

Marek FLEKIEWICZ

Marek DYKIER

WYMAGANIA STAWIANE MIESZALNIKOM STOSOWANYM W SILNIKACH SPALINOWYCH ZASILANYCH GAZEM ZIEMNYM

Streszczenie. W artykule omówiono zasadnicze zadania mieszalników gazu z powietrzem, stosowanych w instalacjach zasilających silniki spalinowe paliwem gazowym. Przedstawiono klasyfikację i dokonano przeglądu konstrukcji mieszalników przeznaczonych do zasilania jedno- i dwupaliwowych silników spalinowych o zapłonie iskrowym i samoczynnym.

ТРЕБОВАНИЯ ПРЕДЪЯВЛЯЕМЫЕ К ПЕРЕМЕШИВАТЕЛЯМ, ПРИМЕНЯЕМЫМ В ДВИГАТЕЛЯХ ВНУТРЕННЕГО СГОРАНИЯ, ПИТАЕМЫХ ПРИРОДНЫМ ГАЗОМ

Резюме. В статье рассмотрены задания перемешивателей газа с воздухом. Представлена классификация и просмотр конструкций перемешивателей, предназначенных для двигателей внутреннего сгорания с искровым и самопроизвольным зажиганием.

DEMANDS FOR MIXERS USED IN GAS POWERED COMBUSTION ENGINES

Summary. In this article fundamental tasks of air-gas mixers used in gas powered engines were described. The classification of mixers construction for combustion and dual-fuel engines was presented.

1. WSTĘP

Jednym z ważnych elementów instalacji zasilającej silnik spalinowy gazem ziemnym jest mieszalnik gazu z powietrzem. Zadaniem jego jest wytworzenie mieszaniny paliwa gazowego i powietrza w takich proporcjach, aby niezależnie od prędkości obrotowej i obciążenia silnika spalanie było całkowite i wydajne, co w konsekwencji pozwala uzyskać niewielkie jednostkowe zużycie paliwa i niską zawartość składników toksycznych w spalinach. Zadanie to jest więc podobne do zadań gaźnika silnika zasilanego benzyną. Jednakże biorąc pod uwagę, że paliwo gazowe miesza się z powietrzem łatwiej niż benzyna i zapewnia korzystniejszy przebieg procesu spalania, szczególnie w stanach nieustalonych, budowa mieszalników stosowanych w silnikach spalinowych zasilanych gazem ziemnym może być o wiele prostsza niż klasycznych gaźników silników benzynowych.

Do uzyskania poprawnej pracy silnika wystarczające jest stosowanie dość prostego w konstrukcji mieszalnika i mało złożonego urządzenia dozującego.

Taki elementarny mieszalnik nie zapewnia jednak w całym zakresie zmian prędkości obrotowej silnika i jego obciążeń właściwego składu i jakości mieszanki gazowo-powietrznej. Stąd niektóre z mieszalników, zależnie od rodzaju silnika i sposobu zasilania, wyposaża się w różne urządzenia dodatkowe, zbliżające rzeczywistą charakterystykę mieszalnika do charakterystyki idealnej.

2. WYMAGANIA STAWIANE MIESZALNIKOM GAZU Z POWIETRZEM

Korzystny przebieg procesu spalania, który wyraża się zwykle właściwym wskaźnikiem mocy oraz dużą ekonomicznością, w istotny sposób zależy od własności mieszanki gazowo-powietrznej. Ilość paliwa gazowego w mieszaninie powinna być ściśle uzależniona od chwilowych obciążeń silnika, a jego wymieszanie z powietrzem powinno być bardzo dokładne.

Ilość paliwa w mieszaninie określa tzw. współczynnik nadmiaru powietrza, który wpływa na równomierność pracy silnika, jego moc oraz jednostkowe zużycie paliwa.

