ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1991

Seria: TRANSPORT z.11 Nr kol. 995

Aleksander UBYSZ
Instytut Transportu
Politechnika Śląska

# ANALIZA UKŁADÓW PODAJĄCYCH PALIWO W ASPEKCIE WARUNKÓW EKSPLOATACYJNYCH SILNIKÓW ZS

Streszczenie: W artykule przeglądowym pt.: "Kierunki rozwoju układu podającego systemu zasilania silników ZS" przedstawiono różne rozwiązania konstrukcyjne układów podających paliwo do pompy wtryskowej w silnikach ZS pojazdów samochodowych i ciągników. Zaprezentowano zadania stojące przed układem i kryteria jego oceny, kilka z nich obszerniej omówiono w drugiej części, podając sposoby oceny niektórych z nich, jak np. zdolność filtrów do zatrzymywania wody zawartej w paliwie, zdolność do zatrzymywania zanieczyszczeń i in.

Wysoką wartość stanowią w artykule wskazówki dotyczące sposobu budowy układu podającego, maksymalnie odpornego na niską temperaturę otoczenia.

Na przykładach omówiono kierunki rozwoju takich zespołów w układzie, jak: zbiornika paliwa, filtrów dokładnego oczyszczania, podgrzewaczy paliwa i in. Zaprezentowano rozwiązania konstrukcyjne tych zespołów i całych układów takich znanych firm, jak: Komatsu, Caterpillar, Lucas CAV, Fram Co. i in.

Artykuł jako całość stanowi kompendium wiedzy dla specjalistów w tym zakresie.

Postawowym problemem w eksplotacji silników o zapłonie samoczynnym (ZS) jest zapewnienie - szczególnie przy niskiej temperaturze otoczenia - niezawodnej pracy systemu zasilania.

Ogólnie wiadomo, że w tych warunkach następuje krystalizacja w paliwie zawartych węglowodorów parafinowych oraz cząsteczek wody. Podstawowe prace, mające na celu wyeliminowanie tego zjawiska, idą w kierunku obniżenia tzw. temperatury zmętnienia węglowodorów parafinowych oraz zapobieżenia temu zjawisku w samym układzie podającym.

Temperaturę zmętnienia obniża się przez dodanie do paliwa określonego procentu nafty lub specjalnych dodatków, zwanych depresatorami [5]. Może to być zbędne przy odpowiednim skonstruowaniu poszczególnych zespołów i elementów układu podającego.

## 1. Rozwiązania konstrukcyjne układów podających

Do podstawowych zadań układu podającego paliwo do układu wtryskowego silnika ZS należy:

- utrzymanie stałego ciśnienia paliwa na wejściu do pompy wtryskowej,
- zatrzymanie zanieczyszczeń i wody zawartej w paliwie,
- usunięcie powietrza z systemu zasilania,
- wyrównanie temperatury między sekcjami i chłodzenie głowicy pompy wtryskowej.

Z wymienionych zadań układu wynikają niektóre kryteria oceny układu. Do podstawowych kryteriów oceny należą:

1. Zdolność i czas doprowadzenia paliwa do pompy wtryskowej silnika w określonym przedziale temperatur otoczenia.
2. Efektywność zatrzymywania zanieczyszczeń mechanicznych i wody (wyrażana procentem zatrzymanych zawartych w paliwie ilości zanieczyszczeń lub zemulgowanej wody).
3. Skłonność układu do zapowietrzania oraz zdolność do odpowietrzania się.
4. Stopień złożoności i częstotliwość wymaganych czynności obsługowych.

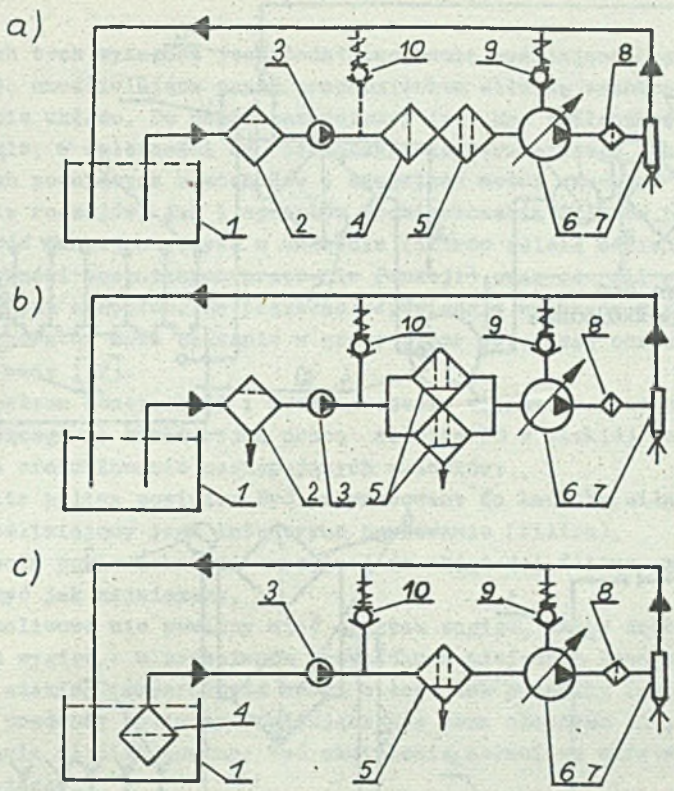
Zdolność i czas doprowadzenia czystego paliwa do pompy wtryskowej decyduje - poza warunkami w komorze spalania - o czasie rozruchu silnika, szczególnie zimą.

Kryterium stopnia filtracji paliwa z zanieczyszczeń mechanicznych i wody ma decydujący wpływ na długość okresu międzynaprawczego pomp wtryskowych i wtryskiwaczy, a także - przede wszystkim w pompach rozdzielaczowych - na skłonność do korozji.

Układy podające można oceniać również pod kątem skłonności do zapowietrzania się oraz pod kątem czasu niezbędnego do odpowietrzenia układu. Decydujący wpływ ma na nie rozwiązanie konstrukcyjne całego układu jak i poszczególnych jego zespołów oraz połączeń między nimi. Skłonność do zapowietrzania się paliwa w układzie jest tym mniejsza, im większa jest hermetyczność połączeń, szczególnie po stronie ssącej. Natomiast zdolność układu do wyprowadzania powietrza poza układy podający i wtryskowy zależy od ilości zastosowanych w układzie przewodów nadmiarowych (przelewowych) i ciśnienia dławienia nastawionego w zaworach tych przewodów oraz miejsca ich podłączenia.

Na czas odpowietrzania układu ma również wpływ wzajemne położenie zespołów względem siebie w płaszczyźnie pionowej, a także dobór odpowiednich wartości ciśnień otwarcia zaworów w przewodach przelewowych.

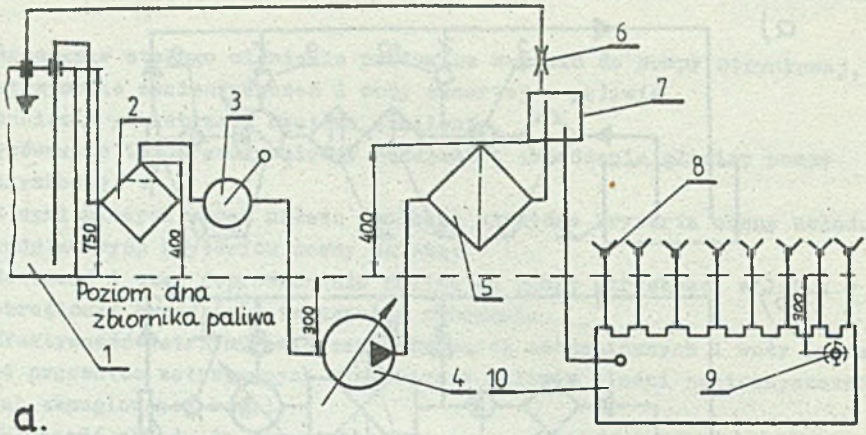
Różne warunki eksploatacji silników ZS w samochodach i ciągnikach znalazło odbicie w budowie układu podającego. Trudny dostęp oraz dążność do minimalizacji czynności obsługowych układu w samochodach wymaga stosowania układu z zaworem przelewowym w pompie wtryskowej i dławika w filtrze. Na rys.01 przedstawiono schematy typowych układów podających silników samochodowych [1] . Poza odprowadzeniem powietrza zawory 9 i 10 zabezpieczają układy filtracyjne przed nadmiernym przepływem paliwa, a w pompie wtryskowej zapewniają odpowiednie chłodzenie głowicy pompy. Wadą tych układów jest 3-5-krotnie większy przepływ paliwa przez układ niż tego wymagają warunki pracy silnika [13] .

