

RZECZPOSPOLITA
POLSKA



Urząd Patentowy
Rzeczypospolitej Polskiej

(12) **OPIS PATENTOWY** (19) **PL** (11) **235983**

(13) – **B1**

(21) Numer zgłoszenia: **427422**

(51) Int.Cl.
F01L 1/12 (2006.01)
F02B 55/16 (2006.01)

(22) Data zgłoszenia: **16.10.2018**

(54) **Układ dolotowy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego
oraz sposób pracy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego
wyposażonego w ten układ dolotowy**

(43) Zgłoszenie ogłoszono:
20.04.2020 BUP 09/20

(45) O udzieleniu patentu ogłoszono:
16.11.2020 WUP 18/20

(73) Uprawniony z patentu:
**AKADEMIA GÓRNICZO HUTNICZA
IM. STANISŁAWA STASZICA W KRAKOWIE,
Kraków, PL**

(72) Twórca(y) wynalazku:
PIOTR BERA, Kraków, PL

(74) Pełnomocnik:
rzec. pat. Maciej Magoński

PL 235983 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest układ dolotowy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego oraz sposób pracy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego wyposażonego w ten układ dolotowy.

Seryjne silniki spalinowe o zapłonie iskrowym (ZI) mają sprawność maksymalną dochodzącą do 40% jedynie w wąskim obszarze pracy. W zakresie obciążeń częściowych, sprawność jest znacznie mniejsza. Wynika to z wielu czynników. Do dwóch istotnych, przyczyniających się do takiego stanu rzeczy, można zaliczyć: straty pompowania oraz budowa układu korbowego skutkująca tym, że droga tłoka w suwie rozprężania jest równa drodze tłoka w suwie sprężania, co nie pozwala w pełni wykorzystać energii rozprężających się spalin.

W silnikach spalinowych o zapłonie iskrowym spalana jest mieszanka stechiometryczna niezależnie od wartości wytwarzanego momentu obrotowego. Rozwijany przez silnik moment obrotowy zależy wprost od współczynnika napełnienia cylindra. W klasycznym układzie napełnienie cylindra jest realizowane za pomocą przepustnicy, znajdującej się w kolektorze dolotowym, która zmienia przekrój przepływu powietrza do cylindrów. Regulacja mocy w silnikach o zapłonie iskrowym jest ilościowa, gdyż moment obrotowy reguluje się ilością spalanej mieszanki, a jej skład jest praktycznie stały. W zakresie małego obciążenia silnika przepustnica ogranicza swobodny przepływ powietrza do cylindrów. Niekorzystnym zjawiskiem jest w takiej sytuacji występowanie podciśnienia w kolektorze dolotowym, które powstaje między prawie całkowicie zamkniętą przepustnicą, a tłokami szybko poruszającym się od górnego martwego punktu do dolnego martwego punktu, zwiększając objętość roboczą cylindra. Powstaje w ten sposób pętla strat pompowania, co prowadzi do znacznego zmniejszenia sprawności silnika o zapłonie iskrowym w zakresie obciążeń częściowych.

Drugim czynnikiem jest niewykorzystywanie całości energii spalonego paliwa, gdyż spaliny opuszczają cylinder mając jeszcze wysoką temperaturę i ciśnienie, które mogłoby zostać wykorzystane do wykonania pracy użytecznej. Można uniknąć tego niekorzystnego zjawiska, w sytuacji, gdy suw rozprężania odbywa się na dłuższej drodze niż suw sprężania. Zadanie to realizują silniki pracujące w cyklu Atkinsona. Może być on zrealizowany na dwa sposoby. Pierwszy z nich to zbudowanie skomplikowanego układu korbowo-tłokowego, natomiast drugi to wykorzystanie systemu zmiennych faz rozrządu, co jest w praktyce stosowane.

Znane jest rozwiązanie opisane w US367496 w którym wał korbowy jest połączony z tłokiem za pośrednictwem trzech elementów łączących, których odpowiednie wzajemne usytuowanie, oraz długości każdego z nich pozwalają na realizację cyklu Atkinsona, którego celem jest osiągnięcie dłuższej drogi tłoka w trakcie suwu rozprężania w porównaniu do drogi tłoka w trakcie suwu napełniania.

Znane jest rozwiązanie z patentu US 6553977, gdzie został przedstawiony silnik tzw. pięciosuwowy. Jest to silnik trzycylindrowy, w którym dwa skrajne cylindry mają mniejszą średnicę i pracują w klasycznym cyklu Otto, natomiast środkowy cylinder ma większą średnicę i jest cylindrem niskoprężnym. Głowica wyposażona jest w kanały łącznikowe, które prowadzą od zaworów wylotowych cylindrów zewnętrznych do cylindra centralnego, gdzie spaliny mogą się dalej rozprężyć. Ostatecznie spaliny są usuwane do układu wylotowego z cylindra centralnego.