Wyniki badań wskazują, że w przypadku użycia gazu ziemnego jako paliwa równomierną pracę oraz największą moc można uzyskiwać stosując mieszankę o składzie $\lambda = 0,85-0,90$, natomiast największą ekonomiczność i równomierność pracy silnika osiąga się przy współczynniku nadmiaru powietrza $\lambda = 1,05-1,15$. Oba podane tutaj przykładowo zakresy zmian współczynnika są bardzo wąskie, co stawia wysokie wymagania układowi zasilania silnika gazem ziemnym.

Mieszalnik gazu z powietrzem musi zapewniać mieszanie się gazu i powietrza we właściwych proporcjach, określonych wybranymi wartościami λ , ale także zapewniać maksymalną jednorodność mieszanki. Mieszanie się paliwa gazowego z powietrzem następuje na całej długości przewodu dolotowego pomiędzy mieszalnikiem a cylindrem, jednakże najintensywniej proces ten przebiega w miejscu jego zapoczątkowania, tzn. w mieszalniku.

Właściwa konstrukcja i optymalnie dobrane parametry mieszalnika stwarzają korzystne warunki tworzenia się mieszanki, w warunkach pulsującego przepływu powietrza i gazu, których amplituda i częstotliwość zmian zależą od typu silnika i liczby cylindrów. Nie jest więc możliwe budowanie uniwersalnych mieszalników. Mieszalnik musi być projektowany lub dobierany w zależności od ro-

dzażu i wielkości silnika oraz sposobu jego zasilania (jedno- lub dwupaliwo-
we). Wbrew pozorom nie jest to łatwe zadanie, gdyż przy opracowywaniu kon-
strukcji trzeba brać pod uwagę różne kryteria.

W szczególności konstrukcja mieszalnika musi zapewniać:

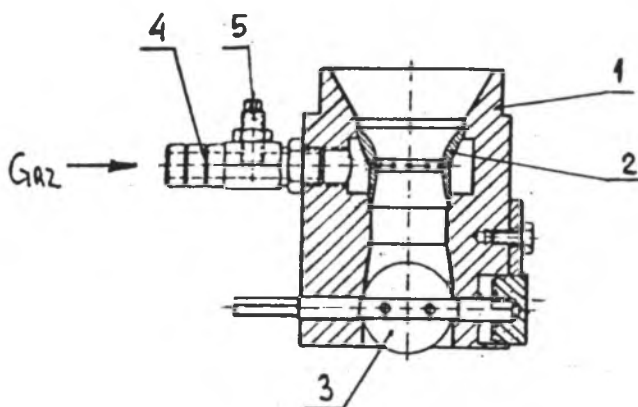
- minimalny spadek mocy silnika (ze względu na dławienie przepływu powietrza w układzie dolotowym),
- minimalne obniżenie mocy silnika (spowodowane niższą wartością opałową gazu ziemnego i niższym stopniem napełnienia cylindrów),
- ekonomiczność silnika (określoną niskim jednostkowym zużyciem paliwa w róż-
nych warunkach pracy),
- właściwą jakość mieszanki (określoną jednorodnością mieszaniny w układzie dolotowym),
- właściwy skład mieszaniny (wyrażony współczynnikiem nadmiaru powietrza λ ,
odpowiednim dla różnych warunków pracy silnika),
- prawidłową współpracę z pozostałymi urządzeniami instalacji zasilającej
(reduktor i zawór dozujący), co jest szczególnie ważne w przypadku silników
o zapłonie samoczynnym zasilanych dwupaliwowo olejem napędowym i gazem
ziemnym.

