SPALINOWE 1 – PODSTAWY

INSTRUKCJA LABORATORYJNA

BADANIE I REGULACJA ELEMENTÓW
UKŁADU PALIWOWEGO SILNIKA O
ZAPŁONIE SAMOCZYNNYM; UKŁAD
KLASYCZNY

WSTĘP

Zasadą działania silnika o zapłonie samoczynnym jest samozapłon przygotowanej mieszanki paliwa i powietrza. Przygotowanie mieszanki paliwowo-powietrznej przebiega dwuetapowo. Najpierw do cylindra w suwie ssania zostaje zassane powietrze, które następnie w suwie sprężania ulega sprężeniu. W końcowej fazie suwu sprężania, tuż przed górnym martwym położeniem (GMP), następuje wtrysk paliwa. Silnie rozdrobnione paliwo odparowuje, tworząc mieszaninę paliwowo-powietrzną. Jeśli temperatura samozapłonu tej mieszanki jest niższa od temperatury panującej w komorze, następuje samozapłon i spalanie w całej objętości komory.

Warunki, jakim powinien odpowiadać wtrysk paliwa to możliwość:

- wystąpienia dla określonego i regulowanego kąta obrotu wału korbowego,
- określenia i regulacji objętości dawki paliwa,
- utworzenia strugi o określonych: kształcie i zasięgu oraz wielkości kropeł paliwa.

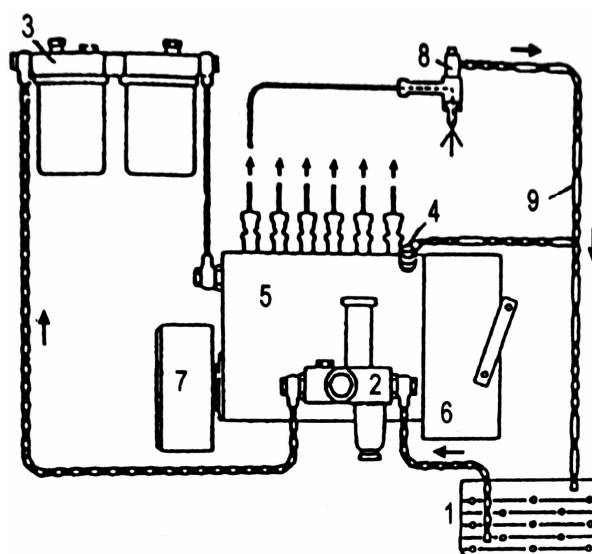
Wszystkie te warunki spełnia aparatura paliwowa współczesnych silników o zapłonie samoczynnym. Elementy tej aparatury stanowią układ zasilania silnika o zapłonie samoczynnym, które można podzielić na:

- układ podający, złożony ze zbiornika paliwa, filtra paliwa, pompy zasilającej,
- układ wtryskowy, w którego skład wchodzi: pompa wtryskowa, przewody wysokiego ciśnienia oraz wtryskiwacze,
- układ regulacyjny z regulatorem prędkości wraz z dodatkowymi podzespołami, kształtującymi charakterystykę pompy wtryskowej.

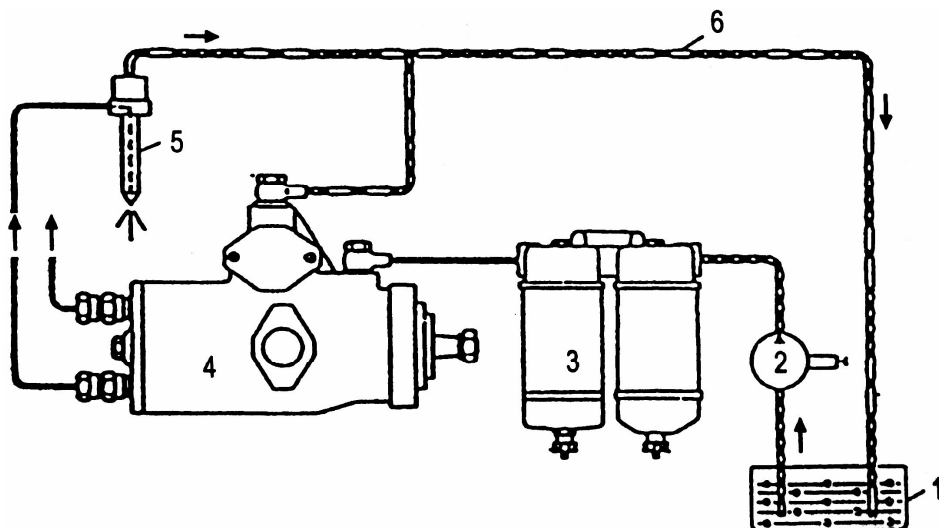
Konstrukcja oraz charakter obciążeń elementów tego układu, jak: pompa zasilająca, pompa wtryskowa, regulator obrotów, regulator kąta wyprzedzenia wtrysku, wtryskiwacze, wymagają okresowych pomiarów sprawdzających parametry pracy tych urządzeń i ich regulacji.

1. Budowa aparatury wtryskowej

Układy zasilania silników o zapłonie samoczynnym zwykle różnią się między sobą jedynie typem zastosowanej pompy wtryskowej, która może być rzędowa (rys. 1.1) lub rozdzielaczowa (rys. 1.2).



Rys. 1.1. Schemat układu paliwowego z rzędową pompą wtryskową: 1 – zbiornik paliwa, 2 – pompa podająca, 3 – filtry dokładnego oczyszczania, 4 – przelew, 5 – pompa wtryskowa, 6 – regulator, 7 – przestawiacz kąta wyprzedzenia wtrysku, 8 – wtryskiwacz, 9 – przewód przelewowy



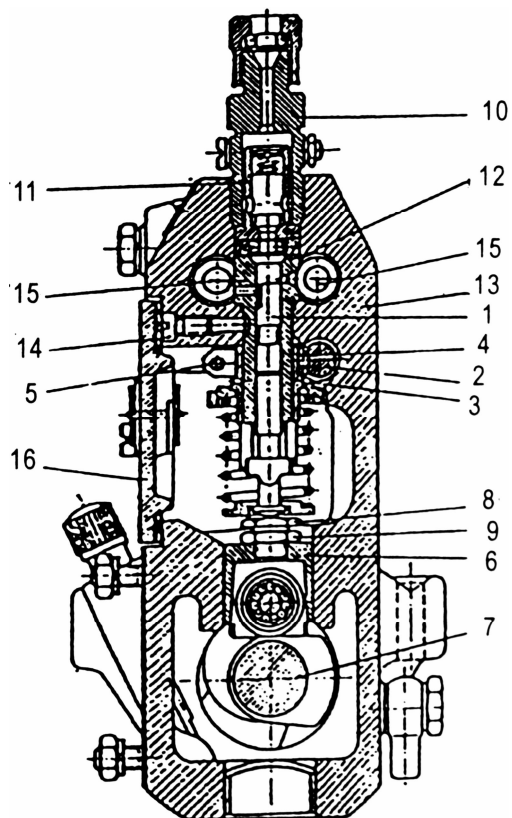
Rys. 1.2. Schemat układu paliwowego z rozdzielczą pompą wtryskową: 1 – zbiornik paliwa, 2 – pompa podająca, 3 – filtr z odwadniaczem, 4 – pompa rozdzielcza, 5 – wtryskiwacz, 6 – przewód przelewowy

1.1. Układ wtryskowy z pompą rzędową

Pompy wtryskowe ze względu na konstrukcję można podzielić na:

- jedno- i wielosekcyjne,
- z napędem własnym i obcym.

Najczęściej stosowanym rozwiązaniem dla silników samochodów ciężarowych i maszyn roboczych, a także grupy samochodów osobowych, jest rzędowa, wielosekcyjna pompa wtryskowa charakteryzująca się tym, że jej poszczególne sekcje wtryskują cykliczne dawki paliwa zawsze do tych samych cylindrów silnika.



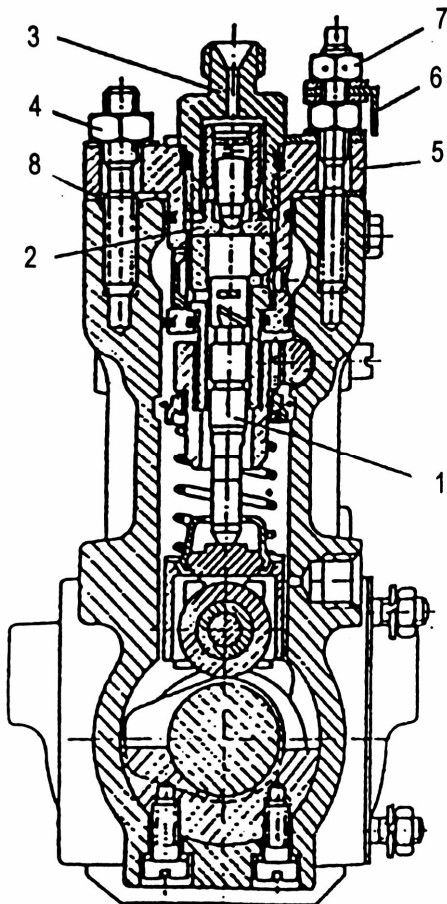
Rys. 1.3. Pompa wtryskowa P2 – przekrój poprzeczny:

- 1 – tłok pompy,
- 2 – listwa regulacyjna,
- 3 – tuleja regulacyjna,
- 4 – wieniec zębaty,
- 5 – wkręt wieńca,
- 6 – popychacz,
- 7 – wałek krzywkowy,
- 8 – śruba regulująca,
- 9 – przeciwnakrętka,
- 10 – króciec dociskowy,
- 11 – zawór tłoczący,
- 12 – cylinder,
- 13 – korpus pompy,
- 14 – wkręt ustalający,
- 15 – kanały paliwowe,
- 16 – pokrywa boczna

W skład układu wtryskowego wchodzi:

- mechanizm napędowy,
- pompa wtryskowa,
- przewody wtryskowe,
- wtryskiwacze.