Znane jest rozwiązanie firmy Scuder-Engines, opisane w US 8813695, w którym współpracują ze sobą dwa cylindry połączone kanałem łącznikowym. Cztery suwy są rozdzielona na te dwa, współpracujące ze sobą, cylindry. Wykorobienia wału dla cylindra pierwszego i drugiego są przestawione o odpowiedni kąt, tak aby mieszanka sprężana w cylindrze pierwszym przepływała pod ciśnieniem do cylindra drugiego i aby zapłon w cylindrze drugim zachodził już po osiągnięciu górnego martwego położenia tłoka. Dzięki temu zwiększa się sprawność silnika, gdyż maksimum siły działającej na tłok przypada w chwili, gdy korbówód z wykorobieniem wału tworzą mniejszy kąt niż w klasycznym silniku.

Znane jest rozwiązanie firmy Scuder Group inc. opisane w patencie US20140261325A1, w którym wykorzystuje się trzy cylindry połączone kolejno kanałami łącznikowymi umieszczone na jednej linii.

Rozwiązania powyższe nie pozwalają na wydajną pracę silnika zarówno w obszarze małych i średnich, jak i dużych obciążeń. Celowym, wydaje się zatem opracowanie rozwiązania wydajnego w przypadku małych, średnich i dużych obciążeń.

Wynalazek opisuje układ dolotowy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego, zbudowany z głównych kanałów dolotowych dostarczających do cylindrów powietrze z otoczenia, kanałów łącznikowych, które łączą wybrany cylinder z głównym kanałem dolotowym innego cylindra oraz sposób pracy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego mającego układ dolotowy wyposażony

żony w kanały łącznikowe, które łączą wybrany cylinder z głównym kanałem dolotowym innego cylindra i układem rozrządu regulującym zmienny czas otwarcia i zmienny wznios zaworów łącznikowych, wykorzystującego powietrze z otoczenia dostarczane przez główne kanały dolotowe do cylindrów.

Istota układu dolotowego trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego według wynalazku, polega na tym, że: kanał łącznikowy pierwszy łączy pierwszy cylinder z głównym kanałem dolotowym cylindra drugiego, kanał łącznikowy drugi łączy drugi cylinder z głównym kanałem dolotowym cylindra trzeciego, kanał łącznikowy trzeci łączy trzeci cylinder z głównym kanałem dolotowym pierwszego cylindra, układ rozrządu składający się z wałów rozrządu sterujących pracą zaworów wylotowych oraz głównych zaworów dolotowych zapewnia ich stały skok, natomiast zawory łącznikowe sterujące otwarciem kanałów łącznikowych mają, dzięki mechanizmom zmienny wznios i zmienny czas otwarcia, przy czym wykorbienia wału korbowego są przestawione dokładnie o 120° , zaś główny kanał dolotowy w cylindrze pierwszym znajduje się bliżej środka silnika, natomiast w przypadku cylindra trzeciego główny kanał dolotowy znajduje się od strony zewnętrznej, tak że długości kanałów łącznikowych dla wszystkich cylindrów mają zbliżone wartości. Korzystnie układ dolotowy według wynalazku posiada kanały łącznikowe które mają u swego ujścia do cylindrów zawory łącznikowe sterujące otwarciem tych kanałów, które to zawory napędzane są przez krzywki wału za pośrednictwem dźwigienek elementów których położenie, sterowane za pomocą wałka sterującego zmienia skok zaworów łącznikowych, zależnie od żądanej wartości momentu obrotowego, natomiast główne zawory dolotowe połączone są z krzywkami o stałym zarysie, a zawory wylotowe połączone są z napędzającym i sterującym je wałem rozrządu który przez krzywki o stałym zarysie oddziałuje bezpośrednio na zawory wylotowe.

Istotą sposobu pracy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego według wynalazku jest to, że w czasie cyklu pracy mieszankę paliwa i powietrza przepuszcza się przez każdy kanał łącznikowy tak, że każdorazowo przepływa ona z cylindra realizującego proces sprężania do cylindra realizującego proces napełniania, przy czym w każdym procesie napełniania mieszankę powietrza i paliwa doprowadza się do cylindra głównym kanałem dolotowym i, w każdym przypadku poza obciążeniem maksymalnym, kanałem łącznikowym z innego cylindra.

Celem takiej konstrukcji jest zmniejszenie tzw. strat pompowania w zakresie małego i średniego obciążenia silnika oraz możliwość realizacji cyklu Atkinsona w zakresie małego i średniego obciążenia silnika. Przedstawiona konstrukcja pozwala na zrezygnowanie z przepustnicy w kolektorze dolotowym powodującej wspomniane straty pompowania i sterowanie ilością ładunku tylko z wykorzystaniem mechanizmu zmiennego wzniosu i czasu otwarcia zaworów. Wartości podciśnienia i nadciśnienia w układzie dolotowym w całym zakresie prędkości obrotowej i obciążenia zależą tylko od strat lokalnych i liniowych przepływu powietrza/mieszanki paliwowo powietrznej w kanałach i są bardzo małe. Nie zachodzi zjawisko powstawania dużego podciśnienia w kolektorze dolotowym jak w układach z przepustnicą, skutkujące powstawaniem dużych strat w trakcie napełniania cylindra. Nie dochodzi także do zmian kierunku przepływu powietrza w kolektorze dolotowym jak ma to miejsce w przypadku, cyklu Atkinsona realizowanego przez opóźnione zamknięcie zaworów dolotowych, kiedy to ładunek zostaje cofnięty z cylindrów do kanałów dolotowych, co prowadzi do pulsacji ciśnienia. Przedstawione rozwiązanie wprost wpływa na zwiększenie sprawności silnika spalinowego w zakresie małego i średniego obciążenia, a co za tym idzie zmniejszenie zużycia paliwa przez silnik.