3. KLASYFIKACJA I PRZEGLĄD KONSTRUKCJI MIESZALNIKÓW GAZU Z POWIETRZEM

Ogólnie mieszalniki można podzielić na trzy grupy:

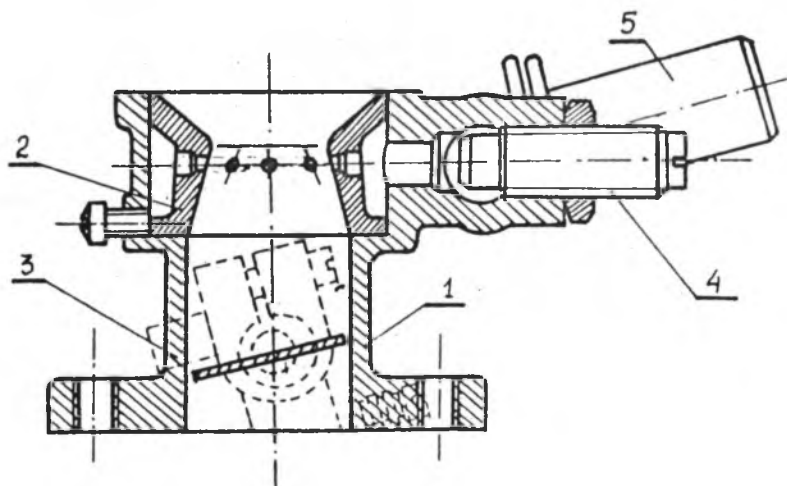
- mieszalniki do silników o zapłonie iskrowym, zasilanych wyłącznie gazem
ziemnym,
- mieszalniki do silników o zapłonie iskrowym, zasilanych alternatywnie ben-
zyną lub gazem,
- mieszalniki do silników o zapłonie samoczynnym, zasilane dwupaliwowo olejem
napędowym i gazem ziemnym.

Do pierwszej grupy należą więc mieszalniki, które ze względu na zasilanie silnika wyłącznie gazem ziemnym zastępuje gaźnik, który jest z tych silników usunięty. Najczęściej są to mieszalniki oparte na działaniu gardzieli w postaci zwięzki Venturiego z otworami lub szczelinami promieniowymi w miejscu największego przewężenia, umożliwiającymi przelot gazu (rys. 1, 2, 3).



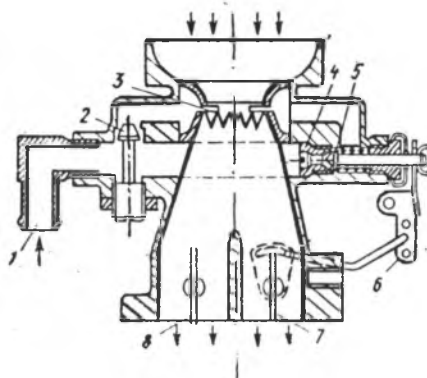
Rys. 1. Mieszalnik gazu z powietrzem typu zwężkowego do silnika o zapłonie iskrowym, zasilanego tylko paliwem gazowym: 1-korpus, 2-zwężka, 3-przepustnica mieszanki, 4-króćce wlotu gazu, 5-śruba regulacyjna składu mieszanki

Fig. 1. The air-gas mixer for combustion engine



Rys. 2. Mieszalnik gazu z powietrzem typu zwężkowego do silnika o zapłonie iskrowym zasilanego tylko paliwem gazowym: 1-korpus, 2-gardziel, 3-przepustnica mieszanki, 4-śruba regulacyjna składu mieszanki dla pełnego obciążenia, 5-przewód elastyczny wlotu gazu

Fig. 2. The air-gas mixer for combustion engine



Rys.3. Mieszalnik typu zwężkowego ze szczelinami wylotowymi i urządzeniem wzbogacającym mieszankę do silnika o zapłonie iskrowym zasilanego tylnym paliwem gazowym: 1-wlot gazu, 2-dławik regulacji składu mieszanki, 3-szczeliny wylotowe, 4-dysza zaworu urządzenia wzbogacającego, 5-zawór urządzenia wzbogacającego, 6-dźwignia przepustnicy mieszanki, 7 i 8-przepustnice mieszanki