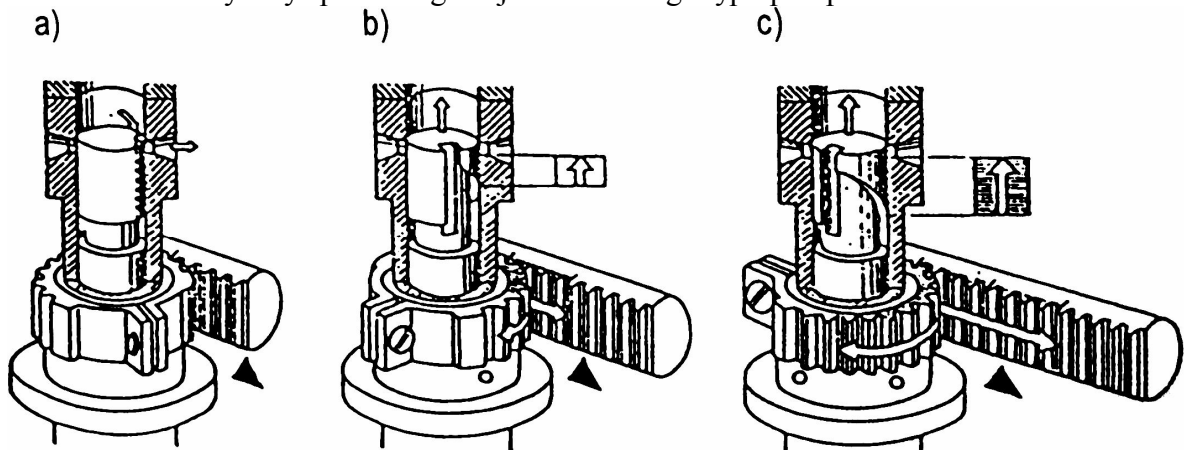
Sekcje tłoczące wielosekcyjnej pompy wtryskowej są prawie zawsze usytuowane we wspólnej obudowie wraz z mechanizmami regulacji dawkowania i napędu. Przykład takiego rozwiązania przedstawiono schematycznie na rys. 1.3.



Rys. 1.4. Przekrój pompy wtryskowej zespolonej:

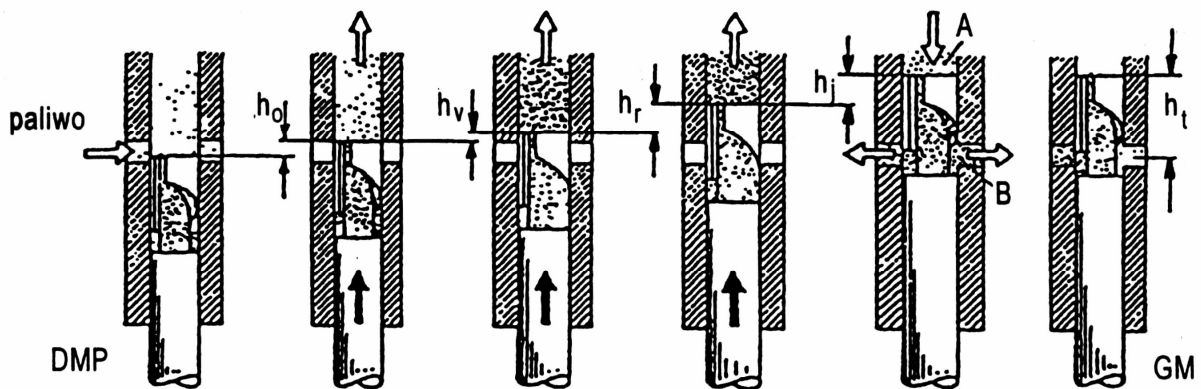
- 1 – element tłoczący,
- 2 – zawór tłoczący,
- 3 – króciec,
- 4 – śruba łącząca,
- 5 – kołnierz,
- 6 – ochraniacz,
- 7 – przeciwnakrętka,
- 8 – płytki regulacyjna

Na rysunku 1.4 przedstawiono przekrój nowoczesnej zespolonej pompy wtryskowej, a na rysunku 1.5 schematyczny sposób regulacji dawki w tego typu pompie.



Rys. 1.5. zmiana wielkości dawki: a) – brak tłoczenia, b) – częściowe tłoczenie, c) – pełne tłoczenie

Tłoczenie oleju napędowego przez element tłoczący pompy wtryskowej zwany sekcją albo też parą precyzyjną, składają się z cylinderka i tłoczka, odbywa się w kilku fazach przedstawionych na rys. 1.6. W dolnym położeniu tłoczka są odkryte obydwa otwory przepływowe w cylinderku. Przez otwór wlotowy wpływa do przestrzeni nad tłoczkiem z kanału zasilającego paliwo pod ciśnieniem od 0,05 do 0,15 MPa. Tłoczek, przesuwał się ku górze, zamyka krawędzią odcinającą otwory wlotowe. Faza ta nazywa się skokiem wstępnym tłoczka h_o . Po zamknięciu otworów (zasilającego i przelewowego) zaczyna się tłoczenie. To położenie tłoczka nazywa się geometrycznym początkiem tłoczenia (GPT). Podczas dalszego ruchu tłoczka następuje toczenie paliwa (rys. 1.6, skok h_v i h_r), które ustaje w momencie odsłonięcia otworu przelewowego przez krawędź sterującą, gdyż wówczas następuje połączenie przestrzeni nad tłoczkiem z kanałem zasilającym. Zmianę wielkości dawki paliwa uzyskuje się przez zmianę wzajemnego położenia kąтового tłoczka względem cylinderka (rys. 1.5).



Rys. 1.6. Fazy tłoczenia paliwa przez element tłoczący pompy wtryskowej: h_o – skok wstępny tłoczka, h_v – wstępny skok zaworu tłoczącego, h_r – skok roboczy tłoczka, h_j – skok jałowy tłoczka, h_t – skok całkowity

1.2. Rozdzielaczowy układ wtryskowy

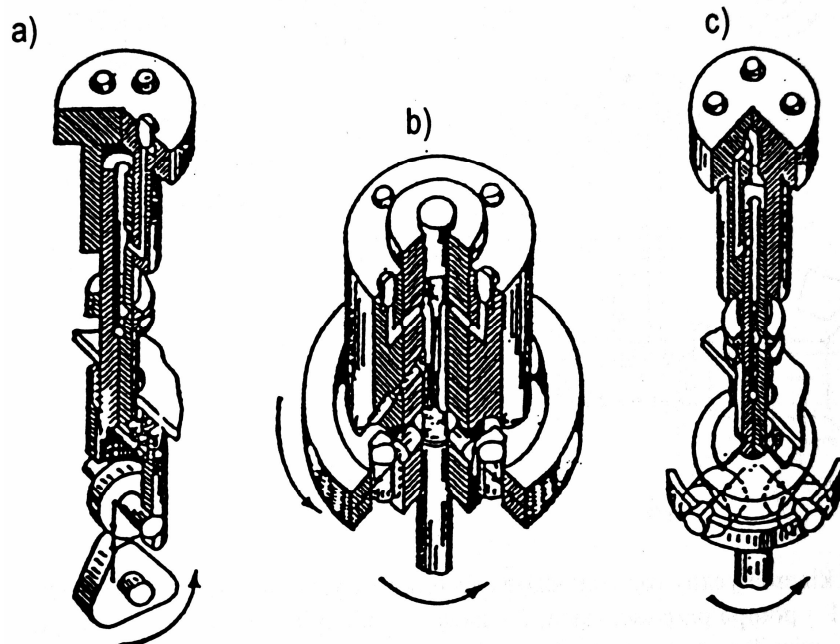
Rozdzielaczowy układ wtryskowy ma tylko jedną sekcję tłoczącą napędzaną specjalnym mechanizmem, łączoną okresowo za pomocą rozdzielacza z króćcami wylotowymi, których liczba równa jest liczbie cylindrów silnika. Rozdzielaczowy układ wtryskowy składa się z:

- sekcji tłoczącej, zasilającej kolejno wszystkie króćce wylotowe,
- króćców wylotowych z zaworami tłoczącymi lub bez zaworów,
- przewodów wtryskowych,
- wtryskiwaczy.