W produkcji seryjnej cykl Atkinsona realizowany przede wszystkim w silnikach spalinowych pracujących w układach hybrydowych, np. Toyota, Ford, Hyundai. Polega to na tym, podobnie jak to opisano powyżej, że droga rozprężania ładunku w suwie pracy, jest dłuższa niż droga sprężania ładunku. Jest to jednak realizowane poprzez wykorzystanie układu zmiennych faz rozrządu, dzięki którym w trakcie suwu sprężania zawory dolotowe pozostają jeszcze otwarte i część mieszanki znajdującej się w cylindrze zostaje zwrócona do kolektora dolotowego. Wtedy proces sprężania ładunku odbywa się dopiero od chwili, gdy tłok pokonał już część drogi w stronę górnego martwego położenia. W takich rozwiązaniach wciąż istnieje przepustnicą, a straty pompowania, choć zdecydowanie mniejsze, dalej występują.

Korzystnym skutkiem rozwiązania jest zmywanie osadów z kanałów dolotowych przez mieszankę, która jest przepompowywana między cylindrami.

Przedmiot wynalazku, uwidoczony jest na rysunku którego Fig. 1, przedstawia układ dolotowy w widoku z boku, Fig. 2 przedstawia układ dolotowy w widoku z przodu, Fig. 3. przedstawia układ dolotowy w widoku od spodu, Fig. 4 przedstawia układ dolotowy wraz z całym układem korbowo tł-

kowym silnika, natomiast Fig. 5 położenia tłoków w cylindrach dla kąta obrotu wału korbowego 0° , a Fig. 6 położenia tłoków w cylindrach dla kąta obrotu wału korbowego 30° .

W korpusie silnika 4 znajdują się cylindry: pierwszy 1, drugi 2 oraz trzeci 3, w których pracują tłoki: pierwszy 15, drugi 161 trzeci 17 przekazujące napęd na korbowody, odpowiednio 12, 13 i 14, a te dalej na wykorbienia 7, 8, 9 wału korbowego 6 połączonego z kołem zamachowym 10. Korpus silnika jest przykryty głowicą 5, w której znajduje się układ dolotowy wg niniejszego wynalazku. W głowicy znajdują się zawory sterujące napełnianiem cylindrów powietrzem 25, 29 i 33, zawory sterujące przepływem mieszanki między cylindrami 37, 39 i 41 oraz zawory odpowiedzialne za opróżnianie cylindrów ze spalin 43, 46 i 49. Wszystkie zawory są napędzane przez wały rozrządu 18 i 21. Każdy cylinder ma dokładnie cztery zawory.

Pierwszy cylinder 1 jest obsługiwany przez: główny zawór dolotowy 25 łączący komorę cylindra 1 z głównym kanałem dolotowym 27, zawór łącznikowy 37 łączący komorę cylindra 1 kanałem łącznikowym 28 i dwa zawory wylotowe 43 łączące komorę cylindra pierwszego 1 z kanałem wylotowym 45.

Drugi cylinder 2 jest obsługiwany przez: główny zawór dolotowy 29 łączący komorę cylindra 2 z głównym kanałem dolotowym 31, zawór łącznikowy 39 łączący komorę cylindra 2 kanałem łącznikowym 32 i dwa zawory wylotowe 46 łączące komorę cylindra drugiego 2 z kanałem = wylotowym 48.

Trzeci cylinder 3 jest obsługiwany przez: główny zawór dolotowy 33 łączący komorę cylindra 3 z głównym kanałem dolotowym 35, zawór łącznikowy 41 łączący komorę cylindra 3 kanałem łącznikowym 36 i dwa zawory wylotowe 49 łączące komorę cylindra trzeciego 3 z kanałem wylotowym 51.

Główne zawory dolotowe 25, 29 i 33, utrzymywane w położeniu zamkniętym przez sprężyny zaworowe 52, połączone w górnej części ze szklankami zaworowymi 26, 30 i 34 są napędzane przez krzywki 19 wału rozrządu 18. Zarówno maksymalny wznios zaworu, jak i czas otwarcia mierzony w stopniach obrotu wału korbowego mają w przypadku głównych zaworów dolotowych 25, 29 i 33 wartości stale zdeterminowane przez kształt krzywek 19 wału rozrządu 18.

Zawory łącznikowe 37, 39 i 41, utrzymywane w położeniu zamkniętym przez sprężyny zaworowe 52, połączone są w górnej części ze szklankami zaworowymi 38, 40 i 42. Szklanki 38, 40 i 42, które mają inną budowę wewnętrzną niż szklanki 26, 30 i 34, wraz z mechanizmami 53, 55 i 57 wyposażonymi w dźwigienki 54, 56, 58 realizują zmienny czas i wznios otwarcia zaworów łącznikowych 37, 39 i 41, są napędzane przez krzywki 20 wału rozrządu 18.