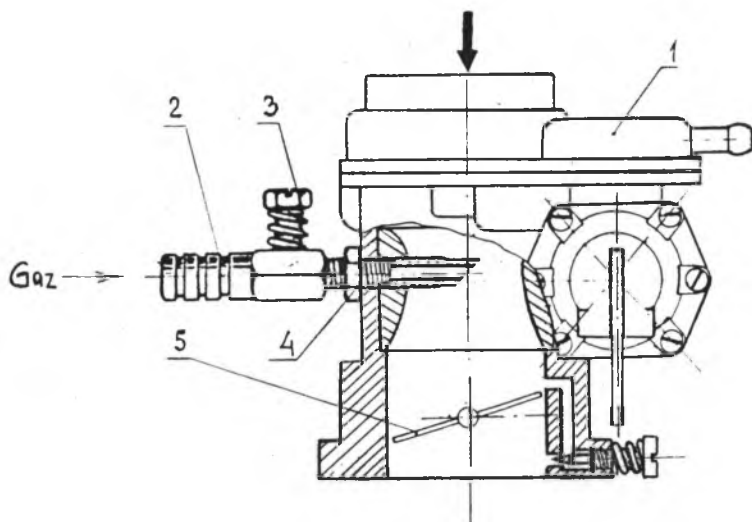
Fig.3. The air - gas mixer with outlet dink

Częścią integralną tych konstrukcji są przepustnice oraz śruby regulacyjne składu mieszanki, ponadto mieszalnik przedstawiony na rysunku 3 jest wyposażony w zawór służący do wzbogacania mieszanki w górnym zakresie prędkości obrotowej i przy dużym obciążeniu, spełniając tym samym funkcję oszczędzacza paliwa.

Drugą grupę tworzą mieszalniki stosowane w silnikach o zapłonie iskrowym, które mogą być zasilane alternatywnie benzyną lub gazem. W tym przypadku mieszalnik stanowi uzupełnienie istniejących gaźników samochodowych.

Najprostsze rozwiązanie w tej grupie mieszalników polega na adaptacji gaźnika (rys.4) przez wyposażenie go w dyszę wkręconą promieniowo w otwór wykonany w korpusie gaźnika, w miejscu największego przewężenia gardzieli. Śruba umieszczona prostopadłe do osi dyszy służy do regulacji składu mieszanki przy maksymalnej prędkości obrotowej silnika. Tego rodzaju adaptacja znajduje zastosowanie w tych gaźnikach jednogardzielowych, w których grubość ścianki korpusu umożliwia zamocowanie dyszy. W przypadku dwugardzielowych gaźników najczęściej stosuje się mieszalniki płytkowe umieszczone w postaci

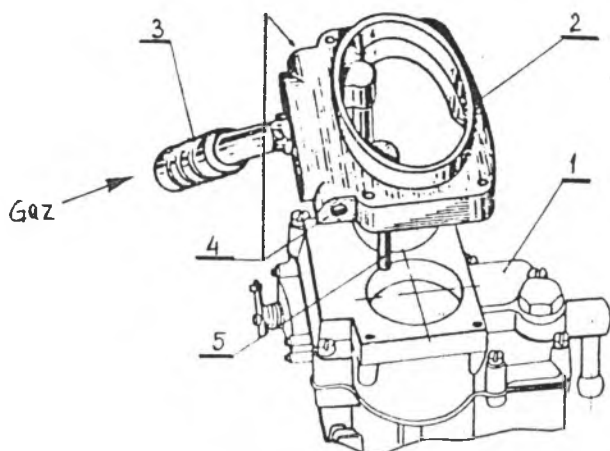
wkładki pomiędzy filtrem powietrza i gaźnikiem (rys.5) lub mieszalniki rurkowe umieszczone wewnątrz filtra powietrza (rys.6). Zespół dysz w tym rozwiązaniu mocowany jest do górnej części korpusu gaźnika za pośrednictwem odpowiedniego wspornika.