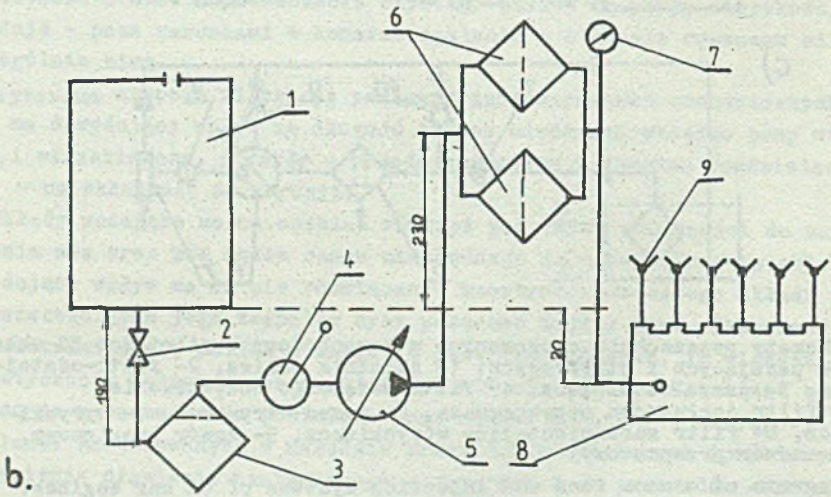



Rys.01.Schematy powszechnie stosowanych w samochodowych silnikach ZS układów podających i wtryskowych: 1- zbiornik paliwa, 2- filtr-odstojnik, 3- pompa zasilająca, 4- filtr wstępnego oczyszczania, 5- filtr dokładnego oczyszczania, 6- pompa wtryskowa, 7- wtryskiwacz, 8- filtr zabezpieczający wtryskiwacz, 9- zawór przelewowy, 10- zawór przepustowy

Fig.1. Diagrams of common feed and injection systems of CI car engines: 1- fuel tank, 2- seperator filter, 3- feed pump, 4- coarse filter, 5- fine filter, 6- inijection pump, 7- inijector, 8- inijector protection filter, 9- overflow valve, 10- throttle valve

Łatwy dostęp do silnika ZS w ciągnikach i maszynach roboczych pozwala na uproszczenie układu podającego, a w przypadku zapewnienia wysokiej szczelności układu można stosować układy zamknięte, bez przewodów przelewowych. Na rys.02 przedstawiono rozwiązanie układu podającego ciągników dwu znanych firm. Przy ewentualnym zapowietrzeniu się któregokolwiek z układów do odpowietrzania używa się odpowiedni korek lub złączkę przewodu łączącego zespoły układu. Zaletą układów podających zamkniętych jest minimalny niezbędny przepływ paliwa przez filtry, co w niskiej temperaturze otoczenia znacznie zmniejsza prawdopodobieństwo jego zatkania kryształkami węglowodorów parafinowych.




Rys.02. Schemat układu podającego w silniku ciągnika Caterpillar D-9H (b) i Fiat-Allis FD-30 (a): 1- zbiornik paliwa, 2,3- filtr zgrubnego oczyszczania, 3,4- ręczna pompka zasilająca, 4,5- pompa zasilająca, 5,6- filtry dokładnego oczyszczania, 10,8- pompa wtryskowa, pozostałe oznaczenia (a): 6- dysza, 7- komora filtrująca, 8- wtryskiwacze, 9- wkręt odpowietrzający i (b): 2- zawór odcinający, 7- manometr

Fig.2. Diagram of the fuel feed system in the Caterpillar D-9H tractor's engine (b) and Fiat-Allis FD-30 tractor's engine (a): 1- fuel tank, 2,3- coarse filter, 3-4- hand feed pump, 4,5- feed pump, 5,6- fine filers, 10,8- injections pump, the remaining designations (a): 6- nozzle, 7- filter chamber, 8- injectors, 9- vent screw and (b): 2-cut-off valve, 7- pressure gauge

W układach tych wymagana jest dodatkowa pompa zasilająca (ręczna lub elektryczna), umożliwiająca przed urochomieniem silnika ewentualne odpowietrzenie układu. Do pompy zasadniczej jest ona podłączona szeregowo lub równolegle, w zależności od rozwiązania konstrukcyjnego obu pomp.

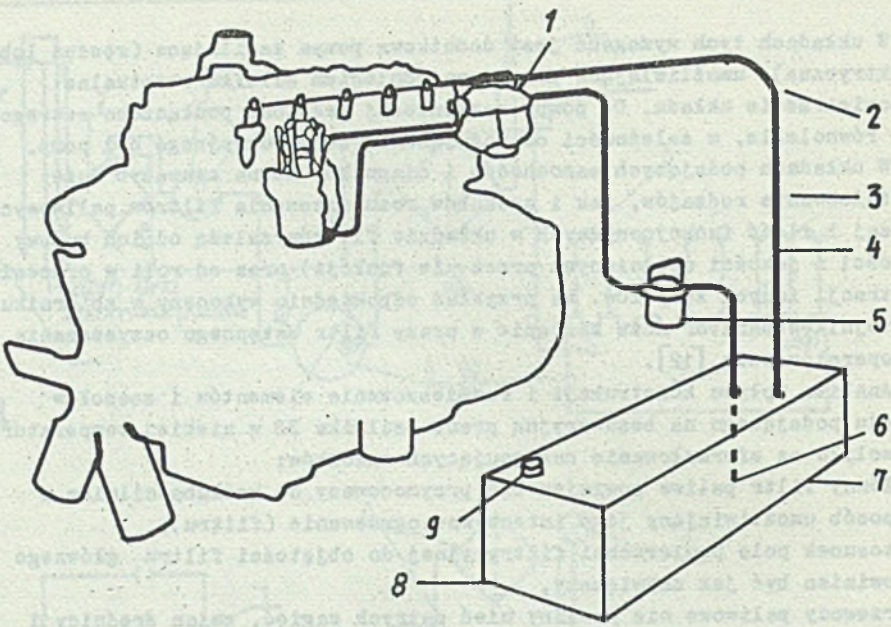
W układach podających samochodów i ciągników można zauważyć duże zróżnicowanie rodzajów, jak i sposobów rozmieszczenia filtrów paliwowych. Rodzaj i ilość funkcjonujących w układzie filtrów zależą od ich budowy (ilości i jakości spełnianych przez nie funkcji) oraz od roli w procesie filtracji innych zespołów. Na przykład odpowiednio wykonany w zbiorniku odstojnik-separator może zastąpić w pracy filtr wstępnego oczyszczania i separator wody [12].

Analiza wpływu konstrukcji i rozmieszczenia elementów i zespołów układu podającego na bezawaryjną pracę silnika ZS w niskiej temperaturze pozwoliła na sformułowanie następujących wniosków:

- główny filtr paliwa powinien być przymocowany do kadłuba silnika w sposób umożliwiający jego intensywne ogrzewanie (filtru),
- stosunek pola powierzchni filtrycyjnej do objętości filtru głównego powinien być jak największy,
- przewody paliwowe nie powinny mieć ostrych zagięć, zmian średnicy i syfonowych wygięć - w przeciwnym przypadku w miejscach tych mogą się tworzyć w niskiej temperaturze korki z lodu lub parafiny (rys.3),
- wszystkie przewody paliwowe znajdujące się poza obszarem cieplnego oddziaływania silnika powinny być skutecznie osłonięte warstwą materiału izolacyjnego,
- odstojnik paliwa nie powinien być wyposażony w filtr siatkowy, na którym może - w wyniku krystalizacji parafiny i wody - wystąpić warstwa tamująca przepływ,
- smok paliwa, z powodów jak wyżej, również nie powinien mieć filtru siatkowego,
- zbiornik paliwa nie powinien być w czasie jazdy omywany zimnym powietrzem, a w przeciwnym przypadku należy go cieplnie izolować,
- filtr siatkowy o dużej zdolności oczyszczania powinien być tylko we wlewie zbiornika paliwa [2,12].

Konieczność stosowania w filtrach głównych paliwa dużej powierzchni filtracyjnej wynika z konieczności uniknięcia zatkania się filtru w czasie rozruchu silnika w niskiej temperaturze. Im mniejsza powierzchnia filtracyjna, tym większe prawdopodobieństwo zatkania filtra zanim paliwo zdąży podgrzać się od rozgrzewającego się silnika.

Wpływ innych czynników konstrukcyjnych i eksploatacyjnych zostanie omówiony poniżej.




