

PODSTAWY DO REALIZACJI CELÓW PROJEKTU

Uzyskanie najlepszych pod względem technicznym parametrów ekonomicznych i ekologicznych w tłokowych silnikach spalinowych napotyka na szereg problemów, związanych przede wszystkim z organizacją procesu roboczego. Zmniejszenie jednostkowego zużycia, a więc i zwiększenie sprawności silnika można osiągnąć przy zwiększeniu maksymalnych temperatur obiegu co powoduje wzrost emisji związków toksycznych w gazach wylotowych a przede wszystkim tlenków azotu. Dla nowobudowanych silników z zapłonem samoczynnym stosowane są akumulatorowe układy wtryskowe z elektronicznym sterowaniem charakterystyki wtryskiwania paliwa, w układach wylotowych - reaktory katalityczne, filtry cząstek stałych i inne. Mimo tego jednoczesne obniżenie zużycia paliwa oraz poziomu emisji związków toksycznych nadal pozostaje dużym problemem. To samo dotyczy i silników znajdujących się w eksploatacji, których to konstrukcje nie pozwalają na wprowadzenie istotnych zmian w układach paliwowych, wylotowych i innych.

W Akademii Morskiej w Szczecinie wspólnie z Zachodniopomorskim Uniwersytetem Technologicznym w Szczecinie realizowane są badania nad średnio- i szybkoobrotowymi silnikami z zapłonem samoczynnym łodzi i kutrów rybackich i które są związane z zastosowaniem wstępnej obróbki paliwa odbywającej się bezpośrednio w korpusie rozpylacza. Taka obróbka jest możliwa do realizacji jak dla nowobudowanych silników z zapłonem samoczynnym tak i tych które znajdują się w eksploatacji.

Rozpatrując wykres indykatorowy silnika z zapłonem samoczynnym można stwierdzić, że podstawowym okresem, bezpośrednio wpływającym na ekonomiczne i ekologiczne parametry silnika jest okres opóźnienia samozapłonu i jego skrócenie może doprowadzić do zmniejszenia zarówno stopnia wzrostu ciśnienia jak i maksymalnych temperatur w komorze spalania przy zachowaniu pełniejszego obszaru efektywnej pracy [Hejwood J.B.: Internal combustion engines fundamentals, McCraw – Hill Book Co., NY, 1988].

Na podstawie analizy prac naukowych opóźnienie samozapłonu można wyliczyć za pomocą zależności:

$$\tau = B \cdot 10^{-2} \sqrt{C} \sqrt{\frac{T_k}{P_k}} \cdot e^{\frac{E_a C^{0,34}}{R T_k}}$$

gdzie:

$$B = 2 \cdot 10^{-4} (1 - 1,6 \cdot 10^{-4} n_s)$$

$$C = \frac{1}{\varepsilon} \left[1 + 0,5 \delta \frac{V_h}{V_{h1}} (\varepsilon - 1) \right]$$

$$\delta = \left[\left(1 + \frac{\lambda}{4} \right) - \left(\cos \theta + \frac{\lambda}{4} \cos 2\theta \right) \right]$$

gdzie: B , C , δ – wielkości stałe, T_k – temperatura w komorze spalania na początku wtrysku paliwa, p_k – ciśnienie w komorze spalania na początku wtrysku, V_h , V_{h1} - rzeczywista objętość cylindra oraz objętość odpowiadająca skoku tłoka po zamknięciu zaworów dolotowych, ε – stopień sprężania, θ - kąt pochylenia korbowodu, λ - stosunek skoku tłoka do długości korbowodu.

Według Heywood'a okres opóźnienia możemy wyznaczyć z zależności:

$$\tau = (0,36 + 0,22 \cdot c_m) \cdot \exp \left[E_a \left(\frac{1}{R T_2} - \frac{1}{17,19} \right) \cdot \left(\frac{21,2}{P_2 - 12,4} \right)^{0,63} \right]$$

gdzie:

c_m – średnia prędkość tłoka,

P_2 i T_2 – ciśnienie i temperatura w komorze spalania.

Analizując zależności określające okres opóźnienia samozapłonu można stwierdzić, że uwarunkowany jest on od takich czynników jak ciśnienie i temperatura panujące w komorze spalania, częstotliwości obrotowej wału i kinematykę silnika oraz wielkość energii aktywacji. Należy zauważyć, iż przy rozważaniu możliwości uzyskania poprawy ekonomicznych i ekologicznych wskaźników pracy zarówno nowo budowanych jak i już istniejących silników, parametry ciśnienia, temperatury i podstawowe charakterystyki konstrukcyjne są praktycznie nie możliwe do zmiany. Jednak jednym z możliwych kierunków oddziaływania na te parametry silników z zapłonem samoczynnym jest zmniejszenie wartości energii aktywacji.