Rys. 4. Przykład adaptacji gaźnika do zasilania dwupaliwowego benzyną lub gazem: 1-gaźnik, 2-dysza wylotowa gazu, 3-śruba regulacji składu mieszanki, 4-przeciwnakrętka, 5-przepustnica mieszanki

Fig.4. The example of a carburettor for dual-fuel powered combustion engines

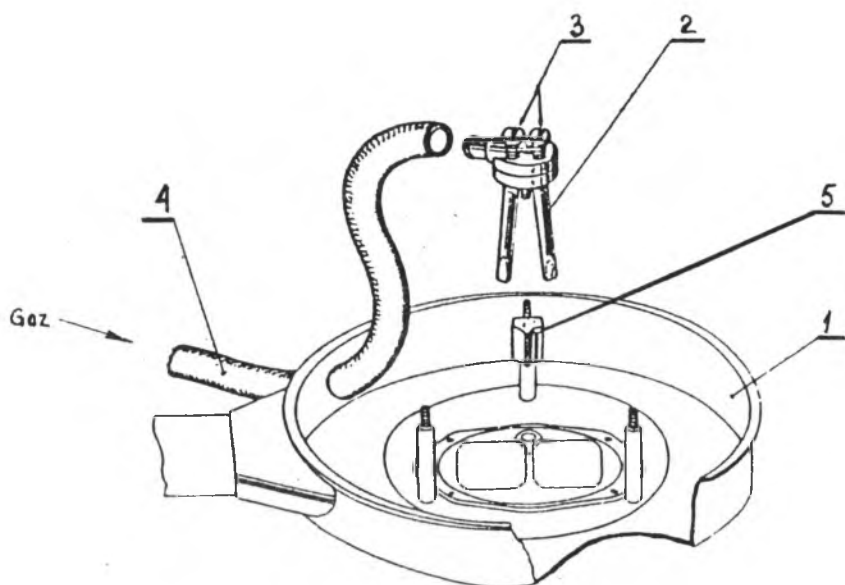
Na rysunku 7 przedstawiony jest mieszalnik płytkowy wyposażony w dodatkowe przepustnice powietrza zamykane siłownikiem elektromagnetycznym. Przepustnice te ograniczają przepływ powietrza przy zasilaniu silnika paliwem gazowym, co gwarantuje właściwy skład mieszanki gazowo-powietrznej. Nadmiernemu wzbogaceniu mieszanki przy zasilaniu gazem zapobiegają odpowiedniej wielkości otwory środkowe wykonane w przepustnicach.



Rys.5. Mieszalnik gazu z powietrzem w postaci wkładki pomiędzy filtrem powietrza i gaźnikiem: 1-gaźnik, 2-wkładka, 3-króciec wlotu gazu, 4-śruby regulacji składu mieszanki w zakresie maksymalnego obciążenia, 5-dysze wylotowe gazu

Fig.5. The air - gas mixer as an insert between air cleaner and carburettor

Zupełnie inne tendencje w budowie mieszalników prezentuje mieszalnik firmy BEAM pokazany na rysunku 8. Stanowi on jedną konstrukcyjną całość z filtrem powietrza. Zawiera urządzenie wzbogacające mieszankę, a więc oszczędzacz, sterowany w tym przypadku podciśnieniowo. Ponadto mieszalnik został zaopatrzony w dodatkową przepustnicę powietrza, zamykaną ręcznie za pośrednictwem cięgna wówczas, gdy silnik zasilany jest gazem ziemnym. Mieszalnik ten reprezentuje najnowsze tendencje w budowie mieszalników przeznaczonych dla silników o zapłonie iskrowym zasilanych alternatywnie benzyną lub gazem, zgodnie z którymi mieszalniki wyposaża się w tzw. korektory składu mieszanki sterowane mechanicznie lub za pomocą siłowników podciśnieniowych. Znane są też rozwiązania, w których sterowanie korektorem składu mieszanki odbywa się za pomocą silnika krokowego współpracującego z sensorowym czujnikiem położenia przepustnicy.