Zawory wylotowe 43, 46 i 49, utrzymywane w położeniu zamkniętym przez sprężyny zaworowe 52, połączone w górnej części ze szklankami zaworowymi 44, 47 i 50, są napędzane przez krzywki 21 wału rozrządu 20. Zarówno maksymalny wznios zaworu, jak i czas otwarcia mierzony w stopniach obrotu wału korbowego mają w przypadku zaworów wylotowych 43, 46 i 49 wartości stale zdeterminowane przez kształt krzywek 22 wału rozrządu 21.

Kanał łącznikowy cylindra pierwszego 28 łączy się z głównym kanałem dolotowym cylindra drugiego 31, kanał łącznikowy cylindra drugiego 32 łączy się z głównym kanałem dolotowym cylindra trzeciego 35 natomiast kanał łącznikowy cylindra trzeciego 36 łączy się z głównym kanałem dolotowym cylindra pierwszego 27.

Wały rozrządu zaworów dolotowych 18 i wylotowych 21 są napędzane za pośrednictwem przekładni pasowej zębatej przekazującej napęd z osadzonego na wale korbowym 6 koła pasowego 11, poprzez pas zębaty (rozrządu) 66 na koła pasowe 23 i 24 osadzone na tychże wałkach rozrządu.

Powietrze jest dostarczane z otoczenia za pośrednictwem głównych kanałów dolotowych 27, 31, 35, natomiast paliwo dostarczane jest bezpośrednio do cylindrów przez wtryskiwacze paliwa 60, 62, 64. Zapłon mieszanki następuje przez umieszczone w cylindrach świece zapłonowe 61, 63, 65.

Położenie głównych zaworów dolotowych 25, 29 i 33 oraz zaworów łącznikowych 37, 39 i 41 jest takie, aby w każdym cylindrze, patrząc z boku od strony kanałów dolotowych i łącznikowych, główny zawór dolotowy znajdował się po prawej stronie komory, a zawór łącznikowy po lewej. Zapewni to jednakową długość wszystkich kanałów łącznikowych.

W cylindrze nr 1 realizowany jest proces sprężania przedstawiony na Fig. 5. W przypadku pracy z pełnym obciążeniem wszystkie zawory pozostawałyby zamknięte, a obieg przypominałby klasyczny cykl Otto realizowany przy maksymalnie otwartej przepustnicy. Natomiast w przypadku obciążeń częściowych, w których przedstawiony wynalazek wykazuje swoje zalety, zaczyna otwierać się łącznikowy zawór 37 cylindra nr 1, a główny zawór dolotowy 25 zostaje zamknięty. Tłok 15 w cylindrze nr 1 porusza się w kierunku górnego martwego położenia, jak na Fig. 6 i zaczyna wypychać mieszankę do kanału łącznikowego 28 prowadzącego do głównego kanału dolotowego cylindra drugiego 31. W tym

samym czasie w cylindrze nr 2 kończy się proces wylotu spalin, jednocześnie rozpoczęło się już otwieranie głównego zawór dolotowego 29 (jeszcze przed osiągnięciem przez tłok górnego martwego położenia). Mieszanka wypychana z cylindra pierwszego 1 do kanału łącznikowego 28 trafia do głównego kanału dolotowego 31 cylindra nr 2 i dalej do cylindra nr 2. Proces przepływu mieszanki z cylindra nr 1 do cylindra nr 2 odbywa się w takim przypadku przy możliwie najmniejszych zmianach ciśnienia. W momencie gdy w cylindrze nr 1 zostaje ilość mieszanki niezbędna do wygenerowania żądanej wartości momentu obrotowego zawór łącznikowy 37 zostaje zamknięty, zatem pozostała w cylindrze nr 1 część mieszanki jest dalej sprężana, natomiast tłok w cylindrze nr 2, który w dalszym ciągu porusza się w kierunku dolnego martwego położenia, zasysa pozostałą ilość powietrza za pośrednictwem głównego kanału dolotowego 31 swojego cylindra. Jednocześnie wtryskiwacz 62 w cylindrze 2 dotryskuje odpowiednią ilość paliwa proporcjonalną do ilości powietrza zasysanego z otoczenia, po zamknięciu zaworu łącznikowego 37 cylindra nr 1, tak aby zachować stechiometryczny skład mieszanki. Następnie w cylindrze nr 2 rozpoczyna się proces sprężania. Główny zawór dolotowy cylindra drugiego 29 zostaje zamknięty a otwiera się zawór łącznikowy 39, przez który mieszanka przepływa do kanału łącznikowego 32, a następnie do głównego kanału dolotowego cylindra trzeciego 35, w którym realizowany jest suw ssania. W tym samym czasie w cylindrze pierwszym przebiega suw pracy, który dzięki długiej drodze rozprężania (dłuższej niż droga sprężania) realizuje cykl Atkinsona przez co pozwala osiągnąć większą sprawność silnika. Kolejno, w cylindrze trzecim kończy się suw ssania, a następnie rozpoczyna się proces sprężania. Główny zawór dolotowy 33 cylindra 3 zostaje zamknięty, a otwarty zawór łącznikowy 41, którym część mieszanki jest transportowana do cylindra pierwszego 1, w którym po suwie pracy i wydechu ponownie realizowany jest proces napełniania: Obieg pracy silnika rozpoczyna się od nowa.