Odmierzone dawki paliwa sekcja tłocząca doprowadza cyklicznie do rozdzielacza, który je kieruje do odpowiednich króćców i przewodów wtryskowych oraz wtryskiwaczy. Na ogół sekcja tłocząca, rozdzielacz i mechanizm regulacji dawkowania są umieszczone we wspólnej obudowie i tworzą rozdzielaczową pompę wtryskową. Rozróżnia się dwa zasadnicze typy układów tłoczących:

- tłokowo-rozdzielaczowy,
- obrotowy.

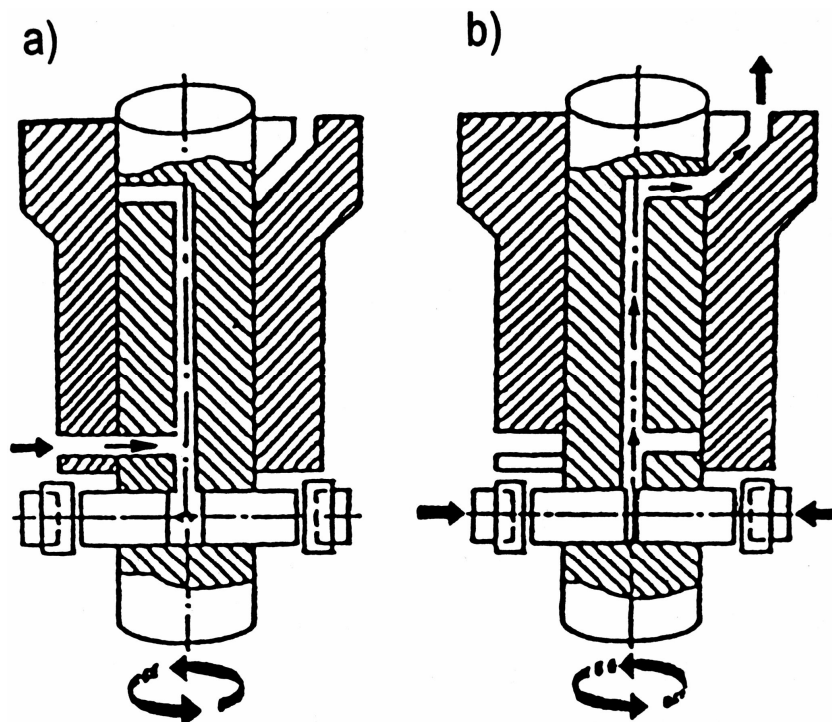
Mechanizm napędowy układu tłoczącego tłokowo-rozdzielaczowego składa się z zewnętrznej krzywki cylindrycznej i rolkowego popychacza (rys. 1.7a) lub z czołowej krzywki, współpracującej z tłokorozdzielaczem i pierścieniem rolkowym z umieszczonymi w nim czterema rolkami (rys. 1.7c).



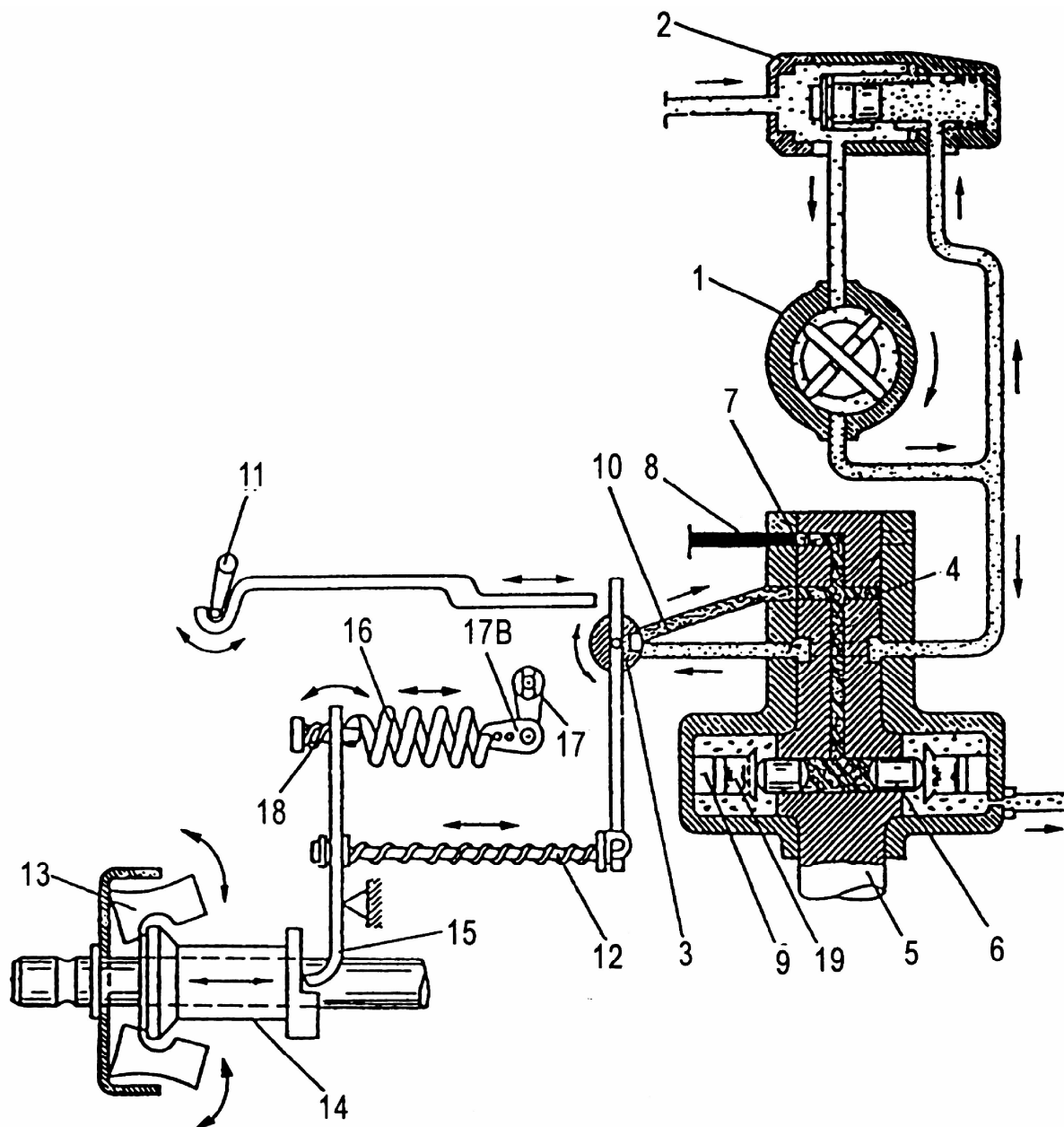
Rys. 1.7. Rodzaje rozdzielaczowych układów tłoczących: a – układ tłoczący tłokowo-rozdzielaczowy, b – układ tłoczący rotacyjny z wewnętrzną krzywką, c – układ tłoczący tłokowo-rozdzielaczowy z czołową krzywką

Mechanizm napędowy układu tłoczącego obrotowego składa się z wewnętrznej krzywki cylindrycznej i najczęściej dwóch popychaczy wałeczkowych napędzających dwa tłoczki (rys. 1.7b).

Przykładem pompy rozdzielczej z układem tłoczącym obrotowym jest pompa DPA, której schemat przedstawiono na rysunku 1.9. Zasadę tłoczenia paliwa wyjaśniono na rysunku 1.8.



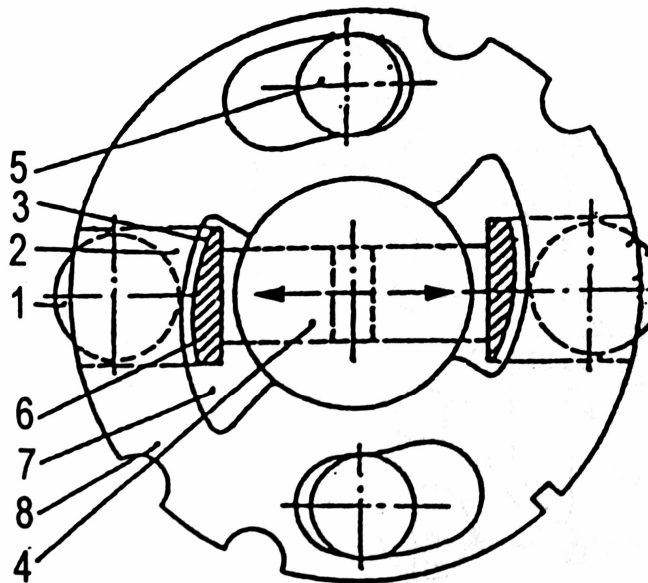
Rys. 1.8. Schemat tłoczenia paliwa w pompach DPA, DPS i DPC: a – napełnianie paliwem, b – tłoczenie paliwa