Rys.03. Przykład prawidłowego rozwiązania układu podającego na pojeździe i silniku ZS 1- filtr główny podgrzewany od silnika, 2- zgięcie przewodu po dużym promieniu, 3- przewód o stałym przekroju bez węższych połączeń, 4- izolacja przewodów oddalonych od silnika, 5- odstojnik bez siatkowego ekranu, 6- zakończenie przewodu bez filtra, 7- izolacja zbiornika paliwa, 8- zawór spustowy, 9- filtr siatkowy w króćcu wlewowym zbiornika

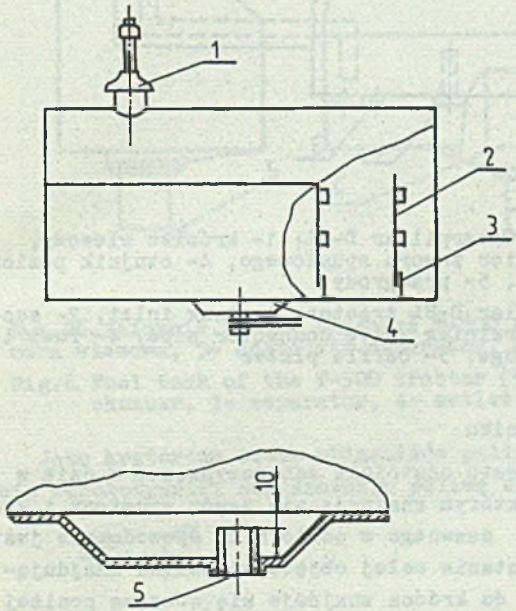
Fig.3. Exauple of a proper design of the fuel feed system in the vehicle and CI engine 1- main filter heated form the engine, 2- pipe bend over large radius, 3- constant section pipe with no narrower connections, 4- insulation of the pipes distant from the engine, 5- seperator without gauze screen, 6- pipe tip without filter, 7- fuel tank insulation, 8- draining valve, 9- screen filter in the tank inlet

## 2. Szczegółowa analiza rozwiązań konstrukcyjnych zespołów układu podającego silników ZS

Analizę układów podających systemów zasilania i tendencje ich rozwoju można przeprowadzić z punktu widzenia spełnianych przez nie następujących funkcji:

- kontroli i diagnostyki stanu układu podającego (czujniki: ciśnienia paliwa za pompą podającą i filtrami, poziomu paliwa w zbiorniku, poziomu zanieczyszczeń w odstojnikach i filtrach),
- oczyszczania w zbiornikach paliwa (sposoby gromadzenia i usuwania zanieczyszczeń i osadów),

- doprowadzenia paliwa do pompy wtryskowej i odpowietrzania układu,
- filtracji paliwa,
- zapewnienia płynności paliwa w niskich temperaturach.




Rys.04. Zbiornik paliwa ciągnika Komatsu D-355A i D-455A: 1- wlew paliwa, 2- przegroda górna, 3- przegroda dolna, 4- odstojnik, 5- króciec wylotowy

Fig.4. Fuel tank of the Komatsu D-355A and D-455A tractors: 1- fuel filler, 2- upper baffle plate 3- lower baffle plate, 4- separator, 5- tank outlet

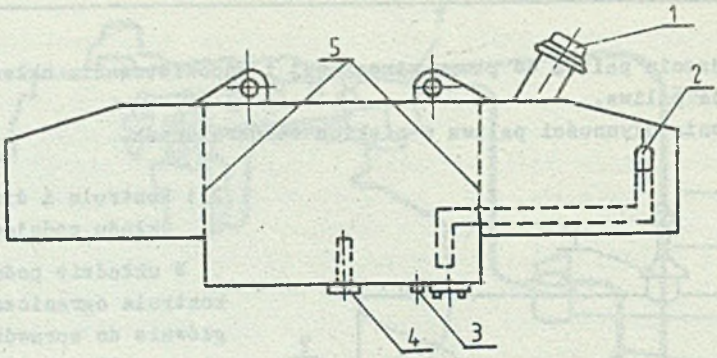
## 2.1 Kontrola i diagnostyka układu podającego

W układzie podającym kontrola ogranicza się głównie do sprawdzania poziomu paliwa w zbiorniku i do kontroli ciśnienia paliwa przed pompą wtryskową.

Ze względu na dużą wrażliwość silników ZS na zapowietrzenie układu podającego w niektórych rozwiązaniach montuje się dodatkowe czujniki granicznego poziomu paliwa w zbiorniku ze świetlnym sygnałem w kabinie kierowcy. W większości rozwiązań wskaźniki elektryczne poziomu paliwa dublowane są zamontowanymi we wlewie paliwa prętowymi wskaźnikami z podziałką.

Ze względu na wrażliwość aparatury wtryskowej silników ZS na zanieczyszczenia mechaniczne i wodę w pojazdach samochodowych i ciągnikach często instaluje się sygnalizatory granicznego poziomu wody w odstojniku (w systemach zasilania z pompami wtryskowymi rozdzielaczowymi) i dopuszczalnego zanieczyszczenia filtrów dokładnego oczyszczania.

Bardzo ważnym parametrem diagnostycznym w układzie podającym jest wartość ciśnienia paliwa w układzie przed pompą wtryskową. Na jej podstawie można ocenić stopień zanieczyszczenia wkładu filtracyjnego w filtrze głównym, jakość pracy pompy podającej i opory przepływu paliwa w okresie rozruchu silnika w warunkach zimowych.




Rys.05. Zbiornik paliwa ciągnika Caterpillar D-8L: 1- króciec wlewowy, 2- króciec ssący, 3- króciec zaworu spustowego, 4- czujnik poziomu paliwa, 5- przegrody

Fig.5. Fuel tank of the Caterpillar D-8L tractor: 1- tank inlet, 2- suction connector pipe, 3- draining valve connector pipe, 4- fuel level gauge, 5- baffle plates

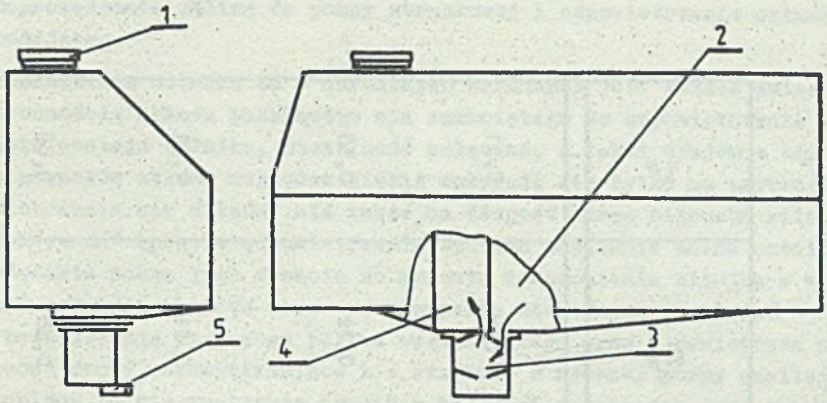
## 2.2 Oczyszczanie paliwa w zbiorniku

Zbiorniki paliwa posiadają często odstojnik zanieczyszczeń w dnie w postaci wytłoczenia (rys.04), w którym znajduje się zawór spustowy i króciec ssawny. Umieszczenie króćca ssawnego w odstojniku spowodowane jest dążeniem do umożliwienia wykorzystania całej objętości paliwa znajdującego się w zbiorniku, gdyż wlot do króćca znajduje się wówczas poniżej poziomu dna zbiornika paliwa. W odstojniku gromadzą się zanieczyszczenia stałe i woda, a zawór umieszczony w jego dnie umożliwia ich usunięcie. Pojemność komory odstojnika waha się od ~1 do kilkudziesięciu $dm^3$ (rys.05), w zależności od przyjętego rozwiązania konstrukcyjnego zbiornika. Często, w celu ich dokładnego oczyszczenia, komory odstojnika są odejmowane.

W warunkach dużego zapylenia powietrza przewiduje się zaopatrzenie zbiorników takich pojazdów, jak ciągniki i maszyny robocze w urządzenia umożliwiające szybkie i zamknięte hermetyzowane napełnianie zbiornika paliwem [6].

Przedstawione rozwiązania odzwierciedlają stałą tendencję zagranicznych firm do dokładnego przestrzegania warunków przechowywania i transportu paliwa oraz napełniania zbiorników paliwa pojazdów paliwem wysokiej jakości.

Na uwagę zasługuje rozwiązanie konstrukcyjne zbiornika ciągnika T-500, którego odstojnik-separator (rys.06) ma zwiększone zdolności zatrzymywania wody i wychwytywania zanieczyszczeń o wymiarach już od 30 μm wzwyż. W tym systemie zasilającym filtr zgrubnego oczyszczania nie występuje [12].




