

ZMNIJSZENIE ZUŻYCIA PALIWA I OBNIŻENIE TOKSYCZNOŚCI SPALIN SILNIKÓW RYBACKICH JEDNOSTEK PŁYWAJĄCYCH

W artykule przedstawiono wyniki badań wybranych silników tłokowych kuterów i łodzi rybackich przy wykorzystaniu wstępnej obróbki paliwa z uwzględnieniem zawartości w paliwie wody morskiej.

Słowa kluczowe

Silnik z zapłonem samoczynnym, paliwa pochodzenia roślinnego, wstępna obróbka paliwa

Wstęp

Podstawowe wymagania stawiane silnikom spalinowym związane są przede wszystkim z obniżeniem poziomu emisji związków toksycznych w gazach wylotowych oraz ze zmniejszeniem zużycia paliwa. Dotyczy to wszystkich środków transportu, nie mniej ważnym i interesującym jest spełnienie tych wymagań w odniesieniu do silników rybackich jednostek pływających. Analiza dotycząca stanu krajowej floty rybackiej, przeprowadzona na Akademii Morskiej w Szczecinie ukazała bardzo dużą różnorodność stosowanych silników, zarówno w kontekście ich typów jak i roku produkcji (średni wiek silników z zapłonem samoczynnym, wyłącznie stosowanych na kuterach i łodziach rybackich wynosi 25 lat). Bardzo rzadko spotykane tu jednostki nowoczesne w których zastosowano paliwowe układy zasobnikowe, elektroniczne sterowanie czy systemy obniżające toksyczność spalin. Oprócz tego istotne znaczenie odgrywa obecność wody morskiej w zbiornikach paliwowych i mimo tego, że tankowanie paliwa w tych jednostkach odbywa się często, badania wykazały obecność wody w granicach 2%. W zależności od warunków pływania woda ta miesza się z paliwem i dostarczana jest do pomp i wtryskiwaczy paliwowych. Następną uwagą jest dążenie do stosowania paliw zarówno ropopochodnych jak i ich mieszaniny z paliwami pochodzenia roślinnego, które to ze względu na swoją higroskopijność mogą zmienić zarówno proces tłoczenia i rozpylania jak również i procesy spalania i wywiązywania się ciepła.

Jednym z możliwych do zastosowania w silnikach rybackich jednostek pływających sposobów na poprawę ekologicznych i ekonomicznych parametrów pracy jest wstępna obróbka paliwa, która polega na oddziaływaniu materiałów o działaniu katalitycznym w połączeniu z turbulacyjnym charakterem przepływu paliwa w korpusie rozpylacza.

1. Wstępna obróbka paliwa

Jak wiadomo, przebieg procesu spalania w silnikach z zapłonem samoczynnym, a zwłaszcza jego drugi etap – spalanie kinetyczne charakteryzujące się gwałtownym wzrostem ciśnienia, jest współzależny z pierwszym etapem – okresem opóźnienia zapłonu. Zjawiska zachodzące w obu tych okresach są jednymi z głównych powodów ograniczenia prędkości obrotowej, obciążeń mechanicznych i termicznych silnika. Okres opóźnienia samoczynnego zapłonu wywołany jest koniecznością przygotowania paliwa do zapalenia się, które obejmuje nagrzanie kropelek do chwili częściowego lub całkowitego odparowania, podgrzania powstałych par paliwa do temperatury samozapłonu, wstępne reakcje utleniania paliwa

* Akademia Morska w Szczecinie

prowadzące do samozapłonu. Więc oddziałują na paliwo podczas jego dostarczenia do komory spalania można uzyskać poprawę jak pierwszych okresów tak i całego procesu spalania.

Parametry fizyczne paliwa w silnikach z zapłonem samoczynnym przede wszystkim określone jego gęstością, lepkością i napięciem powierzchniowym które to w decydujący sposób wpływają na średnicę kropli, kształt i zasięg strugi rozpylonego paliwa, co z kolei związane jest z pierwszym okresem spalania – opóźnieniem samozapłonu. Parametry chemiczne paliwa zależą od składu strukturalnego węglowodorów, spośród których najbardziej liczną grupą przedstawiają parafiny C_nH_{2n+2} . Należy podkreślić, że w odpowiednich warunkach, a mianowicie w obecności katalizatora, mogą zachodzić reakcje, w wyniku których parafiny przekształcają się w węglowodory grupy olefinowej C_nH_{2n} z wydzielaniem cząsteczki wodoru. Z kolei wodór dzięki dużemu współczynnikowi dyfuzji w powietrzu, dużej zdolności do zapłonu i szybkości spalania oraz szerokim granicom palności mieszanki sprzyja zmniejszeniu okresu samozapłonu.