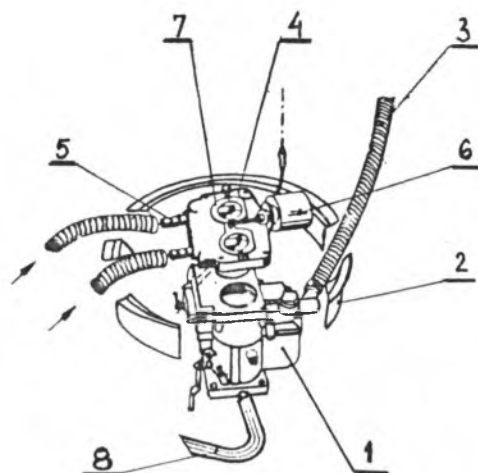
Rys. 6. Mieszalnik gazu z powietrzem w postaci zespołu dysz umieszczonych wewnątrz filtra powietrza: 1-osłona filtra powietrza, 2-dysze wylotowe gazu, 3-śruby regulacyjne składu mieszanki w zakresie maksymalnego obciążenia, 4-przewód elastyczny

Fig. 6. The air - gas mixer as a group of jets

Trzecią grupę stanowią mieszalniki do silników o zapłonie samoczynnym zasilane dwupaliwowo olejem napędowym i gazem ziemnym. W silnikach tych w zależności od przyjętego sposobu regulacji stosowane są dwa rodzaje mieszalników. Jeśli jest stosowana regulacja jakościowa, to nie ma potrzeby umieszczania w mieszalniku przepustnicy mieszanki, ograniczając jego konstrukcję do elementów przedstawionych na rysunku 9.

W przypadku natomiast stosowania regulacji ilościowej mieszalnik musi być wyposażony w przepustnicę mieszanki (rys. 10).

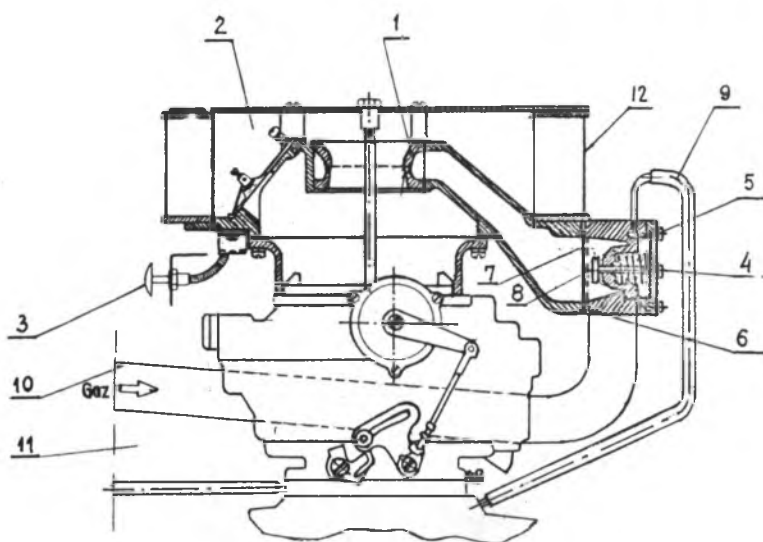
Mieszalnik "B & B" jest wyposażony w gardziel o kształcie zwężki Venturiego, z otworami wylotowymi dla gazu umieszczonymi w miejscu największego przewężenia zwężki. Gardziel ta przesunięta jest w kierunku poprzecznym w stosunku do ścianki korpusu, którego średnica wewnętrzna jest znacznie większa od zewnętrznej średnicy gardzieli. Uzyskana w ten sposób wolna przestrzeń o kształcie półksiężyca umożliwiła dodatkowy dopływ powietrza (poza powietrzem