Rys. 1.9. Schemat kinematyczny rozdzielaczowej pompy wtryskowej DPA z mechanicznym regulatorem prędkości: 1 – pompa przetłaczająca, 2 – zawór regulacyjny, 3 – zawór dawkujący, 4 – otwory zasilające, 5 – wirnik z rozdzielaczem, 6 – tłoki, 7 – otwór Rozdzielaczowy, 8 – otwór wtryskowy, 9 – pierścień krzywkowy, 10 – kanał dawkujący, 11 – dźwignia STOP, 12 – sprężyna amortyzująca, 13 – ciężarki, 14 – tuleja oporowa, 15 – dźwignia regulatora, 16 – sprężyna regulatora, 17 – dźwignia sterująca, 17B - łącznik dźwigni sterującej, 18 – sprężyna biegu jałowego, 19 – popychacz rolkowy

Regulacja wtryskiwanej dawki paliwa może następować w dwojaki sposób przez:

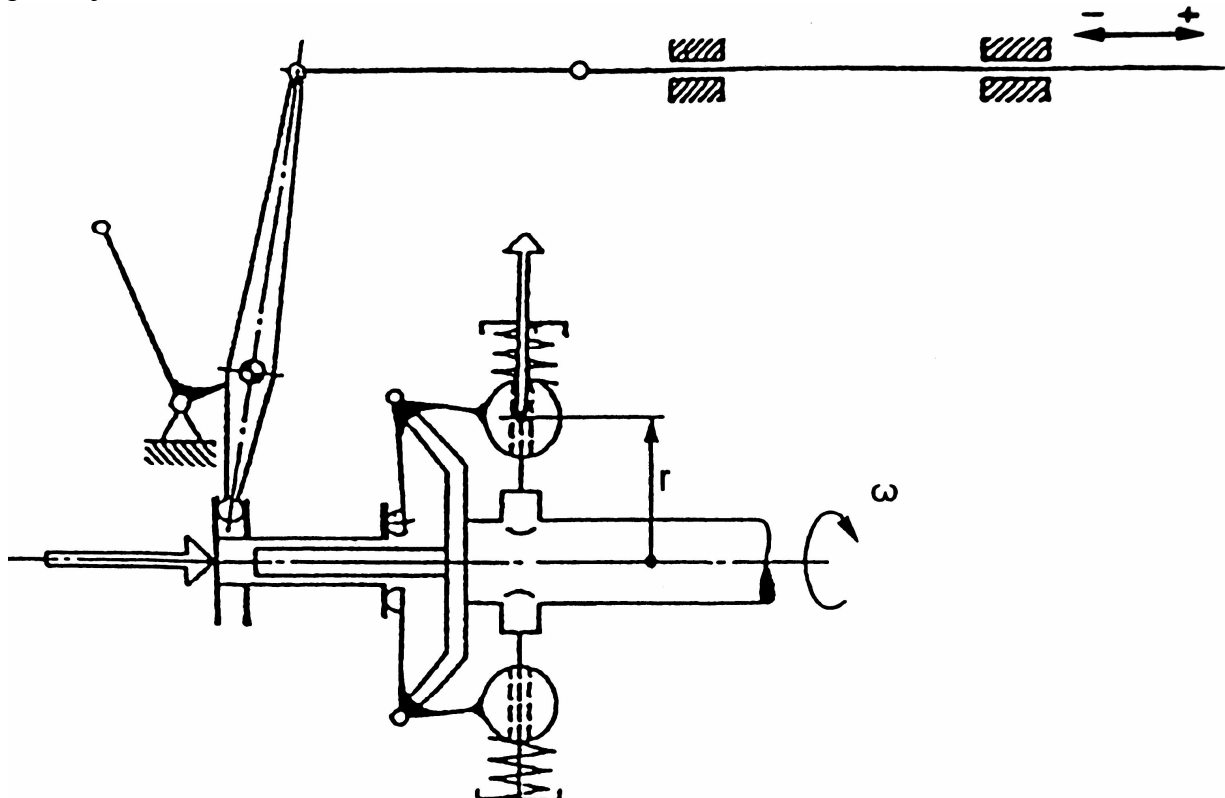
- dławienie paliwa zasilającego przestrzeń tłoczącą za pomocą zaworu dawkującego,
- ograniczenie skoku tłoczków, a przez to dawki nominalnej za pomocą dwóch tarczek (rys. 1.10), które mają mimośrodowe wycięcia współpracujące z występami na popychaczach; regulacja polega na zmniejszeniu zakresu kontaktu rolek popychaczy z krzywkami pierścienia zewnętrznego (dla dawki minimalnej rolki popychaczy tylko „dotykają” szczytów tych krzywek).



Rys. 1.10. Regulacja dawki paliwa w DPA i pompie DPS:
 1 – rolka popychacza,
 2 – popychacz,
 3 – luz dla dodatkowego skoku,
 4 – płytka,
 5 – śruba ściągająca,
 6 – występ popychacza,
 7 – wycięcie w płytce regulacyjnej

1.3. Regulatory prędkości obrotowej

Każda pompa wtryskowa niezależnie od zasady działania i budowy jest wyposażona w regulator prędkości obrotowej. Najczęściej jest to regulator mechaniczny, odśrodkowy. W zależności od przeznaczenia silnika, pompa wtryskowa jest wyposażona w regulator dwu- lub wielozakresowy. Zasadę działania regulatora dwuzakresowego przedstawiono na schemacie poniżej.



Rys. 1.11. Schemat działania regulatora dwuzakresowego ze sprężyną poprzeczną

Regulator oddziałuje na listwę podaży paliwa tylko w zakresie biegu jałowego oraz w czasie przekroczenia dopuszczalnych obrotów maksymalnych. Dla uzyskania tego efektu

głowica regulatora jest wyposażona w trzy sprężyny (rys. 1.12)(dla biegu jałowego pracuje jedna, dla maksymalnych obrotów dwie).

W pozostałym zakresie prędkości obrotowej wielkością dawki steruje się za pomocą dźwigni podaży paliwa. W regulatorze wielozakresowym, dla zmiennego napięcia sprężyny, zakres oddziaływania pokrywa cały obszar obrotów silnika, a zasada działania podczas biegu jałowego oraz obrotów maksymalnych jest taka jak dla regulatora dwuzakresowego.

Schemat działania regulatora wielozakresowego przedstawiono na rys. 1.13. W rozdziale 6 przedstawiono charakterystyki regulatorowe pompy wtryskowej z regulatorem dwuzakresowym (rys. 6.1a) i wielozakresowym (6.1b).

2. Stanowisko do badania i regulacji pomp wtryskowych, regulatorów obrotów i pomp zasilających

Budowę oraz możliwości pomiarowe stanowiska do badania i regulacji elementów układu wtryskowego silników o zapłonie samoczynnym omówiono na przykładzie stanowiska STAR 12 produkcji węgierskiej. Stanowisko to często jest spotykane jako wyposażenie działów napraw i regulacji układów wtryskowych większych przedsiębiorstw eksploatacji samochodów i autobusów.

Na stanowisku tego typu można prowadzić badania:

- wielkość dawki,
- równomierność dawkowania,
- kąta początku i końca tłoczenia,
- obrotów początku i końca działania regulatora obrotów,
- podciśnienia ssania pompy zasilającej,
- ciśnienia tłoczenia pompy zasilającej,
- wydajności pompy zasilającej,
- charakterystyki regulatora kąta wyprzedzenia wtrysku,
- sprawności filtrów paliwowych.

Na stanowisku można wyróżnić następujące zespoły funkcjonalne:

- zespół napędu badanej pompy wtryskowej,
- zespół zasilający olejem napędowym,
- zespół pomiarowy parametrów pompy wtryskowej i pompy zasilającej,
- zespół pomiarów stroboskopowych.

Badaną pompę wtryskową napędza trójfazowy silnik elektryczny poprzez bezstopniową przekładnię hydrostatyczną, przekładnię pasową, przekładnię zębatą i wał napędowy, sprzęgnięty z wałkiem krzywkowym pompy. Stanowisko przedstawiono schematycznie na rys. 2.1.

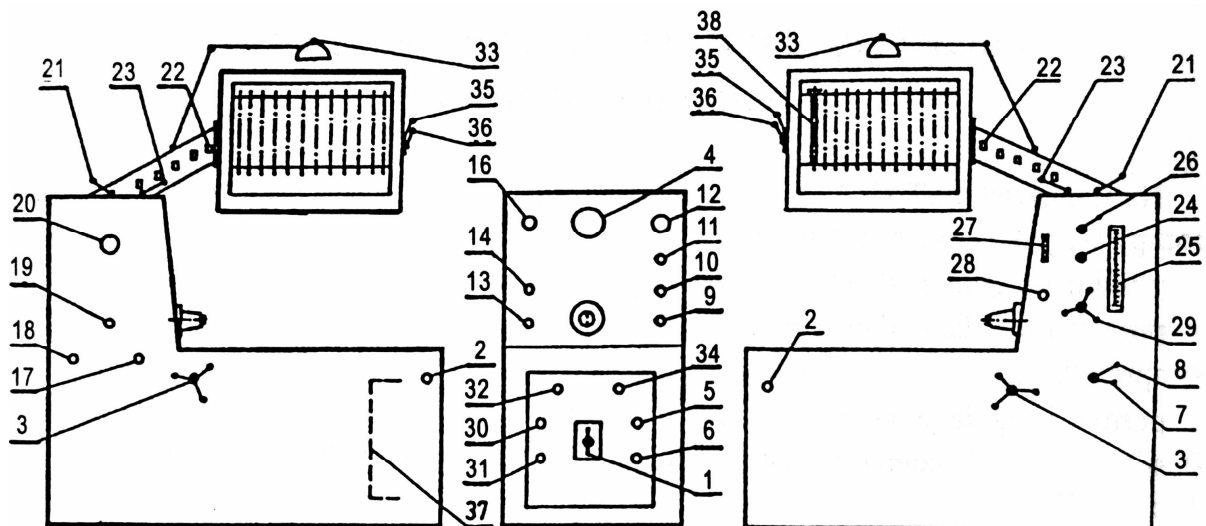
Na schemacie tym przedstawiono ważniejsze włączniki, dźwignie, zawory i króćce służące do przyłączenia, zasilania, sterowania i pomiaru badanych urządzeń. Przygotowanie pompy wtryskowej do badania na opisywanym stanowisku wymaga:

- montażu pompy na stanowisku przez zamocowanie jej do specjalistycznych (w zależności od typu mocowania na silniku) podpór i sprzęgnięcia z wałem napędowym oraz podłączenie zasilania olejem napędowym przez badaną pompę zasilającą lub bezpośrednio do pompy wtryskowej,
- połączenia króćca zasilania pompy wtryskowej z króćcem 9,
- połączenia króćców sekcji tłoczących z wtryskiwaczami i odpowietrzenia układu,
- sprawdzenia poziomu oleju napędowego w zbiorniku,
- połączenia króćca ssącego pompy zasilającej z króćcem 17,
- połączenia króćca tłoczącego pompy z włącznikiem 2.

Do podstawowych badań, które umożliwia to stanowisko, należy określenie wielkości dawki paliwa tłoczonej przez poszczególne sekcje pompy wtryskowej oraz sprawdzenie równomierności dawkowania.

Pompa wtryskowa jest połączona przewodami wysokiego ciśnienia z kontrolnymi wtryskiwaczami czopikowymi. Rozpylacze umieszczone są w olejowych tłumikach wtrysku, zapobiegających pienieniu się oleju. Pod tłumikiem znajdują się kalibrowane miernice szklane 38. Między tłumikiem a miernicami znajduje się rynienka metalowa z otworami, połączona za pomocą układu elektromechanicznego z licznikiem wtrysków, który pozwala na programowanie co 100 wtrysków.

Odpowiednią temperaturę oleju napędowego utrzymuje grzałka elektryczna i automatyczny regulator temperatury, zamontowane w zbiorniku stanowiska. Uruchomienie stanowiska i włączenie licznika wtrysków powoduje przestawienie rynienki z otworami w pozycję umożliwiającą przepływ oleju z tłumików wtrysku do miernic. Odliczenie przez licznik zaprogramowanej liczby wtrysków powoduje ustawienie rynienki z otworami w położeniu jak przed pomiarem, tzn. takim, że wypływający z tłumików olej jest kierowany do zbiornika. W ten sposób w miernicach znajduje się olej z określonej liczby wtrysków, co pozwala ocenić równomierność dawkowania przez poszczególne sekcje pompy oraz wyznaczyć wartość dawek jednostkowych i porównać je z dawką regulacyjną.



Rys. 2.1. Stanowisko do badania i regulacji pomp wtryskowych STAR-12: 1 – wyłącznik główny, 2 – wyłącznik napędu pompy badanej, 3 – sterownik prędkości obrotowej pompy badanej, 4 – licznik obrotów, 5 – wyłącznik główny pomp zasilających (średniego ciśnienia 0-0,4 MPa, wysokiego ciśnienia 0-3 MPa i podciśnienia 0-0,1 MPa), 6 – lampka sygnalizacyjna wyłącznika 5, 7 – dźwignia odcinająca wysokie ciśnienie (przestawić przy włączonym wyłączniku 5), 8 – dźwignia odcinająca podciśnienie, 9 – króciec średniego ciśnienia (0-0,4 MPa), 10 – zawór odcinający średnie ciśnienie, 11 – zawór regulacyjny średniego ciśnienia, 12 – manometr średniego ciśnienia, 13 – króciec wysokiego ciśnienia (0-3 MPa), 14 – zawór odcinający wysokie ciśnienie, 16 – manometr średniego ciśnienia, 17 – króciec zasilający badaną pompę, 18 – króciec średniego ciśnienia, 19 – króciec i zawór podciśnienia, 20 – próżniomierz, 21 – dźwignia programowania liczby wtrysków (100-500), 22 – lampka sygnalizacyjna liczby zaprogramowanych wtrysków, 23 – dźwignia uruchamiająca wtryskiwanie do miernic, 24 – króciec przyłączeniowy: miernica – pompa zasilająca, 25 – miernica wydatku badanej pompy zasilającej, 26 – zawór opróżniania miernicy 25, 27 – gniazdo przyłączeniowe stroboskopu, 28 – wyłącznik stroboskopu, 29 – sterownik stroboskopu, 30 – wyłącznik podgrzewania oleju napędowego, 31 – lampka sygnalizacyjna wyłącznika 30, 32 – wyłącznik główny oświetlenia zewnętrznego, 33 – wyłącznik lampy przegubowej, 34 – wyłącznik oświetlenia miernicy 25, 35 – dźwignia obrotu wanny olejowej, 36 – dźwignia opróżniania miernic wtrysku, 37 – wskaźnik poziomu oleju napędowego w zbiorniku, 38 – miernice szklane

3. Pomiar i regulacja parametrów pompy wtryskowej z regulatorem obrotów

Na stanowisku STAR 12 wykonuje się następujące pomiary i regulacje parametrów pompy wtryskowej z regulatorem:

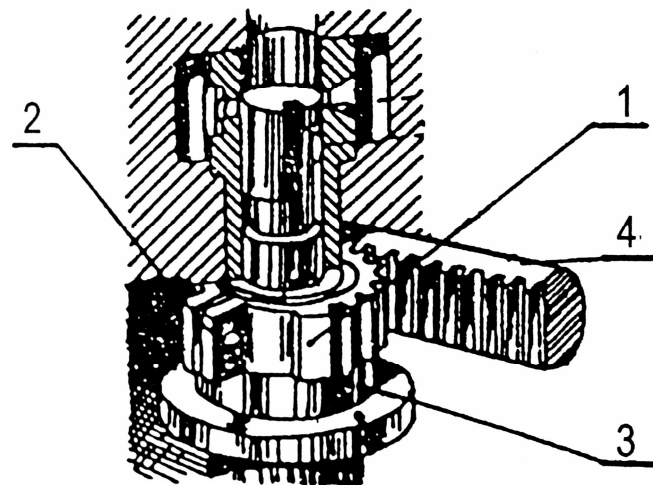
- pomiar i regulację dawki rozruchowej,
- pomiar i regulację dawki nominalnej,
- sprawdzenie szczelności sekcji tłoczącej,
- pomiar i regulację geometrycznego początku tłoczenia (GPT),
- sprawdzenie działania regulatora obrotów w zakresie minimalnej i maksymalnej prędkości obrotowej.

3.1. Pomiar i regulacja dawki rozruchowej

Przed przystąpieniem do pomiarów należy ustawić:

- prędkość obrotową wałka krzywkowego pompy według danych regulacyjnych lub 150 obr/min,
- ciśnienie zasilania 0,1 MPa,
- liczbę wtrysków kontrolnych, np. 100.

Jeżeli zmierzone wartości dawki rozruchowej nie mieszczą się w przedziale rozbieżności dawki według danych regulacyjnych pompy, należy dokonać regulacji przez obracanie tulei regulacyjnych względem wieńców zębatach (3.1).



Rys. 3.1. Elementy regulacyjne dawkowania sekcji tłoczącej: 1 – wieńiec zębata, 2 – zacisk wieńca zębatego, 3 – tuleja regulacyjna, 4 – listwa zębata

3.2. Pomiar i regulacja dawki nominalnej

Pomiar i regulacja dawki nominalnej powinny być poprzedzone:

- ustawieniem prędkości obrotowej wałka krzywkowego według danych regulacyjnych lub o 100 obr/min mniejszej od nominalnej,
- zadaniem ciśnienia zasilania 0,1 MPa,
- ustawieniem dźwigni sterującej w położeniu maksymalnego dawkowania paliwa.

Jeżeli zmierzone wartości dawki nominalnej nie mieszczą się w przedziale wartości określonych w danych regulacyjnych pompy, należy je wyregulować przez zmianę położenia listwy zębataj pompy.

Jeżeli rozrzut pomiędzy poszczególnymi dawkami paliwa w sekcjach przekracza dopuszczalne 2%, należy przeprowadzić indywidualną regulację sekcji, polegającą na

zwolnieniu zacisku wieńca zębatego 2 (rys. 3.1) i odpowiednim ustawieniu tłoczka względem cylinderka.