Rys.06. Zbiornik paliwa ciągnika T-500 (ZSRR): 1- króciec wlewowy, 2- komora wlewowa, 3- odstojnik separator, 4- komora wyjściowa, 5- zawór

Fig.6. Fuel tank of the T-500 tractor (USSR): 1- tank inlet, 2-inlet chamber, 3- separator, 4- outlet chamber, 5- valve

Jako kryterium oceny zbiorników paliwa i układów podających stosuje się współczynniki oczyszczania paliwa z wody w zbiorniku:

$$K_w^{zb} = \frac{V^{zb}}{V}$$

i w układzie podającym:

$$K_w^{s} = \frac{V^{zb} + V^{Fw}}{V},$$

gdzie:

$V^{zb}$ - ilość wody spuszczonej ze zbiornika przez zawór spustowy przy poziomym położeniu zbiornika,

$V^{Fw}$ - ilość wody spuszczonej z filtru wstępnego oczyszczania,

$V$ - ilość wody wprowadzonej wraz z paliwem do zbiornika,

Jak widać z danych zamieszczonych w tabl.1, paliwo zawierało 2,5% wody (normy nie dopuszczają do eksploatacji paliw z zawartością wody powyżej 0,1% - wg PN-66/C-96048). Cykl badań zawierający pracę ciągnika w różnych warunkach trwał 10 godzin. Wyniki świadczą o tym, że konstrukcje zachodnich układów oczyszczania paliwa z wody nie są przystosowane do pracy przy tak dużej zawartości wody w paliwie. Niska zdolność zatrzymywania wody w tych układach wynika z nieprzystosowania odstojników do takich jej zawartości w paliwie, do czego nie są również przystosowane pojemności filtrów wstępnych. Po wypełnieniu się odstojnika i filtru wodą jej pozostała część jest przepuszczalna dalej [12] .

Tablica 1

Zdolność do zatrzymywania wody przez układy podające silników ZS wybranych ciągników

| Marka ciągnika | Ilość wlana do zbiornika | | Ilość wody zatrzymanej w: | | $K_w^{Zb}$ | $K_w^{s}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | paliwa $dm^3$ | wody $cm^3$ | zbiorniku $cm^3$ | filtrze wstępnym $cm^3$ | | |
| D - 355A | 600 | 1500 | 670 | 95 | 0,45 | 0,51 |
| D - 9H | 600 | 1500 | 630 | 195 | 0,42 | 0,55 |
| FD - 30 | 600 | 1500 | 315 | 3 | 0,21 | 0,21 |
| T - 500 | 1000 | 2500 | 2190 | - | 0,88 | 0,88 |

## 2.3 Doprowadzenie paliwa do pompy wtryskowej i odpowietrzanie układu podającego

Uruchomienie silnika ZS w normalnych warunkach jest ściśle związane ze skłonnością układu podającego nie zamkniętego do zapowietrzania się w czasie postaju silnika. Szczelność połączeń, a także wzajemne usytuowanie zespołów układu względem siebie wpływają nie tylko na szybkość zapowietrzania się układu, ale także na długość czasu rozruchu silnika.

Efektywność sposobu odpowietrzania systemu zasilania można ocenić na podstawie czasu jego trwania do momentu uruchomienia silnika w wyniku dwóch 5-sekundowych prób oraz - w przypadku niektórych rozwiązań - ilością bezpowrotnie traconego paliwa wyciekającego wraz z powietrzem przez odkręcone śruby odpowietrzające i - rzadko - z ręcznej pompy zasilającej.

Problemy te nie występują często w układach podających typu zamkniętego (brak zjawiska zapowietrzania) i w układach z zaworem przelewowym w pompie wtryskowej i z dławikiem w filtrze głównym.

Wyniki badań świadczą, że najszybciej można odpowietrzyć i uruchomić - przy najmniejszej ilości traconego paliwa - silniki ZS w pojazdach renomowanych firm zachodnich.

Z analizy rozwiązań konstrukcyjnych układów podających stosowanych przez te firmy w silnikach ZS wynika, że:

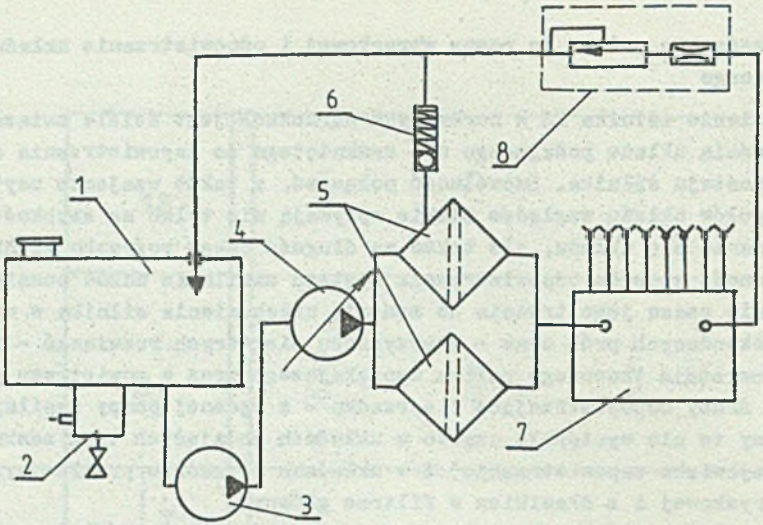
- filtr wstępnego oczyszczania i pompa zasilająca powinny znajdować się poniżej najniższego poziomu paliwa w zbiorniku,
- filtry dokładnego oczyszczania powinny być zdecydowanie nad pompą zasilającą i pompą wtryskową,
- przy nie zamkniętych układach podających powinno się stosować przewody odpowietrzające wyprowadzone do zbiornika z zespołu najwyżej położonego w układzie (filtr główny).

Ponieważ w silnikach ZS pojazdów samochodowych wniosek pierwszy jest trudny do spełnienia, układy podające zaopatrzone są w dodatkowe odpowietrzanie pompy wtryskowej (rys.07).

## 2.4 Filtry paliwowe

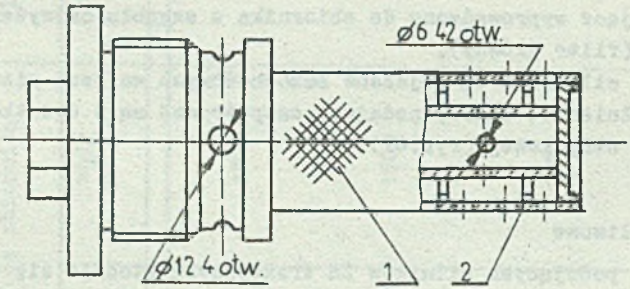
W układach podających silników ZS trakcyjnych stosuje się z reguły trzy rodzaje filtrów:

- filtry wstępne, najczęściej siatkowe, umieszczone na króćcu wylotowym ze zbiornika paliwa,
- filtry zgrubnego oczyszczania, położone najczęściej pomiędzy zbiornikiem i pompą zasilającą lub przy pompie,
- filtry dokładnego oczyszczania (główne), umieszczone w układzie za pompą zasilającą a przed pompą wtryskową.




Rys.07. Schemat zmodyfikowanego układu podającego ciągnika T-500: 1- zbiornik paliwa, 2- odstojnik z zaworem spustowym, 3- elektryczna pompa zasilająca, 4- pompa zasilająca, 5- filtry dokładnego oczyszczania, 6- zawór odprowadzania powietrza, 7- pompa wtryskowa, 8- zawór przelewowy z dyszą

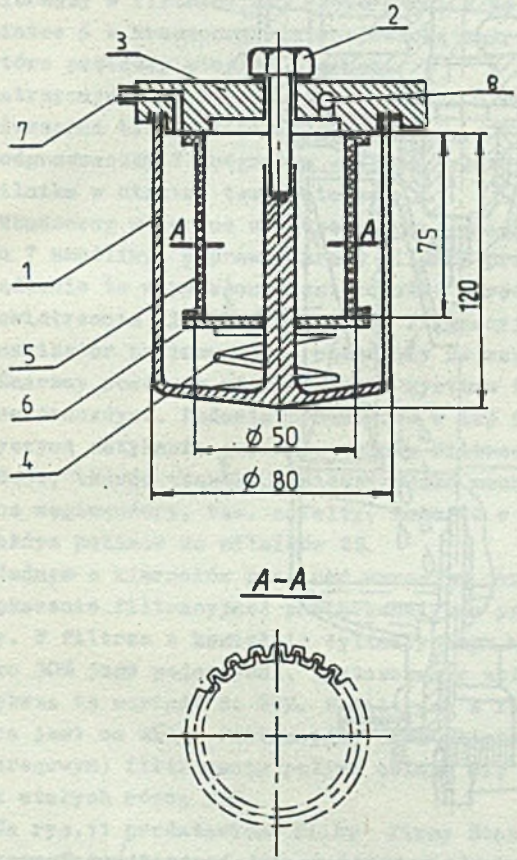
Fig.7. Diagram of the modified fuel feed system of the T-500 tractor: 1- fuel tank, 2- separator with the draining valve, 3- electric feed pump, 4- feed pump, 5- fine filters, 6- venting valve, 7- injection pump, 8- overflow valve with nozzle