Rys.7. Mieszalnik gazu z powietrzem w postaci płytki z dyszami i przepustnicami powietrza zamykanymi siłownikiem elektromagnetycznym: 1-gaźnik, 2-osłona filtra powietrza, 3-przewód doprowadzający benzynę, 4-płytki z dyszami i przepustnicami, 5-króćce wlotowe gazu, 6-siłownik elektromagnetyczny, 7-przepustnica powietrza, 8-przewód podciśnienia

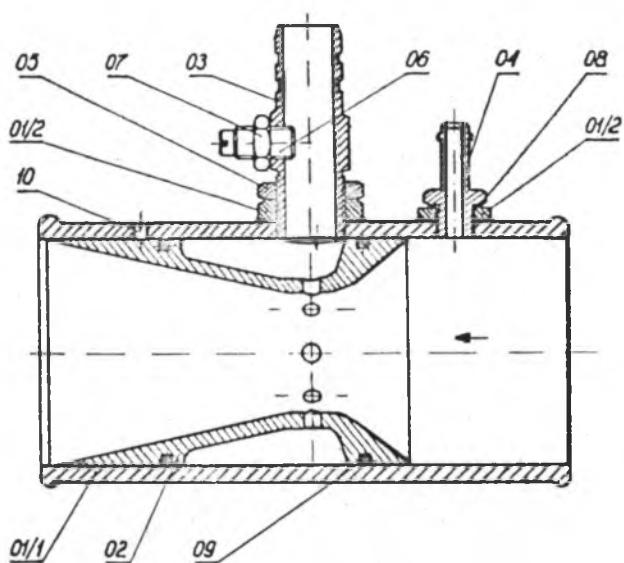
Fig.7. The air mixer with jets and throttles

dostarczany do gardzieli) do silnika zasilanego tylko olejem napędowym. W przypadku zasilania silnika dwupaliwowo olejem napędowym i gazem ziemnym przestrzeń ta jest zamknięta dodatkową przepustnicą powietrza.



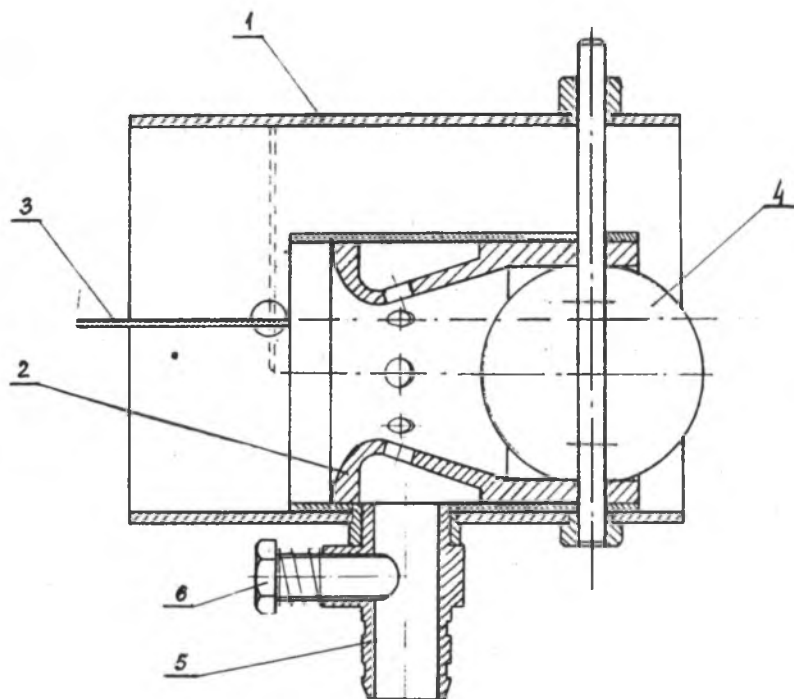
Rys. 8. Mieszalnik gazu z powietrzem typu zwężkowego z urządzeniem wzbogacającym mieszankę, sterowanym podciśnieniowo do silnika o zapłonie iskrowym zasilanym alternatywnie benzyną lub gazem: 1-zwężka z otworami wylotowymi, 2-przysłona dodatkowego powietrza przy zasilaniu benzyną, 3-ciężno przysłony, 4-urządzenie wzbogacające, 5-zawór, 6-przysłona z otworami, 7-otwór o regulowanym przełocie, 8-grzybek zaworu, 9-przewód podciśnienia, 10-dolot gazu, 11-gaźnik, 12-filtr powietrza