W odniesieniu do wyższych kwasów tłuszczowych (biopaliw) te problemy nabierają nieco inną postać, ponieważ obecność w ich składzie cząsteczki tlenu może w istotny sposób zwiększyć prędkości wstępnych reakcji chemicznych, a zwiększenie grupy węglowodorów olefinowych, charakteryzujących się większą wartością liczby jodowej - mogą jeszcze bardziej przyspieszyć te reakcje [2].

Biorąc pod uwagę te fakty, można stwierdzić, że odpowiednie przygotowanie paliwa w postaci zmiany jego parametrów fizyko-chemicznych może poprawić zarówno ekonomiczne jak i ekologiczne wskaźniki pracy silników z zapłonem samoczynnym.

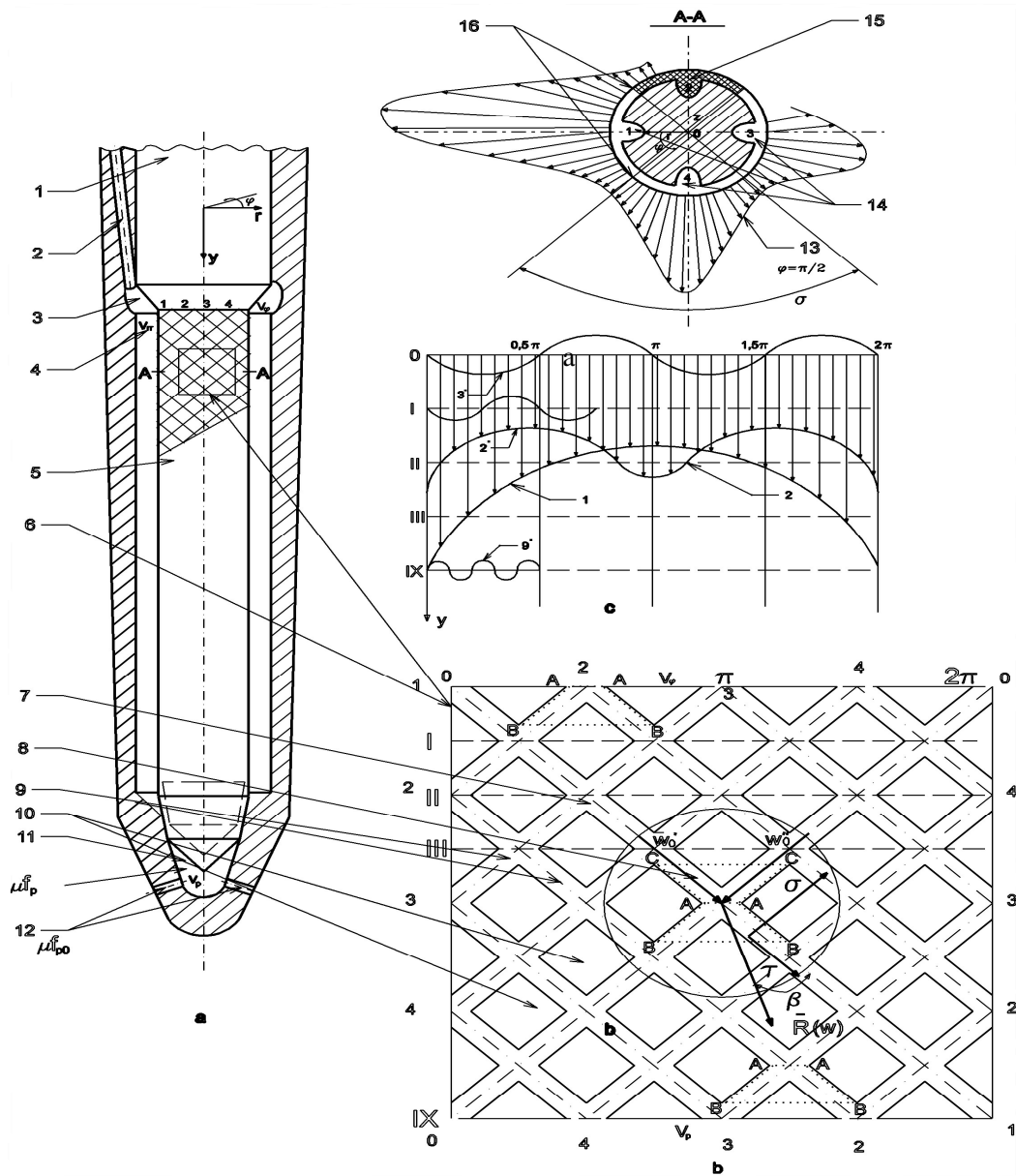
Korzystna zmiana parametrów fizyko-chemicznych paliwa możliwa jest przez wstępną obróbkę paliwa przeprowadzoną bezpośrednio przed jego wtrysnięciem do komory spalania przy jednoczesnym podgrzewaniu i kontakcie paliwa z materiałem o działaniu katalitycznym w korpusie wtryskiwacza oraz wykorzystaniu odpowiednich elementów turbulizacyjnych na powierzchni iglicy rozpylacza w celu zwiększenia kontaktu katalizatora z paliwem (rys. 1). Dodatkowym efektem może być zjawisko homogenizacji mieszaniny paliwa ropopochodnego z estrami metylowymi wyższych kwasów tłuszczowych oraz wody morskiej [3].