Rys.08. Wstępny filtr siatkowy w zbiorniku paliwa ciągnika Komatsu D-355A i D-455A: 1- metalowa siatka z oczkami o boku 0,25 mm, 2- korpus

Fig.8. Preliminary gauge screen filter in the fuel tank of the Komatsu D-355A and D-455A tractors: 1- metal gauze with gauze mesh of 0,25 mm, 2- housing

Równocześnie - ze względu na dużą wrażliwość pomp wtryskowych na wodę w układach stosuje się zintegrowane z filtrami dokładnego oczyszczania separatory wody. Filtry wstępne (rys.08) wykonane są w formie króćca wkręconego w dno odstojnika zbiornika paliwa. Rozmiary i konstrukcja filtrów wstępnych nie zapewniają oddzielenia wody i zanieczyszczeń stałych mniejszych od wymiarów oczek w siatce (0,25 - 0,30 mm). Według zaleceń Brytyjskiego Stowarzyszenia Techników filtry te powinno się umieszczać w króćcu wlewowym zbiornika.

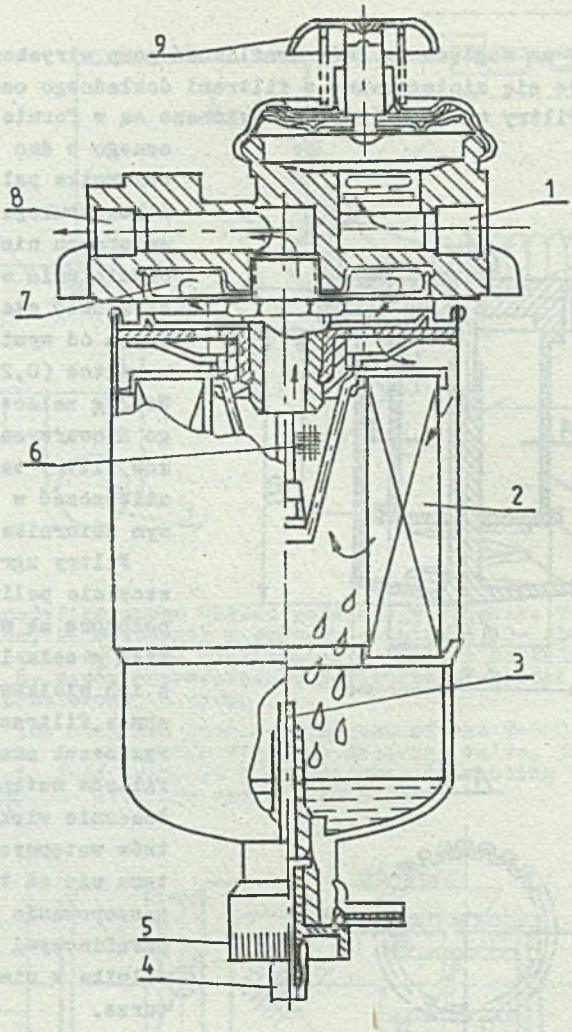



Rys.09. Filtr wstępnego oczyszczania ciągników Caterpillar D-8L i D-9L: 1-osłona filtru, 2-śruba ściągająca filtr, 3- korpus, 4- sprężyna, 5- siatkowy element filtrujący, 6- podkładka, 7- wlot paliwa, 8- wylot

Fig.9. Coarse filter of the Caterpillar D-8L and D-9L tractors: 1- filter shield, 2- filter bolt, 3- housing, 4- spring, 5- gauze screen filter element, 6- washer, 7- fuel inlet, 8- outlet

Filtry zgrubnego oczyszczania paliwa (rys.09) położone są w pobliżu silnika w celu ich ogrzewania, a ich siatkowa powierzchnia filtracyjna-o wymiarze oczek analogicznym do filtrów wstępnych-jest znacznie większa niż filtrów wstępnych. Dzięki temu nie są tak skłonne do zaczopowania węglowodorami parafinowymi przy rozruchu silnika w niskiej temperaturze.

W konstrukcji filtrów dokładnego oczyszczania istnieje na rynku producentów największe zróżnicowanie rozwiązań. W ostatnich latach w celu uproszczenia obsługi silników ZS pojawiła się tendencja łączenia wszystkich elementów filtrujących w jedno urządzenie, przy czym jego konstrukcja powinna umożliwiać szybką wymianę elementu filtrującego.




Rys. 10. Filtr dokładnego oczyszczania potrójnego działania firmy Fram Co: 1-wlot paliwa, 2-powierzchnia filtracyjna I stopnia, 3-czujnik poziomu wody, 4-przewód spustowy, 5-zawór spustowy, 6-siatka nylonowa II stopnia, 7-podgrzewacz termorezystorowy, 8-wylot paliwa, 9-pompka ręczna

Fig. 10. Triple-action fine filter prodeced by Fram Co: 1-fuel inlet, 2-1st stage filtering surface, 3-water level gauge, 4-draining pipe, 5-draining valve, 6-2nd stage nylon gauze, 7-thermoresistory heater, 8-fuel outlet, 9-hand pump

Pożądane jest, aby urządzenia takie wyposażone były w urządzenia sygnalizujące konieczność wymiany elementu filtrującego i opróżnienia osadnika.

Firma Fram Co. wyprodukowała filtr trzyfunkcyjny, który:

- oddziela wolną i zemulgowaną wodę na dwu stopniach (rys.10): pierwszy w filtracyjnej powierzchni 2 do osadnika i drugi na nylonowej siatce 6 z krzemoorganiczną powłoką zatrzymującą drobne kropelki wody, które przeszły stopień pierwszy,
- zatrzymuje zawarte w paliwie cząstki o średnicy powyżej 1,5 μm (na powierzchni bibuły filtracyjnej 2),
- podgrzewaczem 7 podgrzewa paliwo, ułatwiając w ten sposób rozruch silnika w niskiej temperaturze.

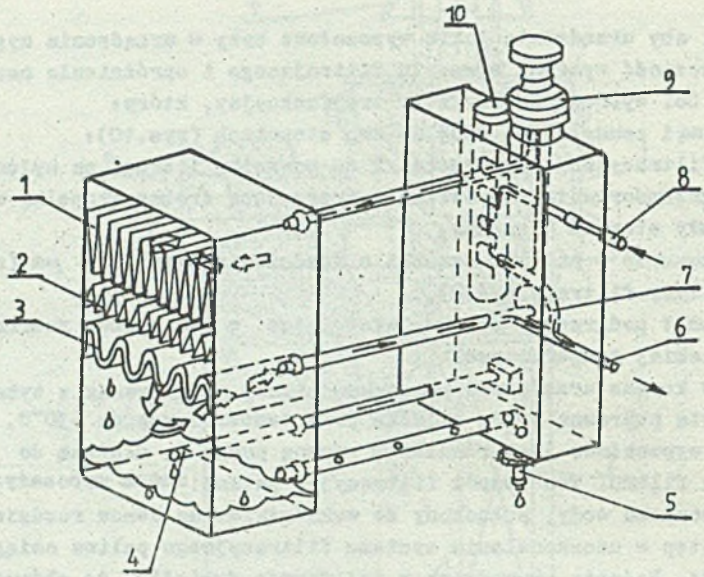
Wbudowany w korpus urządzenia półprzewodnikowy podgrzewacz z tytaniamu baru 7 umożliwia poprawną pracę silnika przy temperaturze do -30°C. Urządzenie to wyposażone jest również w ręczną pompę 9, służącą do odpowietrzania filtru. Ten zespół filtracyjny paliwa można wyposażyć w sygnalizator poziomu wody, połączony ze wskaźnikiem na desce rozdzielczej.

Znaczny postęp w udoskonalaniu systemu filtracyjnego paliwa osiągnęła firma Stanadyne. Badania prowadzone w tej firmie dowiodły, że główną przyczyną zatykania porów materiału filtracyjnego są nie, jak do tej pory uważano, twarde cząstki zanieczyszczeń mechanicznych, lecz wysokomolekularne węglowodory, tzw. asfalty, zawarte w mniejszej lub większej ilości w każdym paliwie do silników ZS.