3.3. Sprawdzanie szczelności sekcji tłoczącej

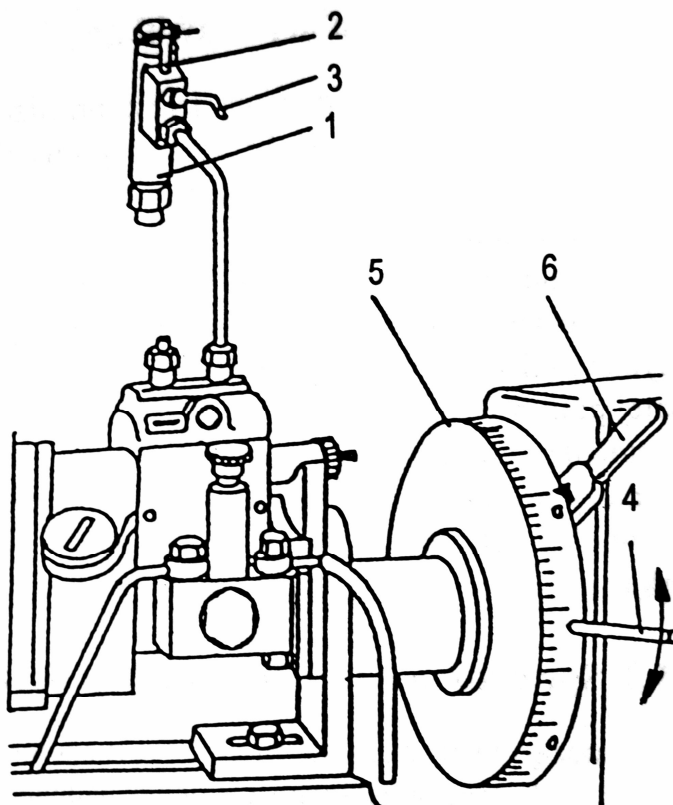
Szczelność sekcji tłoczącej sprawdza się za pomocą manometru o zakresie do 100 MPa, zamontowanego na króćcu wysokiego ciśnienia badanej sekcji tłoczącej, dla ciśnienia zasilania 0,1 MPa. Wałek krzywkowy pompy wtryskowej ustawia się w położeniu odpowiadającym geometrycznemu początkowi tłoczenia dla badanej sekcji i następnie ręcznie pompuje się olej do manometru.

Jeżeli udaje się osiągnąć ciśnienie równe 40 MPa, sekcję należy uznać za szczelną.

3.4. Pomiar i regulacja geometrycznego początku tłoczenia (GPT)

Położenie wałka krzywkowego pompy odpowiadające GPT ustala się w następujący sposób:

- dźwignię podaży paliwa ustawia się w położeniu maksymalnej dawki,
- w komorze zasilania pompy wtryskowej podaje się wyższe ciśnienie, około 2 MPa, zdolne otworzyć zawór tłoczący,
- odkręca się specjalny zawór przy wtryskiwaczu kontrolnym, pozwalając swobodny przepływ oleju,
- ustawia się wałek krzywkowy (obracając nim w kierunku zgodnym z obrotem na silniku) w takie położenie, przy którym popychacz sprawdzanej sekcji zaczyna podnosić się do góry,
- obserwując wypływ oleju z przewodu, obraca się wałkiem krzywkowym w tym samym kierunku aż do chwili, gdy wypływ oleju ustanie (tłoczek zasłania całkowicie otwórki w cylinderku),
- na podziałce kątowej wrzeciona odczytuje się ustawienie wałka krzywkowego dla GPT (rys. 3.2).



Rys. 3.2. Stanowisko do sprawdzania i regulacji kątów geometrycznego początku tłoczenia:

- 1 – wtryskiwacz kontrolny
- 2 – zawór odpowietrzający
- 3 – przewód odpowietrzający
- 4 – dźwignia zmiany położenia tłoczka w cylinderku,
- 5 – tarcza z podziałką kątową
- 6 – dźwignia wskaźnika kąta geometrycznego początku tłoczenia pierwszej sekcji tłoczącej

3.5. Sprawdzenie i regulacja regulatora obrotów w zakresie prędkości minimalnej

Dźwignię sterującą pompy należy ustawić w takim położeniu pośrednim, aby przy prędkości obrotowej wałka pompy, odpowiadającej prędkości biegu jałowego silnika, tłoczone przez sekcje pompy dawki odpowiadały danym regulacyjnym. Następnie, nie zmieniając położenia dźwigni sterującej, zmniejszyć do zera, a potem zwiększyć obroty wałka pompy do momentu początku ruchu listwy regulacyjnej. Jest to prędkość obrotowa początku wyłączania dawki w zakresie prędkości minimalnej.

3.6. Sprawdzenie i regulacja regulatora obrotów w zakresie maksymalnej prędkości obrotowej

Regulator obrotów sprawdza się i reguluje wówczas, gdy dźwignia sterująca pompy jest ustawiona w położeniu dawki maksymalnej. Zwiększając stopniowo prędkość obrotową wałka pompy, wyznaczamy prędkość, przy której następuje początek wyłączania dawki. Jeśli prędkość jest różna od zalecanej, to należy ją wyregulować przez zmianę położenia śruby ograniczającej. Następnie zwiększając obroty wałka, sprawdzamy prędkość obrotową i położenie listwy zębatej, co sprawia, że pompa przestaje tłoczyć paliwo. Skok jałowy listwy, od położenia ustania tłoczenia do jej położenia skrajnego podczas przesuwania w kierunku STOP, powinien wynosić nie mniej niż 0,5 mm.

4. Regulacje pomp rozdzielaczowych

Regulacja pompy rozdzielaczowej dotyczy:

- sprawdzenia prawidłowości działania na podstawie równomierności dawkowania na poszczególne króćce tłoczne,
- regulacji dawki na stanowisku poprzez zmianę zakresu ruchu dźwigni sterujących,
- regulacja kąta początku wtrysku na silniku przez zmianę ustawienia pompy w stosunku do napędu,
- wykonania charakterystyki dawkowania.

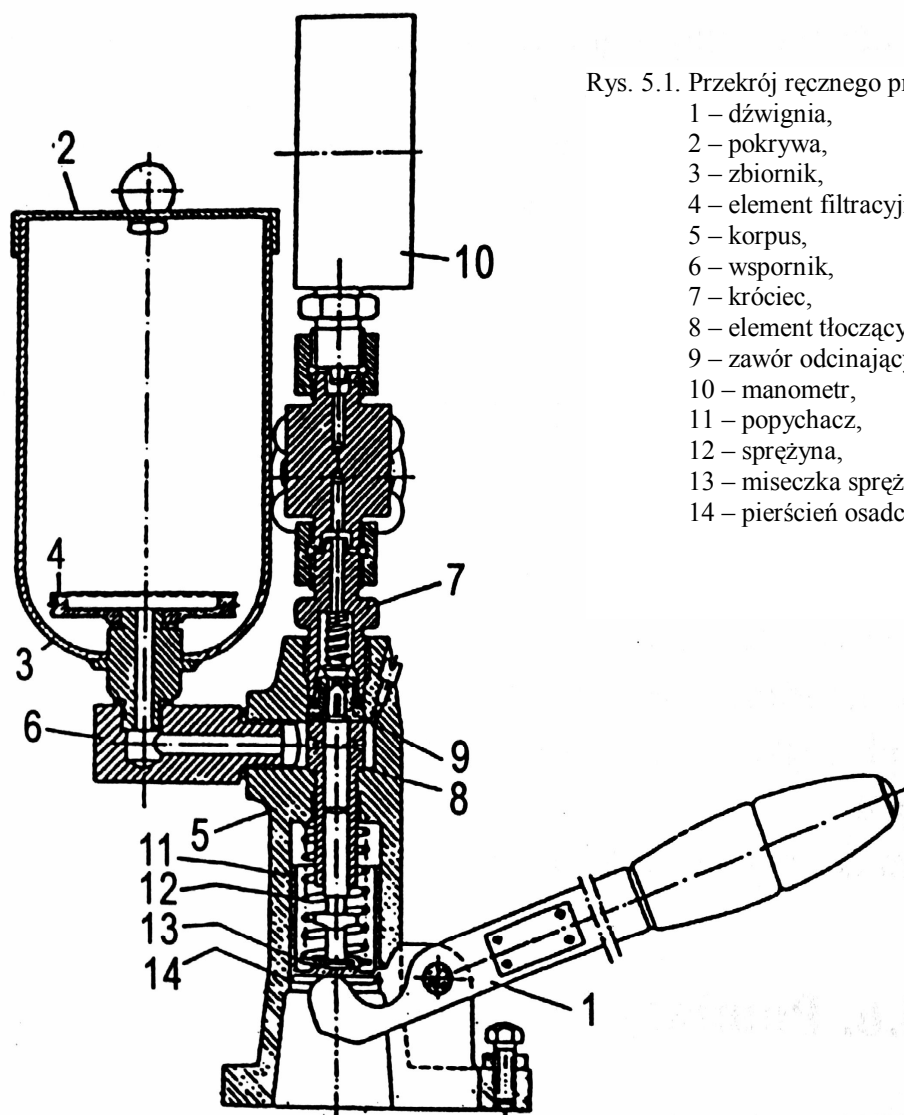
5. Pomiary i regulacja wtryskiwaczy

Sprawdzenie i regulację wtryskiwacza można wykonać na próbniku ręcznym (rys. 5.1). Próbnik składa się z pompy, której tłok jest poruszany dźwignią o długości ramienia umożliwiającej uzyskanie odpowiednio wysokiego ciśnienia.