Czas otwarcia zaworów łącznikowych (mierzony w stopniach obrotu wału korbowego °OWK), sterowany przez położenie wału sterującego 59, zależy od żądanej wartości momentu obrotowego. W przypadku pracy na biegu jałowym, gdy wymagana jest minimalna wartość momentu obrotowego konieczna jedynie do pokonania oporów wewnętrznych zawory łącznikowe otwierają się gdy tłok znajduje się w dolnym martwym położeniu, a zamykają, gdy pokona ponad $\frac{3}{4}$ drogi w kierunku górnego martwego położenia. Natomiast w drugim skrajnym przypadku, gdy żądana jest maksymalna wartość momentu obrotowego, zawory łącznikowe nie otwierają się wcale i cała ilość powietrza zasysanego do cylindrów ulega sprężeniu i następnie spalaniu. W stanach pośrednich czas otwarcia zaworu zawiera się w granicach od zera do około $\frac{3}{4}$ czasu trwania suwu sprężania (180°OWK),

Zastrzeżenia patentowe

1. Układ dolotowy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego, zbudowany z głównych kanałów dolotowych dostarczających do cylindrów powietrze z otoczenia, kanałów łącznikowych, które łączą wybrany cylinder z głównym kanałem dolotowym innego cylindra, **znamienny tym**, że: kanał łącznikowy pierwszy (28) łączy pierwszy cylinder (1) z głównym kanałem dolotowym cylindra drugiego (31), kanał łącznikowy drugi (32) łączy drugi (2) cylinder z głównym kanałem dolotowym cylindra trzeciego (35), kanał łącznikowy trzeci (36) łączy trzeci cylinder (3) z głównym kanałem dolotowym pierwszego cylindra (27), układ rozrządu składający się z wałów rozrządu (18) i (21) oraz mechanizmów (53), (55), (57) sterujący pracą zaworów wylotowych (43), (46), (49) oraz głównych zaworów dolotowych (25), (29), (33) zapewnia ich stały skok, natomiast zawory łącznikowe (37), (39), (41) sterujące otwarciem kanałów łącznikowych (28), (32), (36) mają, dzięki mechanizmom (53), (55), (57), zmienny wznios i zmienny czas otwarcia, przy czym wykorbienia (7), (8), (9) wału korbowego (6) są przestawione dokładnie o 120°, zaś główny kanał dolotowy (27) w cylindrze pierwszym (1) znajduje się bliżej środka silnika, natomiast w przypadku cylindra trzeciego (3) główny kanał dolotowy (35) znajduje się od strony zewnętrznej, tak że długości kanałów łącznikowych (28), (32), (36) dla wszystkich cylindrów (1), (2), (3) mają zbliżone wartości.
2. Układ dolotowy według zastrz. 1, **znamienny tym**, że kanały łącznikowe (28), (32), (36) posiadają u swego ujścia do cylindrów (1), (2), (3) zawory łącznikowe (37), (39), (41) sterujące otwarciem tych kanałów, które to zawory napędzane są przez krzywki (20) wału (18) za pośrednictwem dźwigienek (54), (56), (58) elementów (53), (55), (57) których położenie, sterowane za pomocą wałka sterującego (59) zmienia skok zaworów łącznikowych, zależnie od

żądaney wartości momentu obrotowego, natomiast główne zawory dolotowe (25), (29), (33) połączone są z krzywkami o stałym zarysie (19) wału (18), a zawory wylotowe (43), (46), (49) połączone są z napędzającym i sterującym nimi wałem rozrządu (21) który przez krzywki (22) o stałym zarysie oddziałuje bezpośrednio na zawory wylotowe.

3. Sposób pracy trzycylindrowego czterosuwowego silnika spalinowego wyposażonego w układ dolotowy mający kanały łącznikowe, które łączą wybrany cylinder z głównym kanałem dolotowym innego cylindra i układem rozrządu regulującym zmienny czas otwarcia i zmienny wznios zaworów łącznikowych, wykorzystującego powietrze z otoczenia dostarczane przez główne kanały dolotowe do cylindrów, **znamienny tym**, że w czasie cyklu pracy mieszankę paliwa i powietrza przepuszcza się przez każdy kanał łącznikowy tak, że każdorazowo przepływa ona z cylindra realizującego proces sprężania do cylindra realizującego proces napełniania, przy czym w każdym procesie napełniania mieszankę powietrza i paliwa doprowadza się do cylindra głównym kanałem dolotowym i w każdym przypadku poza obciążeniem maksymalnym, kanałem łącznikowym z innego cylindra.