Jednym z kierunków prac nad wzrostem okresu eksploatacji filtrów jest zwiększenie filtracyjnej powierzchni bez powiększania rozmiarów ich obudowy. W filtrze o kształcie cylindrycznym możliwe jest wykorzystanie tylko 30% jego pojemności. Zastosowanie spiralnych filtrujących elementów zwiększa tę wartość do 60%. W filtrach w formie graniastosłupów wykorzystana jest na wkład filtracyjny cała objętość, a przy dwustopniowym (szeregowym) filtrowaniu paliwa osiąga się skuteczność zatrzymywania cząstek stałych równą 99%.

Na rys.11 przdstawiono filtr firmy Stanadyne model 80 z wbudowanym do wnętrza podgrzewaczem, włączającym się automatycznie przy temperaturze paliwa poniżej +8°C [11].

Dużą wadą zwykłej bibuły filtracyjnej jest jej niezdolność do zatrzymywania zemulgowanej wody, powodującej korozję precyzyjnych elementów układu wtryskowego. Firma CR Industries rozwiązała ten problem, konstruując koalescentny element filtrujący, nasycony smołą, na której zachodzi rozdzielenie emulsji na wodę i paliwo oraz dużych kropli wody, opadających na dno osadnika. W filtrze "Scavenger III" tej firmy (rys.12) paliwo przechodzi przez trzy etapy filtracji, w wyniku których zatrzymane są zanieczyszczenia o średnicy powyżej 0,9 μm, a zawartość wody w paliwie spada do 4 ppm. Jest to możliwe dzięki zastosowaniu na drodze cząstek wody dodatkowej przeszkody w formie siatki 2 z polifluoroetylenową powłoką.




Rys.11. Nowa forma filtru firmy Stanadyne model 80: 1- I stopień, 2- II stopień filtracji, 3- separator wody, 4- czujnik poziomu wody, 5- zawór spustowy wody, 6- wylot paliwa, 7- czujnik drożności filtru, 8- wlot paliwa, 9- ręczna pompka, 10- podgrzewacz paliwa

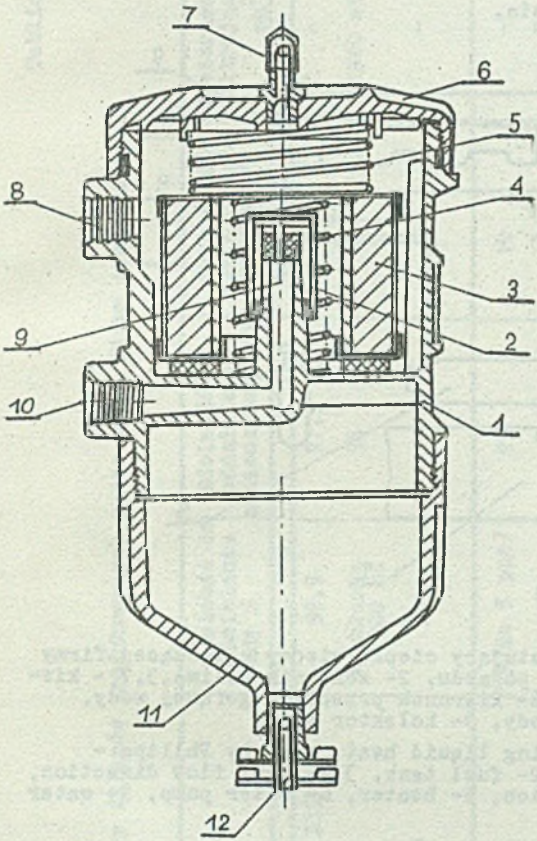
Fig.11. New form of Stanadyne 80 filter: 1-1st stage, 2-2nd stage of filtration, 3- water separator, 4- water level gauge, 5- water draining valve, 6- fuel outlet, 7- filter permeability detector, 8- fuel inlet, 9- hand pump, 10- fuel heater

Wychwytuje ona cząsteczki wody, które z powodu dużej prędkości przepływu paliwa lub silnych wibracji filtra przeszły przez powierzchnię filtracyjną 3. Filtr posiada przeźroczysty osadnik wody, a na życzenie nabywcy może być wyposażony w czujnik sygnalizujący jej graniczny poziom.

Biorąc pod uwagę wysokie wymagania odnośnie do termicznej i chemicznej trwałości oraz odporności na wibracje korpusu filtru firma w produkcji masowej odeszła po porowatych odlewów aluminowych na korzyść nowego materiału koncernu chemicznego Du Ponta o nazwie Byinte 545 PET ( w materiale 45% włókna szklanego). Pokrywę 6, którą nakręca się na korpus 1, wykonano z materiału Byinte 935 PET, który oprócz włókna szklanego zawiera mikę, obniżającą tarcie w rowkach gwintu.

Filtry, których konstrukcja i zasada działania jest podobna do wyżej przedstwionych, są produkowane przez wiele innych firm, jak np. Racor, CAV, Nelson i in. Firmy Centurion i Velcon rozpoczęły produkcję samowyłączających się filtrów. Zastosowano w nich wymienne filtrujące elementy, absorbujące wodę, której nadmiar blokuje przepustowość materiału filtracyjnego.

Produkowane są również filtry paliwa o prostszej konstrukcji. Mogą być wykonane w wersji rozbieralnej i nierozbieralnej [6] . W tabl.2 przedstawiono parametry wybranych filtrów wytwarzanych przez znane firmy zachodnie [6].




Rys.12. Filter Scavenger III firmy Stanadyne: 1- korpus, 2- II stopień filtracji, 3-I stopień filtracji, 4-5- sprężyny, 6- pokrywa, 7- zawór, 8- wlot paliwa, 9- kanał główny, 10- wylot paliwa, 11- zbiornik wody, 12- zawór spustowy

Fig.12. Scaveger III filter made by Stanadyne company: 1- housing, 2-2nd stage of filtration, 3- 1st stage of filtration, 4,5-springs 6- cover, 7- valve, 8- fuel inlet, 9- main channel, 10- fuel outlet, 11- water tank, 12- draining valve

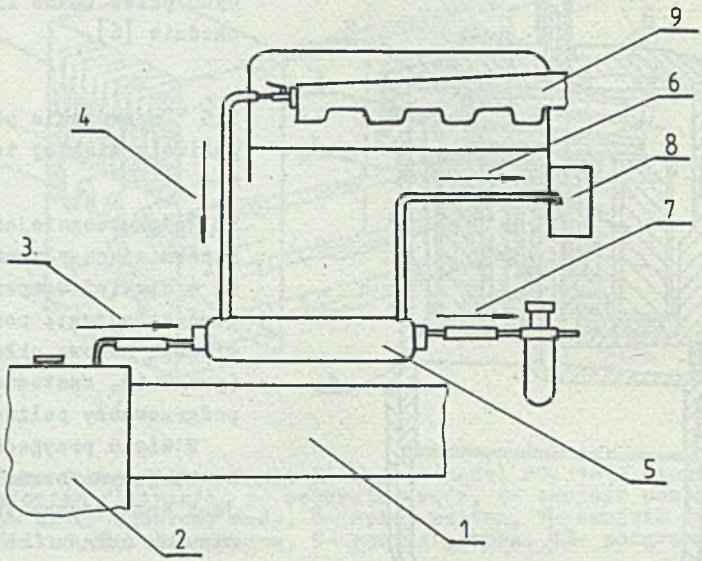
## 2.5 Zapewnienie płynności paliwa w niskiej temperaturze

Najskuteczniejszą metodą zapewniającą płynność paliwa w niskiej temperaturze otoczenia jest, poza odpowiednią budową układu (punkt 1), zastosowanie podgrzewaczy paliwa.

W wielu przypadkach zadowalającym rozwiązaniem jest dostateczna izolacja cieplna układu (zbiornik, przewody nie ogrzewane) oraz właściwa konstrukcja i usytuowanie zespołów na silniku. Jednak decydującym czynnikiem o zastosowaniu podgrzewaczy paliwa jest strefa klimatyczna, w której eksploatowany jest silnik.

W niskiej temperaturze przy rozruchu silnika szczególnie przydatne są podgrzewacze pobierające energię ze źródła niezależnego od ciepła wydzielanego przez silnik ZS. Do tej grupy podgrzewaczy można zaliczyć podgrzewacze elektryczne, zasilane najczęściej z baterii akumulatora pojazdów [3,9]. Poza tym podgrzewacze te są najczęściej stosowane na silniku w układzie podającym z uwagi na ich nieskomplikowany sposób mocowania ( nie są wymagane przeróbki instalacji

elektrycznej i paliwowej), małe wymiary i masę oraz małą bezwładność cieplną układu i możliwość pracy ze znamionową mocą natychmiast po uruchomieniu silnika. Wadą jest dodatkowe obciążenie akumulatora, co w warunkach zimowych nie jest bez znaczenia.