Olej jest doprowadzany do pomp ze zbiornika. Tłoczony olej dopływa przez zawór zwrotny do trójnika, skąd przewodem wtryskowym jest doprowadzany do sprawdzonego wtryskiwacza.

5.1. Sprawdzenie i regulacja ciśnienia otwarcia wtryskiwacza

Do zamontowanego w próbniku wtryskiwacza (rys. 5.1) tłoczy się olej przez dynamiczne ruchy dźwignią. Ciśnienie otwarcia wtryskiwacza sprawdza się przez zwiększanie stopniowo ciśnienia w próbniku i obserwowanie strzałki manometru. Najwyższe ciśnienie, wskazane przez manometr przed rozpoczęciem wtrysku oleju, można przyjąć za ciśnienie otwarcia wtryskiwacza. Próbę należy powtórzyć kilka razy. Jeżeli ciśnienie otwarcia wtryskiwacza różni się od ciśnienia wymaganego, należy je regulować przez zmianę napięcia wstępnego sprężyny wtryskiwacza.



Rys. 5.1. Przekrój ręcznego próbnika do wtryskiwaczy:

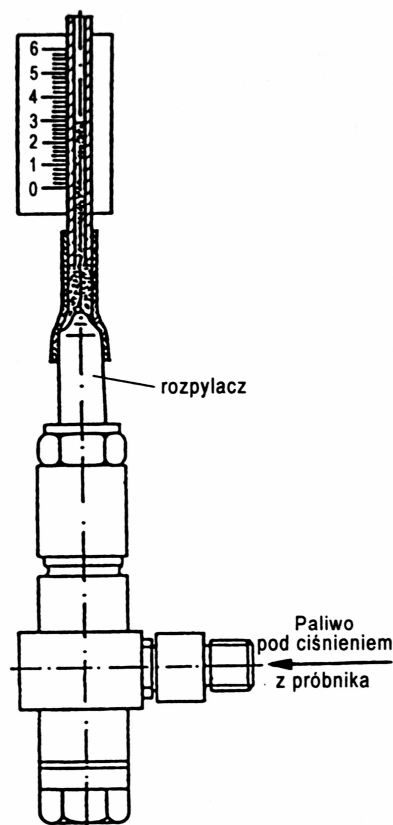
- 1 – dźwignia,
- 2 – pokrywa,
- 3 – zbiornik,
- 4 – element filtracyjny,
- 5 – korpus,
- 6 – wspornik,
- 7 – króciec,
- 8 – element tłoczący,
- 9 – zawór odcinający,
- 10 – manometr,
- 11 – popychacz,
- 12 – sprężyna,
- 13 – miseczka sprężyny,
- 14 – pierścień osadczy

5.2. Sprawdzenie podciekania wtryskiwacza

Podciekaniem jest nazywany wyciek oleju przez gniazdo zamykające rozpylaczy przy zamkniętym wtryskiwaczu. Jeżeli gniazdo jest nieszczelne, olej pod wpływem ciśnienia wydostaje się między przyłgniemy iglicy i gniazda rozpylacza. Dobry wtryskiwacz nie powinien podciekać, nawet gdy ciśnienie jest nieznacznie mniejsze od ciśnienia otwarcia wtryskiwacza.

Przed sprawdzeniem podciekania wykonuje się kilka szybkich wtrysków, a potem wyciera się dokładnie koniec rozpylacza suchą tkaniną. Następnie doprowadza się ciśnienie we wtryskiwaczu do wartości o 2 MPa niższe od ciśnienia otwarcia wtryskiwacza i utrzymuje je przez okres 10 s. Pojawiające się po tym czasie zwilgocenie nie powinno pozwolić na sformowanie się kropli.

Dokładniejsze sprawdzenie podciekania można uzyskać za pomocą rurki szklanej o średnicy wewnętrznej 1mm, założonej na odwrócony do góry rozpylacz (rys. 5.2). Ciśnienie we wtryskiwaczu doprowadza się do wartości o 2 MPa niższe od ciśnienia otwarcia wtryskiwacza, utrzymuje je przez 30 s, w tym czasie mierzy się wzrost słupka oleju w rurce. Wtryskiwacz nadaje się do dalszej eksploatacji, jeśli przeciek nie przekracza $0,3 \text{ mm}^3/\text{s}$. Dla rozpylacza po regeneracji granicę tę należy obniżyć do wartości $0,15 \text{ mm}^3/\text{s}$.



Rys. 5.2. Sposób sprawdzania podciekania wtryskiwacza

5.3. Sprawdzenie jakości działania wtryskiwacza

Jakość działania wtryskiwacza sprawdza się na próbniku przy zamkniętym zaworze odcinającym manometr. Dobry wtryskiwacz powinien spełniać następujące wymagania:

- początek i koniec wtrysku oleju powinien następować w sposób nagły i zdecydowany,
- podczas szybkich ruchów dźwigni próbnika wraz z wtryskiem powinien wystąpić charakterystyczny „twardy, chrypiący” dźwięk, wywołowany swobodnym drganiem iglicy rozpylacza,
- podczas zmniejszania ciśnienia otwarcia wtryskiwacza natężenie dźwięku może słabnąć,

W źle działającym wtryskiwaczu, zwłaszcza takim, w którym występują opory ruchu iglicy rozpylacza, dźwięk ten staje się miękki lub piszczący, a podczas wypływu ciągłego przechodzi w syk. Oś symetrii strumienia powinna leżeć w osi symetrii wtryskiwacza czopikowego i jednootworkowego symetrycznego; dla wtryskiwaczy wielootworkowych niesymetrycznych osie symetrii strumieni nie powinny być odchylone od osi otworka. Odchylenie większe od 5° świadczą o obecności zanieczyszczeń w otworkach lub o ich deformacji. Strumień powinien mieć kształt symetrycznego stożka, jednakowego dla wszystkich otworków. Jeżeli udaje się osiągnąć ciśnienie równe 40 MPa, sekcję należy uznać za szczelną.

6. Wykonanie charakterystyki regulatorowej pompy wtryskowej

Charakterystyki regulatorowe pomp wtryskowych z regulatorem dwuzakresowym i wielozakresowym pokazano na rys. 6.1. W tabeli 6.1. umieszczono nazwy i oznaczenia parametrów regulacyjnych oznaczonych na charakterystykach pomp (rys. 6.1). Pełna charakterystyka prędkościowa składa się z kilku charakterystyk, opisanych w tabeli 6.2 i na rys. 6.1.

Tabela 6.1. Nazwy parametrów regulacyjnych

Lp.	Oznaczenie	Miano	Nazwa lub określenie
1	n	min^{-1}	Prędkość obrotowa silnika
2	n_n	min^{-1}	Nominalna (znamionowa) prędkość obrotowa silnika
3	n_{pr}	min^{-1}	Prędkość obrotowa podczas pomiaru dawki Q_p ; wg BN-72/1301-01: $n_{pr} = (0,9 - 0,95) n_n$
4	n_{np}	min^{-1}	Prędkość początku wyłączenia dawki przez regulator przy nominalnej prędkości silnika ($n_{np} \geq n_n$)
5	n_{nk}	min^{-1}	Prędkość końca wyłączenia dawki
6	n_1	min^{-1}	Prędkość biegu luzem
7	n_{1m}	min^{-1}	Maksymalna prędkość biegu luzem
8	n_j	min^{-1}	Średnia prędkość biegu jałowego
9	n_{jm}	min^{-1}	Maksymalna prędkość biegu jałowego
10	n_r	min^{-1}	Prędkość rozruchowe
11	n_{k1} i n_{k2}	min^{-1}	Prędkość początku i końca zakresu korekcji
12	n_d	min^{-1}	Prędkość początku pracy ogranicznika dymienia
13	Δn_{reg}	-	Maksymalny zakres prędkości regulowanej
14	Δn_k	-	Zakres działania korektora momentu obrotowego
15	Δn_j	-	Zakres biegu jałowego
16	Δn_d	-	Zakres działania ogranicznika dymienia
17	Q_p	mm^3	Dawka pomiarowa – dawka paliwa podczas ustawienia dźwigni w położeniu odpowiadającym w przybliżeniu nominalnej dawce Q_n potrzebnej do pracy silnika dla mocy nominalnej
18	Q_{im}	mm^3	Dawka paliwa potrzebna do pracy silnika bez obciążenia z prędkością maksymalną
19	Q_j	mm^3	Dawka biegu jałowego
20	Q_r	mm^3	Dawka rozruchowa
21	Q_k	mm^3	Skorygowana dawka paliwa

Gdy pompa jest zainstalowana na stanowisku probierczym wszystkie charakterystyki uzyskuje się poprzez zmianę usytuowania dźwigni podaży paliwa i zmianę prędkości obrotowej wałka krzywkowego pompy wtryskowej dla 100; 200 ...; 1000 wtrysków wtryskiwaczy kontrolnych.