Dla wieloatomowych układów (do których w pierwszej kolejności zaliczamy paliwa węglowodorowe) energia aktywacji określana jest jako minimalna energia kinetyczna, o którą powinna być większa energia potencjalna układu, aby mogła zajść w nim reakcja chemiczna.

Ponieważ energia aktywacji zależy od struktury cząstek i ich związków wytrzymałości w pracach prof. A. Ambrozika i prof. B. Fajnejba przedstawiono przykład zachowania się węglowodorów parafinowych C_nH_{2n+2} . W węglowodorach tych energia rozerwania wiązań C-H jest większa niż energia rozerwania wiązań C-C, dlatego ze wzrostem liczby atomów węgla potrzebna jest mniejsza energia aktywacji do rozerwania cząsteczki. Właśnie tym można wytłumaczyć dużą stabilność izooktanu C_8H_{18} , wykorzystywanego jako paliwo wzorcowe do wyznaczania liczby oktanowej paliwa. Aby ułatwić pokonanie bariery energetycznej związanej z energią aktywacji możemy albo dostarczyć do środowiska reakcji więcej energii (np. ogrzewanie) albo zastosować substancję, która łatwo reaguje z substratem (mała energia aktywacji), a powstały związek łatwo przechodzi w produkt końcowy (także niska energia aktywacji). Substancją, która w ten sposób ułatwia przejście od substratów do produktów jest katalizator, który po przejściu substratów w produkty całkowicie się odtwarza. Z tego wynika, że pożądanym jest obecność katalizatora (na przykład metale grupy platynowców) i jego kontakt z paliwem przez wtryskiwaniem go do komory spalania.

Obecność katalizatora w układzie paliwowym jest uzasadniona i następnym rozważaniem. Właściwości chemiczne paliw, stosowanych w silnikach z zapłonem samoczynnym w których najliczniejszą grupę stanowią węglowodory parafinowe można zmienić dzięki odwodornieniu parafin, a mianowicie w obecności katalizatora mogą zachodzić reakcje, w wyniku których parafiny przekształcają się w węglowodory grupy olefinowej C_nH_{2n} z wydzieleniem cząsteczki wodoru. Z kolei wodór dzięki dużemu współczynnikowi dyfuzji, dużej zdolności do zapłonu i szybkości spalania oraz szerokim granicom palności mieszanki sprzyja zmniejszeniu okresu samozapłonu w warunkach panujących w komorze spalania.

Obecność wodoru we wtryskiwanym paliwie może oprócz zjawisk chemicznych wpłynąć na właściwości fizyczne. Tak na przykład okres opóźnienia samozapłonu zależy od czynników fizycznych wiąże się z dyfuzją i jej prędkością dla paliwa, utleniacza i aktywnych zarodków reakcji. Natomiast procesowi dyfuzji towarzyszy odparowanie paliwa ciekłego, matematyczny opis który przedstawia się w postaci masowej prędkości odparowania kropli:

$$\frac{dm}{d\tau} = \pi Nu_D D_p d_k (p_s - p_0) = \int_0^{\tau} \frac{2 Nu_D D_p}{\rho_{pal}} (p_s - p_0) d\tau,$$

gdzie: Nu_D – kryterium Nusselta dla procesów dyfuzji, D_p – współczynnik dyfuzji par odniesiony do gradientu ciśnień cząstkowych, p_s, p_0 – cząstkowe ciśnienie par paliwa w pobliżu kropli o średnicy d_k i w otaczającym krople ośrodku, ρ_{pal} – gęstość paliwa.

Jak wiadomo zwiększeniu efektywności katalizatora służy wysoka temperatura oraz turbulenty przepływ paliwa wzdłuż powierzchni na których jest usytuowany katalizator. Właśnie z tego powodu zaproponowano „wstępną obróbkę paliwa” polegającą na naniesieniu

materiału o działaniu katalitycznym na powierzchnię iglicy rozpylacza, jako najbardziej termicznie obciążony element silnika, natomiast sama powierzchnia iglicy musi posiadać odpowiednio usytuowane kanały umożliwiające turbulizacyjny charakter przepływu paliwa. Jako powierzchnie iglicy dla wstępnej obróbki paliwa wybrano tą część, która łączy powierzchnie precyzyjną oraz stożek zapierający. Przy takim rozwiązaniu zarówno naniesienie katalizatora (na przykład metodą stopowania elektro-iskrowego) jak i wykonanie kanałów turbulizacyjnych nie napotyka na problemy technologiczne i może być realizowane jak podczas produkcji nowych rozpylaczy tak i na już istniejących.