Wykaz oznaczeń:

- 1 – cylinder pierwszy,
- 2 – cylinder drugi,
- 3 – cylinder trzeci,
- 4 – korpus silnika,
- 5 – głowica silnika,
- 6 – wał korbowy silnika,
- 7 – wykorbienia wału dla pierwszego cylindra,
- 8 – wykorbienia wału dla drugiego cylindra,
- 9 – wykorbienia wału dla trzeciego cylindra,
- 10 – koło zamachowe,
- 11 – koło pasowe zdawcze napędu rozrządu,
- 12 – korbowód pierwszy,
- 13 – korbowód drugi,
- 14 – korbowód trzeci,
- 15 – tłok pierwszego cylindra,
- 16 – tłok drugiego cylindra,
- 17 – tłok trzeciego cylindra,
- 18 – wał rozrządu zaworów dolotowych,
- 19 – krzywki wału 18 sterujące głównymi zaworami dolotowymi,
- 20 – krzywki wału rozrządu u sterujące zaworami łącznikowymi,
- 21 – wał rozrządu zaworów wylotowych,
- 22 – krzywki wału 21 rozrządu sterujące zaworami wylotowymi,
- 23 – koło zębate pasowe wału 18,
- 24 – koło zębate pasowe wału 21,
- 25 – główny zawór dolotowy cylindra pierwszego,
- 26 – szklanka głównego zaworu dolotowego cylindra pierwszego,
- 27 – główny kanał dolotowy cylindra pierwszego,
- 28 – kanał łącznikowy cylindra pierwszego,
- 29 – główny zawór dolotowy cylindra drugiego,
- 30 – szklanka głównego zaworu dolotowego cylindra drugiego,
- 31 – główny kanał dolotowy cylindra drugiego,
- 32 – łącznikowy kanał cylindra drugiego,
- 33 – główny zawór dolotowy cylindra trzeciego,
- 34 – szklanka głównego zaworu dolotowego cylindra trzeciego,
- 35 – główny kanał dolotowy cylindra trzeciego,
- 36 – kanał łącznikowy cylindra trzeciego,
- 37 – zawór łącznikowy cylindra pierwszego,
- 38 – szklanka zaworu łącznikowego cylindra pierwszego,
- 39 – zawór łącznikowy cylindra drugiego,
- 40 – szklanka zaworu łącznikowego cylindra drugiego,

- 41 – zawór łącznikowy cylindra trzeciego,
- 42 – szklanka zaworu łącznikowego cylindra trzeciego,
- 43 – zawór wylotowy cylindra pierwszego,
- 44 – szklanka zaworu wylotowego cylindra pierwszego,
- 45 – kanał wylotowy cylindra pierwszego,
- 46 – zawór wylotowy cylindra drugiego,
- 47 – szklanka zaworu wylotowego cylindra drugiego,
- 48 – kanał wylotowy cylindra drugiego,
- 49 – zawór wylotowy cylindra trzeciego,
- 50 – szklanka zaworu wylotowego cylindra trzeciego,
- 51 – kanał wylotowy cylindra trzeciego,
- 52 – sprężyna zaworowa,
- 53 – mechanizm zmiennego wzniosu i czasu otwarcia zaworu łącznikowego cylindra pierwszego,
- 54 – dźwigienka mechanizmu 53,
- 55 – mechanizm zmiennego wzniosu i czasu otwarcia zaworu łącznikowego cylindra drugiego,
- 56 – dźwigienka mechanizmu 55,
- 57 – mechanizm zmiennego wzniosu i czasu otwarcia zaworu łącznikowego cylindra trzeciego,
- 58 – dźwigienka mechanizmu 57,
- 59 – watek sterujący mechanizmami zmiennego wzniosu i czasu otwarcia zaworów łącznikowych,
- 60 – wtryskiwacz cylindra pierwszego,
- 61 – świeca zapłonowa cylindra pierwszego,
- 62 – wtryskiwacz cylindra drugiego,
- 63 – świeca zapłonowa cylindra drugiego,
- 64 – wtryskiwacz cylindra trzeciego,
- 65 – świeca zapłonowa cylindra trzeciego,
- 66 – pas rozrządu.