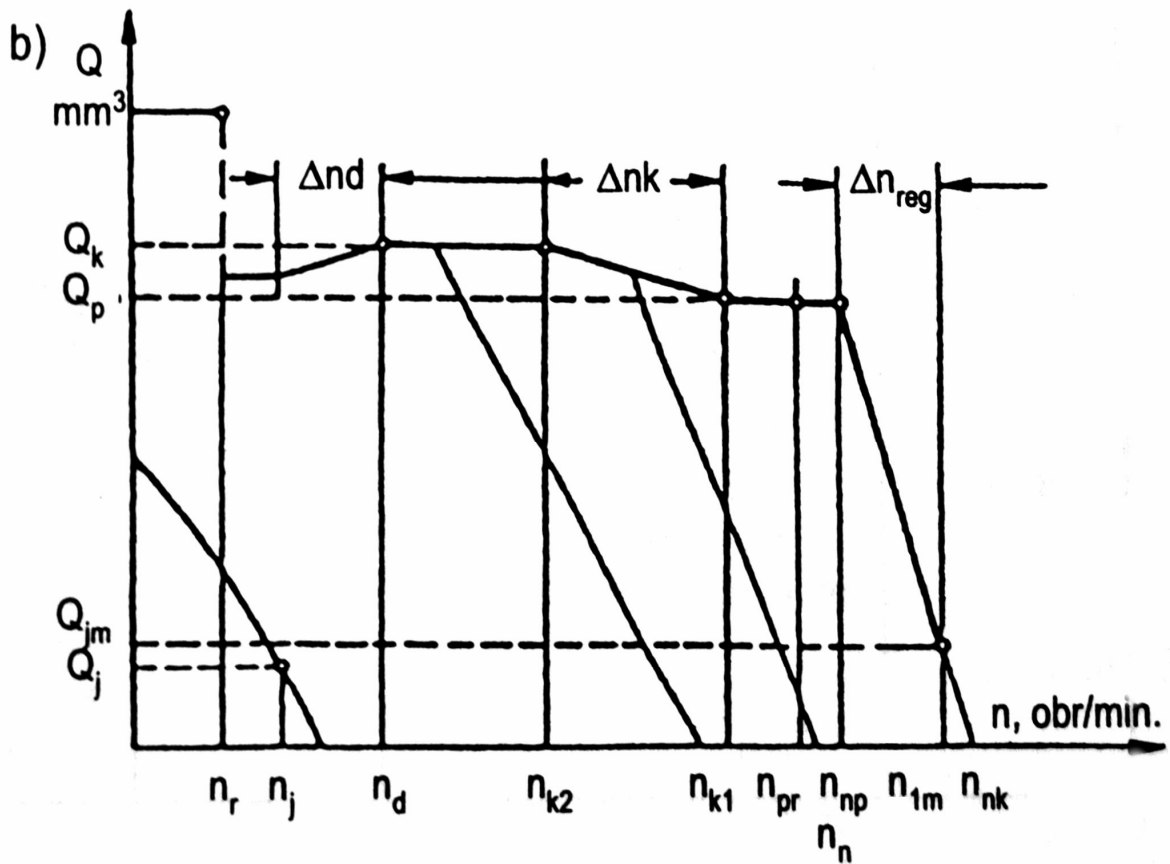
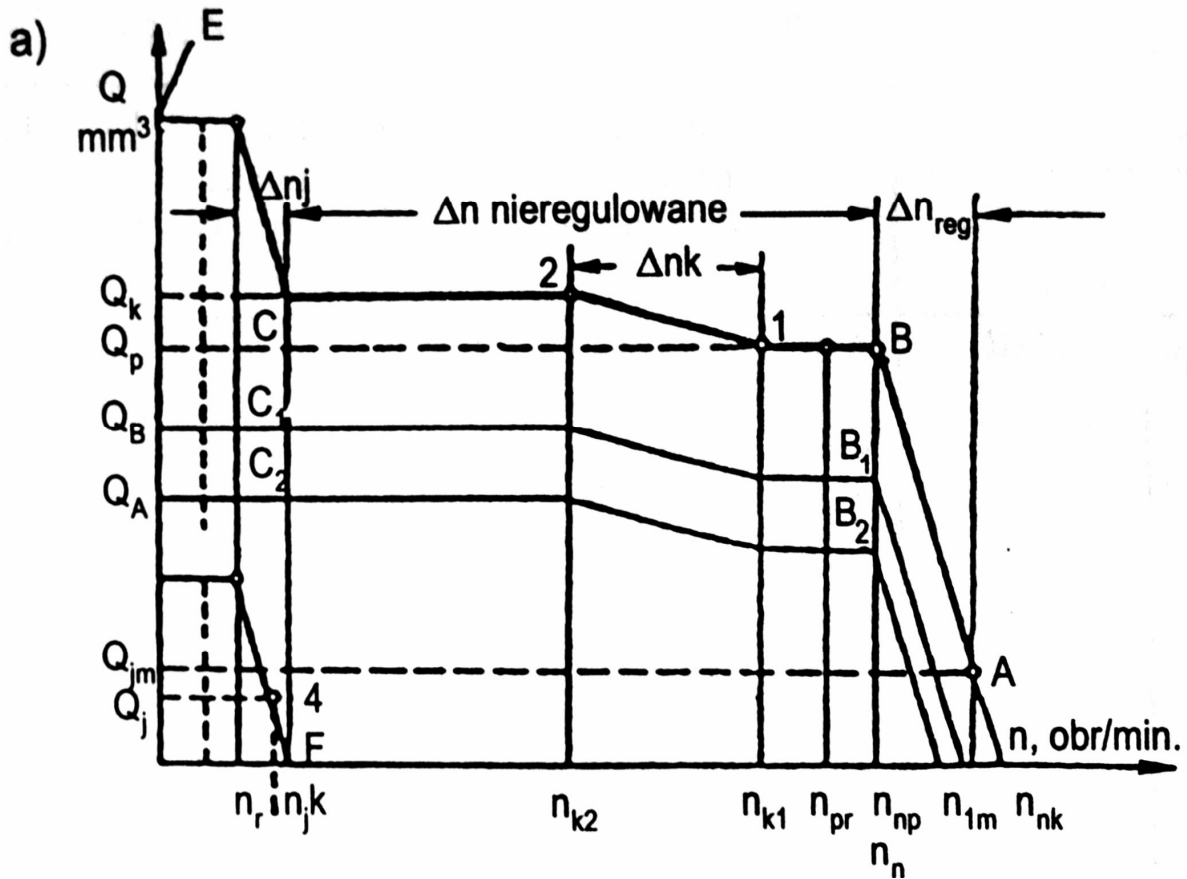
W przypadku małej liczby mierzonych wtrysków pomiar należy powtórzyć trzykrotnie. Obroty należy zmieniać skokowo o wartość skoku odpowiadającą określonej charakterystyce. Wyniki pomiarów powinny być gromadzone w formie tabelarycznej i w formie wykresu w współrzędnych Q – objętość dawki, n – obroty wałka krzywkowego pompy wtryskowej.

Tabela 6.2. Charakterystyki częściowe pomp wtryskowych

Nazwa charakterystyki	Oznaczenie	Zakres prędkości obrotowej	Skok zmiany obrotów pompy	Położenie dźwigni podaży paliwa
I Charakterystyka prędkościowa regulatora	A – B	A n_k – prędkość końcowa wyłączenia dawki B n_{np} – prędkość początku wyłączenia dawki przez regulator	$\frac{A - B}{5}$	„dawka maksymalna”
II Charakterystyka prędkościowa pompy	B – C	B n_{np} – prędkość początku wyłączenia dawki przez regulator C n_{jk} – maksymalna prędkość biegu jałowego	$\frac{B - C}{5}$	„dawka maksymalna”
III Charakterystyka prędkościowa pompy włączonej przy dawce rozruchowej	D – E	D n_r – maksymalna prędkość rozruchowa E $n = 0$	$\frac{D - E}{3}$	„dawka rozruchowa”
IV Charakterystyka regulatorowa prędkości obrotowej biegu jałowego	F – G	G n_r – maksymalna prędkość rozruchowa F n_{jk} – maksymalna prędkość obrotowa biegu jałowego	$\frac{E - F}{3}$	„dawka biegu luzem”
V Charakterystyka prędkościowa pompy obciążenia częściowych	B ₁ – C ₁ B ₂ – C ₂ B _n – C _n	prędkości obrotowe jak w charakterystyce prędkościowej pompy	$\frac{B_i - C_i}{5}$	możliwe do ustalenia różnice położenia dźwigni podaży paliwa od „dawki biegu luzem” do „dawki maksymalnej”

Część laboratoryjna

1. Zapoznanie z budową elementów aparatury wtryskowej.
2. Zapoznanie z budową i działaniem stanowiska do badania pomp wtryskowych.
3. Sprawdzenie dawkowania poszczególnych sekcji pompy wtryskowej.
4. Wykonanie regulacji dawkowania pompy.
5. Sprawdzenie działania regulatora.
6. Sprawdzenie i regulacja wtryskiwaczy.
7. Sporządzenie charakterystyki regulatora.



Rys. 6.1. Charakterystyki regulatorowe pompy wtryskowej: a – regulator dwuzakresowy, b – regulator wielozakresowy