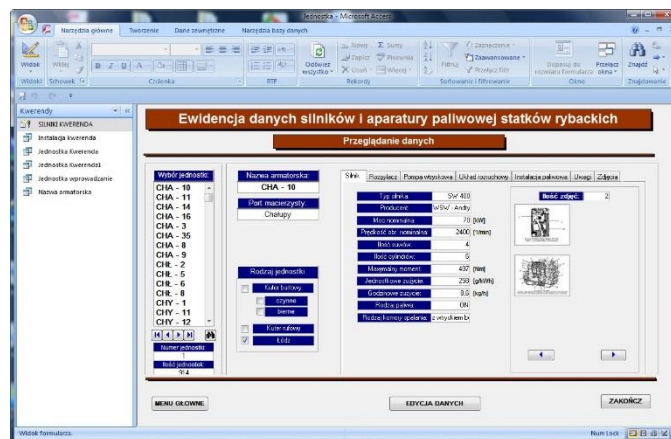
Jak było przedstawiono wcześniej pod pojęciem „wstępna obróbka paliwa” należy rozumieć zastosowanie procesu katalizy heterogenicznej podczas przepływu paliwa w kanałach rozpylaczy, natomiast zwiększeniu tego oddziaływania służy usytuowanie katalizatora w najbardziej obciążonych termicznie miejscach rozpylacza oraz wykorzystanie kanałów turbulizacyjnych na tej części iglicy rozpylacza, która nie stanowi elementów precyzyjnych i zamykających. Przykład rozmieszczenia tych kanałów z naniesionym katalizatorem przedstawiono na poniższym rysunku:



Iglica rozpylacza wtryskiwacza ze wstępną obróbką paliwa

ZAKRES REALIZACJI CELÓW PROJEKTU POLEGA NA:

1. Opracowaniu i uzupełnieniu bazy danych silników spalinowych i aparatury wtryskowej stosowanych na statkach rybackich, wyboru konstrukcji wtryskiwaczy silników z pośrednim i bezpośrednim wtryskiwaniem paliwa dla dalszych badań.



Baza danych silników polskiej floty rybackiej

2. Przeprowadzeniu badań analitycznych dotyczących wstępnej obróbki paliwa oraz opracowaniu procesu technologicznego naniesienia katalizatorów niskotemperaturowych oraz kanałów turbulizacyjnych na elementy rozpylaczy paliwowych. Operacja ta przewiduje opracowanie wniosku patentowego i ma charakter innowacyjny.



Naniesienie katalizatora oraz wykonanie układu turbulizacyjnego

3. Przeprowadzeniu badań laboratoryjnych określenia parametrów fizyko-chemicznych paliw po procesie rozpylania w klasycznej aparaturze wtryskowej oraz w aparaturze wtryskowej posiadającej układy turbulizacyjne i katalizatory niskotemperaturowe w tym z zastosowaniem paliw ropopochodnych i ich mieszaniną z syntetycznymi paliwami polimerowymi pochodzącymi z przeróbki utraconych narzędzi połowowych. Operacja ta zostanie przeprowadzona po raz pierwszy w kraju i zagranicą i ma charakter innowacyjny

Zużyte sieci



rybackie



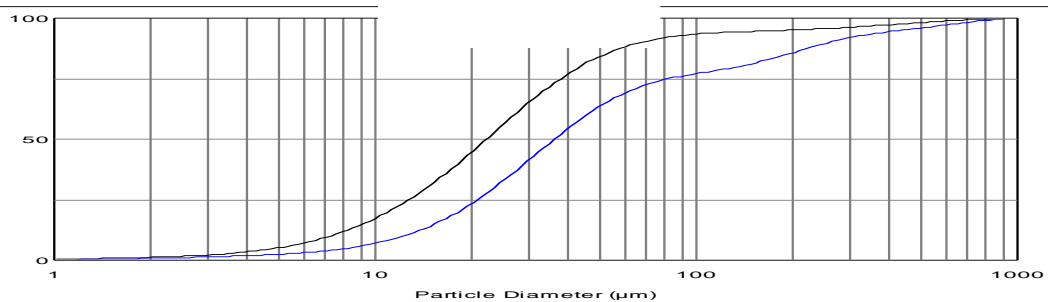
Przeróbka zużytych sieci rybackich na paliwo do silników o zapłonie samoczynnym