Rysunki

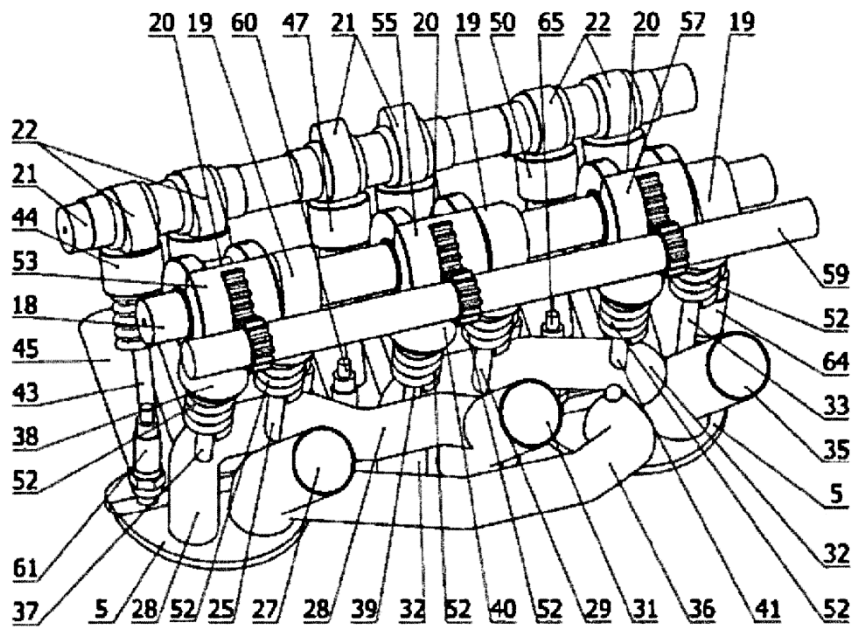


Fig. 1

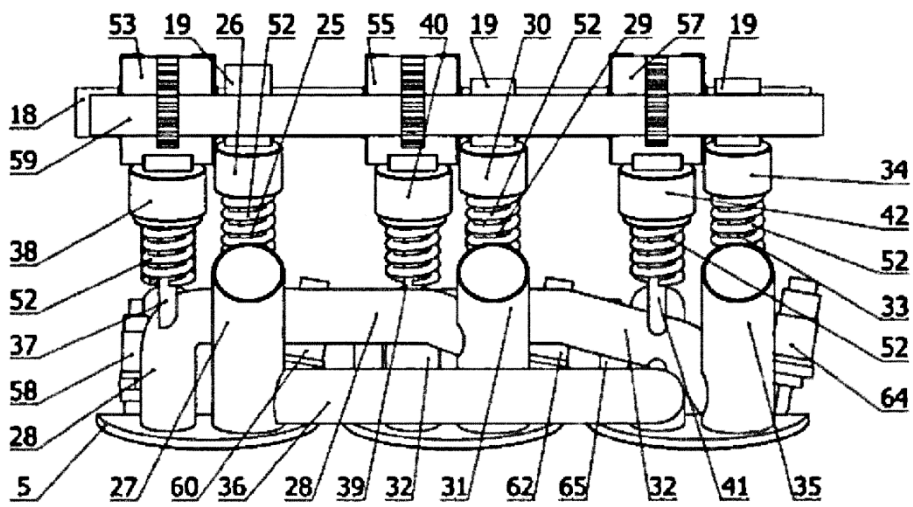


Fig. 2

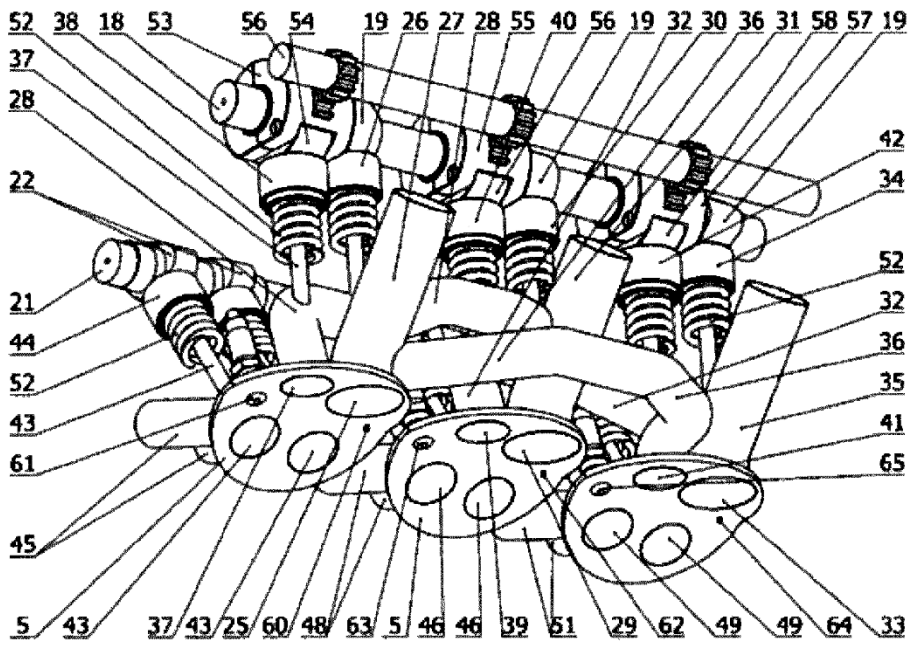