Fig. 8. The air mixer with carburettor unit



Rys. 9. Mieszalnik gazu z powietrzem do silnika o zapłonie samoczynnym z regulacją jakościową

Fig. 9. The air-gas mixer for a diesel engine



Rys.10. Mieszalnik gazu z powietrzem firmy B & B Engineering do silnika o zapłonie samoczynnym z regulacją ilościową
 Fig.10. The air-gas mixer for a diesel engine (B and B Engineering)

4. PODSUMOWANIE

Zasadnicze cechy charakteryzujące gaz ziemny pozwalają określić go jako w pełni alternatywne paliwo dla trakcyjnych silników spalinowych. Zaostrzające się przepisy dotyczące zawartości i ilości składników toksycznych w spalinach stawiają paliwo metanowe w rzędzie paliw przyszłościowych, przynajmniej do czasu opracowania i upowszechniania wysokoenergetycznych i tanich paliw w pełni ekologicznych, takich jak np. paliwo wodorowe. Stąd tak duże zainteresowanie, w ostatnich latach, układami zasilania gazem silników spalinowych, obserwowane w wielu krajach świata. O przydatności i celowości stosowania prezentowanych rozwiązań decydują ostatecznie wyniki badań

eksploatacyjnych. Brak krajowych współczesnych doświadczeń wymusił konieczność podjęcia prac w tym zakresie. Zaowocowało to w latach 1985-90 wieloma udanymi konstrukcjami elementów instalacji zasilających, opracowanymi w Instytucie Transportu Politechniki Śląskiej i wprowadzonymi do eksploatacji w różnych typach samochodów, wyposażonych w silniki z zapłonem iskrowym lub samoczynnym.

LITERATURA

- [1] Przybylski J.: Paliwa gazowe. AUTO-Technika Motoryzacyjna nr 11/1984.
- [2] Przybylski J., Dykier M.: Perspektywy stosowania paliw gazowych w transporcie samochodowym. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej. Seria Transport z. 3/1985.
- [3] Sprawozdanie z pracy naukowo-badawczej NB-302/RT/86 z lat 1986, 1987, 1988, 1989 i 1990, wykonywanych na zlecenie Centrum Uczelniano-Przemysłowego, Instytutu Pojazdów Samochodowych i Silników Spalinowych Politechniki Krakowskiej, w ramach resortowego programu badawczo-rozwojowego RR.01.08.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Bolesław Stolarski

Wpłynęło do Redakcji 1.12.1991 r.

A b s t r a c t

One of the important elements of the installation powering the combustion engine by the means of natural gas is the mixer. It must produce the mixture of gas and air in suitable proportions to make combustion, in any conditions of work of the combustion engine efficient and total.

The proper composition and the quality of the air-gas mixture is not an easy task to deal with. That is why some of the mixers are equipped with the additional devices. The aim of the activity of these devices is closer of the real characteristic with the ideal one.

The article deals, with full particulars, with the main goals of the air-gas mixture, from the point of view of the proper power indicators and high economy of the gas powered engines. The classification of mixers construction apply in diesel engines and in case of self-ignition was presented. The survey of the existing construction all over the world was made.

The directions of development and new technologies in building of the mixers designed for one and dual-fuel engines with the spark ignition were presented.