4. Przeprowadzeniu badań laboratoryjnych dotyczących emisji akustycznej i określenia parametrów strugi rozpylanych paliw w procesie rozpylania w klasycznej aparaturze wtryskowej i w aparaturze wtryskowej posiadającej układy turbulizacyjne i katalizatory niskotemperaturowe w tym z zastosowaniem paliw ropopochodnych i ich mieszaniną z syntetycznymi paliwami polimerowymi pochodzącymi z przeróbki utraconych narzędzi połowowych. Operacja ta zostanie przeprowadzona po raz pierwszy w kraju i zagranicą i ma charakter innowacyjny.



Cumulative
CZOPHAND140P1C2230.smea\Overlays

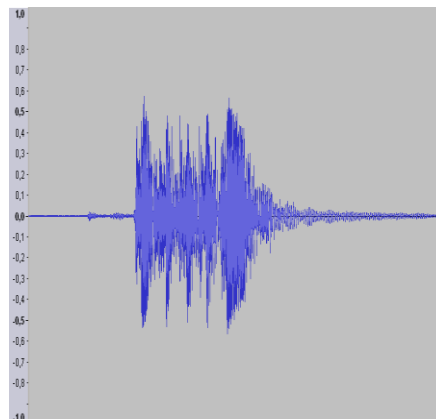
26 Oct 2011 - 12:26:53



	Date-Time	File	Sample	Dx(10)	Dx(50)	Dx(90)
[V]	26 Oct 2011...	230 1 ...	230	7.22	22.19	66.76
[V]	26 Oct 2011...	230 2 1	230	12.23	36.13	259.85

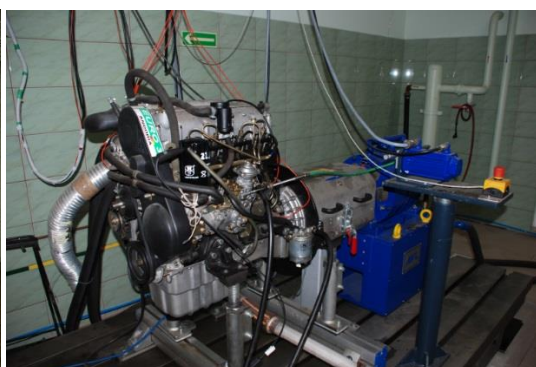
[V]=Volume [N]=Number

Rejestracja rozkładu kropeł w strudze rozpylanego paliwa



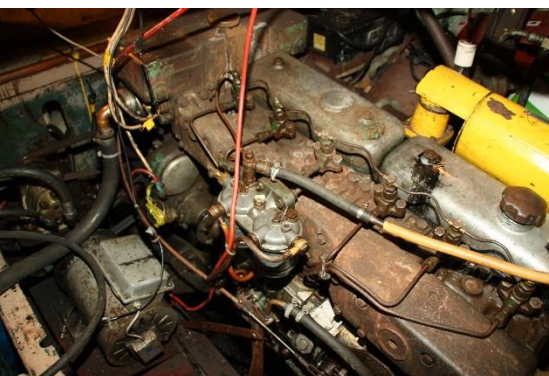
Rejestracja sygnału akustycznego w strudze wtryskiwanego paliwa

- Przeprowadzeniu badań stanowiskowych hamownianych wybranych silników z pośrednim i bezpośrednim wtryskiwaniem paliwa rybackich jednostek pływających posiadającej w aparaturze wtryskowej układy turbulizacyjne i katalizatory niskotemperaturowe w tym z zastosowaniem paliw ropopochodnych i ich mieszaniną z syntetycznymi paliwami polimerowymi pochodzącymi z przeróbki utraconych narzędzi połowowych. Operacja ta zostanie przeprowadzona po raz pierwszy w kraju i zagranicą i ma charakter innowacyjny.



Stanowiska hamowniane do badań silników ze wstępną obróbką paliwa

- Przeprowadzeniu badań silników na wybranych kutrach i łodziach rybackich przy zastosowaniu w aparaturze wtryskowej układów turbulizacyjnych i katalizatorów niskotemperaturowych Operacja ta zostanie przeprowadzona po raz pierwszy w kraju i zagranicą i ma charakter innowacyjny.



Przeprowadzenie badań na statkach rybackich

7. Opracowaniu wytycznych dotyczących zastosowania układów turbulizacyjnych i katalizatorów niskotemperaturowych w silnikach rybackich jednostek pływających