Fig. 3

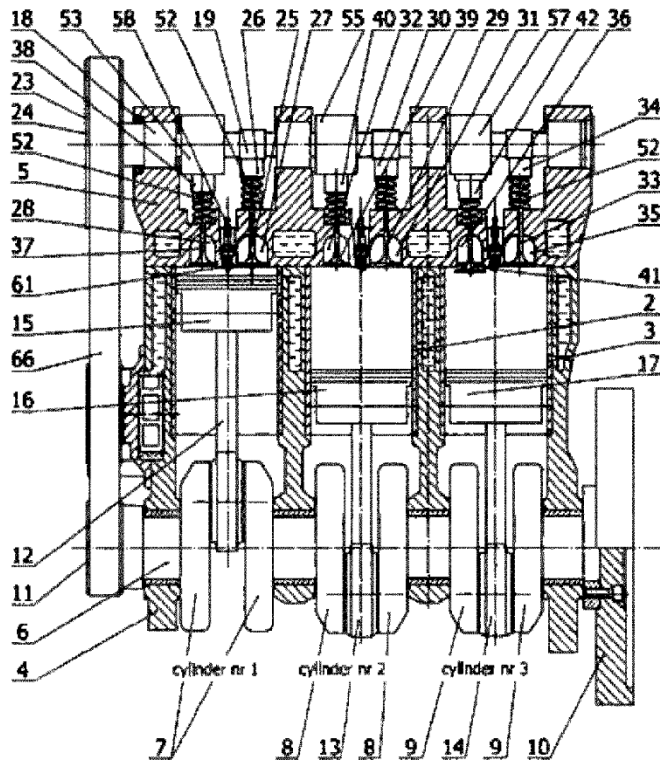


Fig. 4

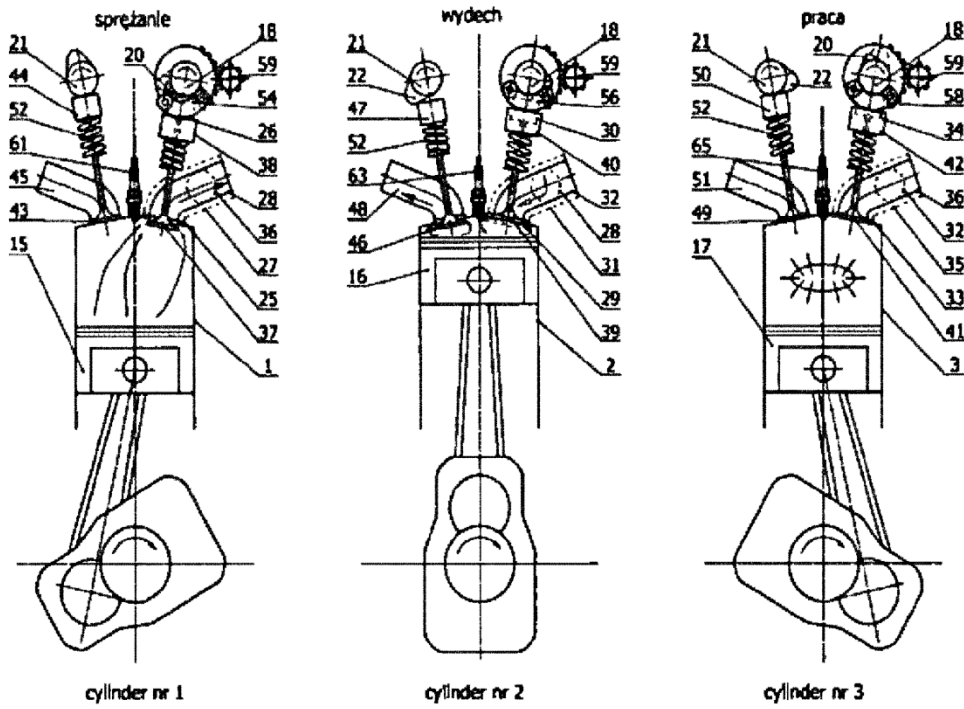


Fig. 5

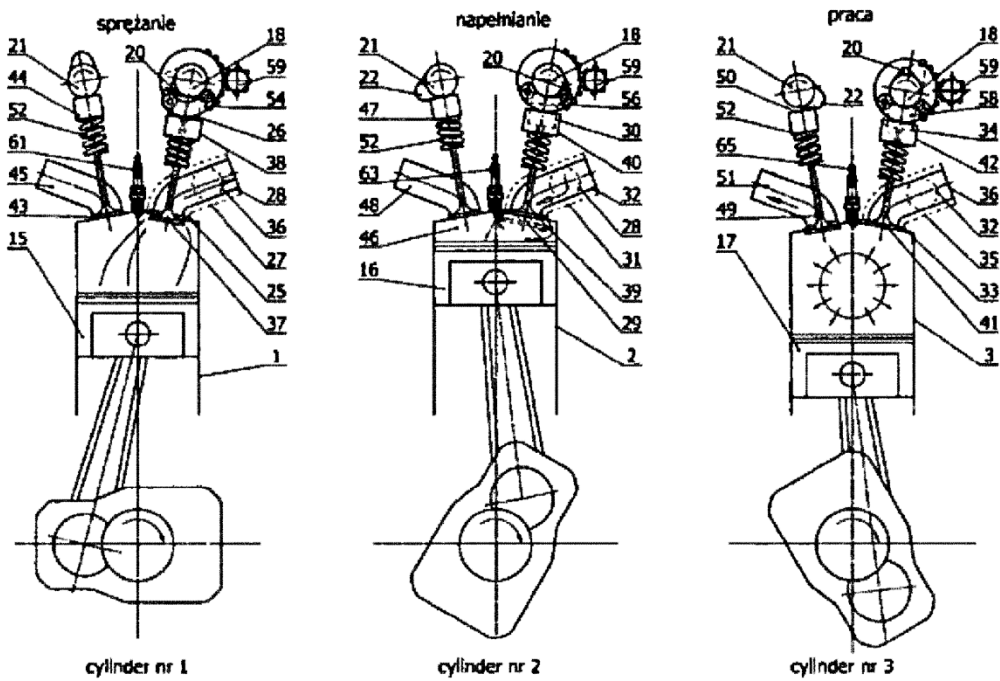


Fig. 6