Rys.13. Podgrzewacz paliwa wykorzystujący ciepło cieczy chłodzącej firmy Phillips - Thermo: 1- rama pojazdu, 2- zbiornik paliwa,3,7 - kierunek przepływu paliwa, 4,6- kierunek przepływu gorącej wody, 5- podgrzewacz, 8- pompa wody, 9- kolektor wodny

Fig.13. Fuel heater using the cooling liquid heat, made by Philips - Thermo: 1- vehicle frame, 2- fuel tank, 3,7- fuel flow direction, 4,6- hot water flow direction, 5- heater, 8- water pump, 9- water collector

Dzięki zastosowaniu termostatu współczesne podgrzewacze nie wymagają sterowania z zewnątrz. Przy odpowiednio dobranej do silnika stałej mocy grzewczej podgrzewacza temperatura paliwa przepływającego przez układ reguluje się samoczynnie. Spadek temperatury paliwa powoduje zmniejszenie - w wyniku wzrostu oporów przepływu w filtrze dokładnego oczyszczania - prędkości przepływu paliwa, a więc jego dłuższe podgrzewanie i odwrotnie. Podgrzewany olej napędowy odblokuje filtr, a natężenie przepływu zwiększa się, w wyniku czego maleje temperatura paliwa opuszczającego podgrzewacz.

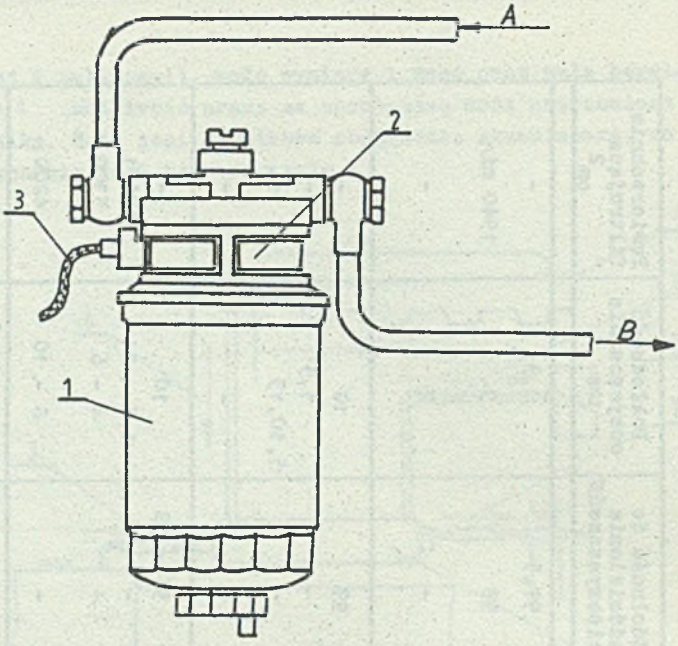
Dotychczas stosowano kilka typów podgrzewaczy paliwa do silników ZS. Jednym z bardziej znanych jest podgrzewacz paliwa zwrotnego w kształcie zbiornika umieszczonego tak, że na skutek kontaktu z kolektorem wylotowym następuje ogrzewanie przepływającego przez podgrzewacz paliwa.

Tablica 2

Parametry filtrów produkowanych przez znane firmy zachodnie

| Firma | Typ filtru | Zdolność do oddzielania wody % | Zdolność do oddzielania zanieczyszczeń% | Dokładność oczyszczania µm | Powierzchnia filtrująca $cm^2$ |
|---|---|---|---|---|---|
| CR Industries | Scavenger III | 99,9 | 97,5 | 0,9 | - |
| Velcon Filter | Seria VF | pochłania 300 ml | 98 | 5 | 1940 min |
| Racor Industries | Seria 200 | 99 | - | 2 | - |
| Nelson | | 99/do 5 ppm/ | 99 | 10 | - |
| Fram | FD 790 | - | - | 1,5 | - |
| Centurien | | - | - | 5,10,15 | - |
| Fleetguard | FS 1212 | wolna - 99 zemuglowana 94 | - | - | - |
| Winslow | | - | 95 - 98 | 10 | - |
| CAV | W 70052996 | - | - | 1,5 - 2 | 10451 |
| R. Bosch | dla pomp rozdzielaczowych | - | - | 4 - 6 | 5300 |
| R. Bosch | dla pomp rzędowych | - | - | 8 - 10 | 4200 |
| CAV | W 71111/44 | - | - | 4 /17/ | - |
| MAN | man MAN | - | - | 7 /23/ | - |
| Komatsu | Komatsu | - | - | 3 /15/ | - |
| Raba | Raba - MAN | - | - | 6,5 /22/ | - |

Wartości podane w nawiasie dotyczą 95 %-wej dokładności filtrowania




Rys.14. Elektryczny podgrzewacz paliwa firmy CAV typ D-Wax 300: 1- filtr paliwa, 2- podgrzewacz, 3- przewody zasilające podgrzewacz, A- wlot paliwa, B- wylot do pompy wtryskowej

Fig.14, CAV D-Wax 300 electric fuel heater: 1- fuel filter, 2- heater, 3- pipes that feed the heater, A- fuel inlet, B- outlet into the injection pump

Wadą tego urządzenia jest jego intensywne schładzanie w czasie jazdy samochodu.

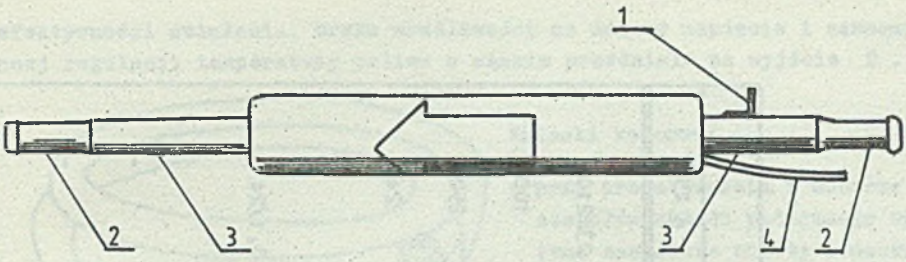
Stosowane są także podgrzewacze w postaci grzałek elektrycznych lub wykorzystujące ciepło płynu chłodzącego. Jednak stosowanie grzałek jest niekorzystne ze względu na duży pobór mocy z akumulatora, a wykorzystywanie ciepła płynu chłodzącego silnik wpływa na rozbudowę układu chłodzenia [5].

Podgrzewacze wykorzystujące ciepło płynu chłodzącego produkują firmy: Phillips Thermo (rys.13), Ecogel, Midco i in.

Podgrzewacze elektryczne instaluje się w układach podających w następujących wariantach:

- jako urządzenie dodatkowe w zespołach istniejących w układzie np. w filtrach (rys.10),
- jako urządzenie niezależne ( dodatkowe) wykonane w formie zbiornika (rys.14) lub odcinka przewodu sztywnego (rys.15) lub elastycznego.

Przykładem podgrzewacza w kształcie zbiornika jest podgrzewacz firmy CAV typu D-Wax 300, przedstawiony na rys. 14.




Rys.15 Elektryczny podgrzewacz firmy Stanadyne: 1- zacisk "-", 2-3- znormalizowane zakończenie przewodu, 4- przewód zasilający

Fig.15 Stanadyne electric fuel heater: 1- "-" terminal, 2-3- standard pipe tip, 4- feed pipe

Na rys.15 przedstawiono podgrzewacz typu A10 i A25 firmy Stanadyne Diesel Systems. Produkuje ona również elektryczne podgrzewacze oleju napędowego serii T o mocy 350 i 500 W z jednym elementem grzejnym i mocy 700, 850 i 1000 W z dwoma elementami grzejnymi oraz kombinowane serii TEC, z dodatkową armaturą,łączącą podgrzewacz z układem chłodzenia samochodu. Gdy temperatura paliwa jest niższa od 8°C, przed rozruchem silnika włącza się podgrzewacz elektryczny, a w czasie pracy silnika przy temperaturze paliwa dochodzącej do 25°C elektryczny podgrzewacz zostaje wyłączony, a zaczyna pracować wymiennik ciepła wykorzystujący ciepło układu chłodzenia silnika. Podczas eksploatacji pojazdu w wyższych temperaturach otoczenia paliwo jest niedogrzane i dopływa do pompy wtryskowej przez zawór sterujący z pominięciem podgrzewacza [11].

Rys.16 przedstawia podgrzewacz wyposażony w giętki plastikowy półprzewodnikowy element produkcji firmy Raychem Start Pilote. Charakter temperaturowej zależności rezystancji pozwala utrzymać stałą temperaturę paliwa na wyjściu podgrzewacza [3].

Najważniejsze dane przedstawionych podgrzewaczy zawiera tablica 3 [10].

Większość przedstawionych podgrzewaczy paliwa ma liniową zależność rezystancji od temperatury . Na rys.10 przedstawiony filtr z zamonotowanym wewnątrz podgrzewaczem wykonanym na bazie ceramicznego termorezystora z tzw. dodatnim współczynnikiem temperatury, którego oporność przy określonej temperaturze $T_a$ (anomalia temperaturowa) zmienia się skokowo [2].

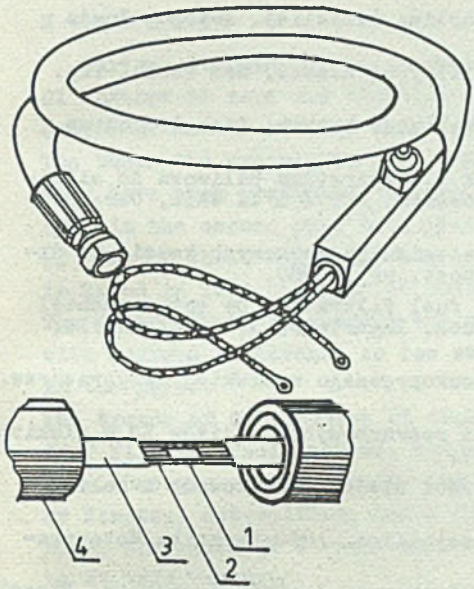
Dla samochodowych podgrzewaczy paliwa przyjmuje się materiał termorezystora z temperaturą $T_a$ = 60-180°C. Najczęściej jest nim tytanian baru, którego rezystancja skacze w temperaturze anomalnej od 3 do 1000 omów.Podgrzewacze te - ze znacznie większą zdolnością samoregulacji temperatury paliwa - typu PTC (positive temperature coefficient), znalazły szerokie zastosowanie w USA i Zachodniej Europie dzięki wysokiej

Tablica 3

Charakterystyka wybranych podgrzewaczy paliwa silników ZS

| Parametr | W-76475 | D-Wax 300 | Stanadyne | |
|---|---|---|---|---|
| | | | AA 10 | A 25 |
| Wymiary zewnętrzne, mm | 140x65x35 | - | 23x145 | 23x210 |
| Masa, g | 200 | - | 60 | 100 |
| Moc, W | 150, 300, 400 | 300 | 100 | 250 |
| Napięcie, V | 12, 24 | 12, 24 | 12 | 24 |
| Prąd pobierany przy napięciu, A/V | 12/12, 25/12, 15/24 | 25/12, 12,5/24 | 7,1/12 | 8,1/24 |
| Termostat | | | | |
| - włączanie, °C | +40 | -1 | - | - |
| - wyłączanie °C | +65 | +22 | - | - |

efektywności działania, braku wrażliwości na zmianę napięcia i samoczynnej regulacji temperatury paliwa w wąskim przedziale na wyjście 2 .




Rys.16.Podgrzewacz półprzewodnikowy firmy Raychem Start Pilote: 1-przewód, 2-półprzewodnikowy element grzejny, 3-polimerowa powłoka, 4-elastyczna obudowa

Fig.16. Semiconductor heater made by Raychem Start Pilote: 1-pipe, 2-semiconductor heating element, 3-polymer cover, 4-flexible housing

Wnioski końcowe:

- przy projektowaniu i doborze zespołów układu podającego systemu zasilania należy w naszych warunkach klimatycznych kierować się przede wszystkim jego wpływem na niezawodność rozruchu silnika ZS w niskiej temperaturze otoczenia,
- konstrukcja układu podającego powinna, szczególnie w silnikach samochodowych, do minimum ograniczać problemy związane z zapowietrzeniem systemu zasilania,
- będące w użyciu systemy zasilania, które stwarzają trudności w eksploatacji silników ZS, można we własnym zakresie usprawnić pod kątem pracy w niskiej temperaturze otoczenia, zgodnie z wytycznymi zawartymi w p.1,
- w produkcji filtrów utwierdziło się dążenie do budowy filtrów pojedyńczych wielostopniowych, z wysoką jakościową i ilościową efektywnością filtracji zanieczyszczeń i wody zawartych w paliwie, z ewentualnie zabudowanym wewnątrz elektrycznym podgrzewaczem paliwa,
- elektryczne podgrzewacze paliwa, szczególnie typu PTC, termorezystorowe o dużej niezawodności i sprawności, uznane są za jedno z najbardziej skutecznych i niezawodnych rozwiązań zapobiegających utracie drożności układu w niskiej temperaturze otoczenia,
- odpowiednia konstrukcja zbiornika paliwa może zapewnić wypełnienie przez niego z wysokim efektem funkcji filtra zgrubnego oczyszczenia i odstojnika wody,
- warunki obsługi i względy eksploatacyjne utrzymują dotychczasowe zróżnicowanie w budowie układów podających silników samochodowych i ciągników.

LITERATURA

[1] Borisowa G.W.: Sistiemy oczistki topliwa dizieliej. Awtomobilnaja Promyszliennost, nr 4 -1988.

[2] Coley T.R.: Low temperature operability of diesel. SAE Techn. Pap. Ser. nr 830596/1983.

[3] Falkenbach H.: Einige Probleme beim Winter betrib, Diesel motoren Kraftverkehr, MTZ nr 6/1979.

[4] Falkowski H., Janiszewski T., Łojek A.: Aparatura paliwowa do silników wysokoprężnych. Poradnik użytkownika. Cz. I i II WKiŁ, Warszawa 1984.

[5] Ginburg J., Minajew N.: Sposób ułuczszienija puskowych kacziestw dizielija. Awtomobilnaja Promyszliennost, nr 3/1985.

[6] Hodgkings D.: The effect on diesel fuel filtration by environmental conditions and fabrication techniques. Ingerieurs de L'automobile, nr 10-11/1986.

[7] Janiszewski T.: Rozruch silnika wysokoprężnego w niskiej temperaturze. Motoryzacja, nr 2/1983.

[8] Lewicki G. i in.: Analiza własności rozruchowych silników ZS w niskich temperaturach. Motoryzacja, nr 4/87.

[9] Łuksa A.: Niskotemperaturowe własności olejów silnikowych i paliw. Eksploatacja i dozór, nr 4/1980.

[10] Swiątek T.: Elektryczne podgrzewacze paliwa. AUTO-Technika Motoryzacyjna, nr 1/1987.

[11] Stanadyne introduces fuel heater and changes desing on another. Diesel Progress North American, nr 12/1984.

[12] Usow A.M.,Panow A.I. i in.: Analiz topliwych sistiem nizkogo dawlienija traktorow i tendencji ich razwitija. Leningrad, 1986.

[13] Zieliński J.,Rossi E.: Wax and flow in diesel flues. SAE Techn. Pap. Ser., nr 841352/1984.

АНАЛИЗ СИСТЕМ ПОДАЮЩИХ ТОПЛИВО С УЧЕТОМ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ УСЛОВОЙ ДИЗЕЛЬНЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ

Р е з ю м е

В монографической статье: "Направления развития подающих систем питания дизельных двигателей" представлены различные конструкторские решения систем подающих топливо к впрыкивающему насосу дизельных двигателей автомобилей и тракторов.

Указаны задачи стоящие перед системой и критерии ее оценки. Несколькс из них широко оговорены во второй части, указывая способы оценки некоторых из них, таких как: способность фильтров к задержке воды имеющейся в топливе, а также к задержке загрязнений и тп.

В статье очень полезны указания касающеся способов конструкции подающих систем с максимальным сопротивление от низких температур окружающей среды. Приводя примеры, оговорены направления развития таких узлов в системе как: топливного бака, фильтров тонкой очистки, подгревателей топлива и др. Представлены конструкторские решения этих узлов и целых систем таких известных фирм как: Коматсу, Катерпилляр, Лукас ЦАВ. Фрам Ко. и др..

ANALYSIS OF FUEL FEED SYSTEMS IN TERMS OF
OPERATING CONDITIONS OF CI ENGINES

S u m m a r y

Various designs of the systems feeding fuel to an inection pump in CI engines of cars and tractors have been presented in the review paper entitled: Trends of fuel feed systems in CI engines.
The tasks the system had been charged with and criteria of ite cvaluation have been presented; several of them have been discussed more broadly in the second part with giving the methods of evaluation of some of some of these criteria such as eg filter ability to check the water included in fuel, ability to check impurities and others.
The instructions concerning the way of constructing the fuel feed system with maximum resistance to low ambient temperature are of great value in the paper.
The trends of development of such units in the system as: fuel tank, fine filters, fuel heaters, etc. have been discussed for certain examples. Designs of these units and whole systems of such famius companies as Kamatsu, Caterpillar, Lucas CAV, Fram Co. and others have been presented. The paper as a whole makes a compendium of knowledge for the expe ts of this branch.