Rys. 1. Schemat i przykład wykonania wtryskiwacza wielootworowego ze wstępną termiczną – katalityczną – turbulizacyjną obróbką paliwa

Schemat takiego rozwiązania, które występuje jednocześnie jako turbulizator jak i homogenizator, dla uzyskania zaburzeń objętościowo naprężeniowych o wysokiej częstotliwości (rys. 2), można przedstawić w postaci czterech wejściowych lewych i czterech wejściowych prawych strug w niepracującej części iglicy (jako siatkę), w wyniku skrzyżowania których powstają dwie objętości - wejściowa CCAA (7) i wyjściowa AABB (8) we współrzędnych y , w przekrojach I, II, ..., IX, (można przedstawić ją w postaci

szachownicy). Przekroje (15) kanałów paliwa 1,2,3,4 (rys. 2b) są jednakowe na całej długości, od wejścia paliwa, do jego wyjścia, więc funkcja zerowa przedstawia się jako



Rys. 1. Schemat obliczeniowy zaburzeń impulsywnych we wtryskiwaczu paliowym
 1 – część precyzyjna iglicy, 2 – kanał doprowadzający paliwo, 3 – objętość wtryskiwacza, 4 – objętość na długości nieprecyzyjnej części iglicy, 5 – homogenizator – turbulizator, 6 – wycinek rozwiniętej powierzchni turbulizatora, 7 – objętość strug wchodzących, 8 – objętość strug wychodzących, 9 – kanały strug, 10 – powierzchnie ograniczające skrzyżowanie strug, 11 – objętość rozpylacza, 12 – otwory rozpylające, d – przekrój turbulizatora po A-A, 13 – wykres sił wewnętrznych w przekrojach na wejściu do kanału według współrzędnej r , 14 – kanały czterowieściowego homogenizatora – turbulizatora, 15 – przekroje kanałów 9, 16 – granice zaburzeń w kanałach 1,2,3,4, c – charakterystyki amplitudowo częstotliwościowe, I – wykres prędkości osiowych na wyjściu w pasie 0-0; 3,4,9 amplitudowo częstotliwościowe spektra fal ciśnienia w pasach I, II,.....IX, 2 – zmiana deformacji naprężeń stycznych we współrzędnej y , w pasach I – IX, $R(w)$ – sumaryczna prędkości paliwa w kanałach krzyżujących się w_0 i w_0

$f_0(AA) = f_{IX}(AA)$, a przekroje wydatku paliwa w zależności od ciśnienia, z symetrycznym wykresem sił w stosunku do kanałów 1,2,3,4 (rys. 2b) są równe sumie przekrojów kanałów f_{ki} oraz przekroju w nieprecyzyjnej części iglicy, do granicy zaburzeń 16.

Przy takim podejściu przekrój (rys. 2d) może być wykonany z każdym skokiem w osi y i wtedy kształt powierzchni 10 może mieć formę rombu, lub innej konstrukcji (np. kwadratu) według swoich osi symetrii. Wtedy to niepracująca część iglicy występuje jako robocza dla homogenizatora ze zmiennymi oporami akustycznymi w objętościach 7 i 8, które niwelują naprężenia powierzchniowe w mikroobjętości paliwa. Jest to pierwsza z ważnych cech homogenizatora – turbulizatora. Zjawisko to można przedstawić w postaci równania według każdego z parametrów przyjętych dla współrzędnych, np. współrzędnych cylindrycznych $r, \varphi, y, (j=r, \varphi, y)$ [1]:

$$\frac{d(\text{grad}\bar{F}_i)_j}{d\tau} = \frac{\partial\sigma}{\partial\tau} = \left(\frac{\partial^2 z_j}{\partial\tau^2}\right) \cdot \left(\frac{\partial(f_i\tau)_j}{\partial\tau}\right) = \left(\frac{\partial^2(\bar{w}\rho)_j}{\partial\tau^2}\right) \cdot \left(\frac{\partial(f_i\tau)}{\partial\tau}\right)$$

gdzie:

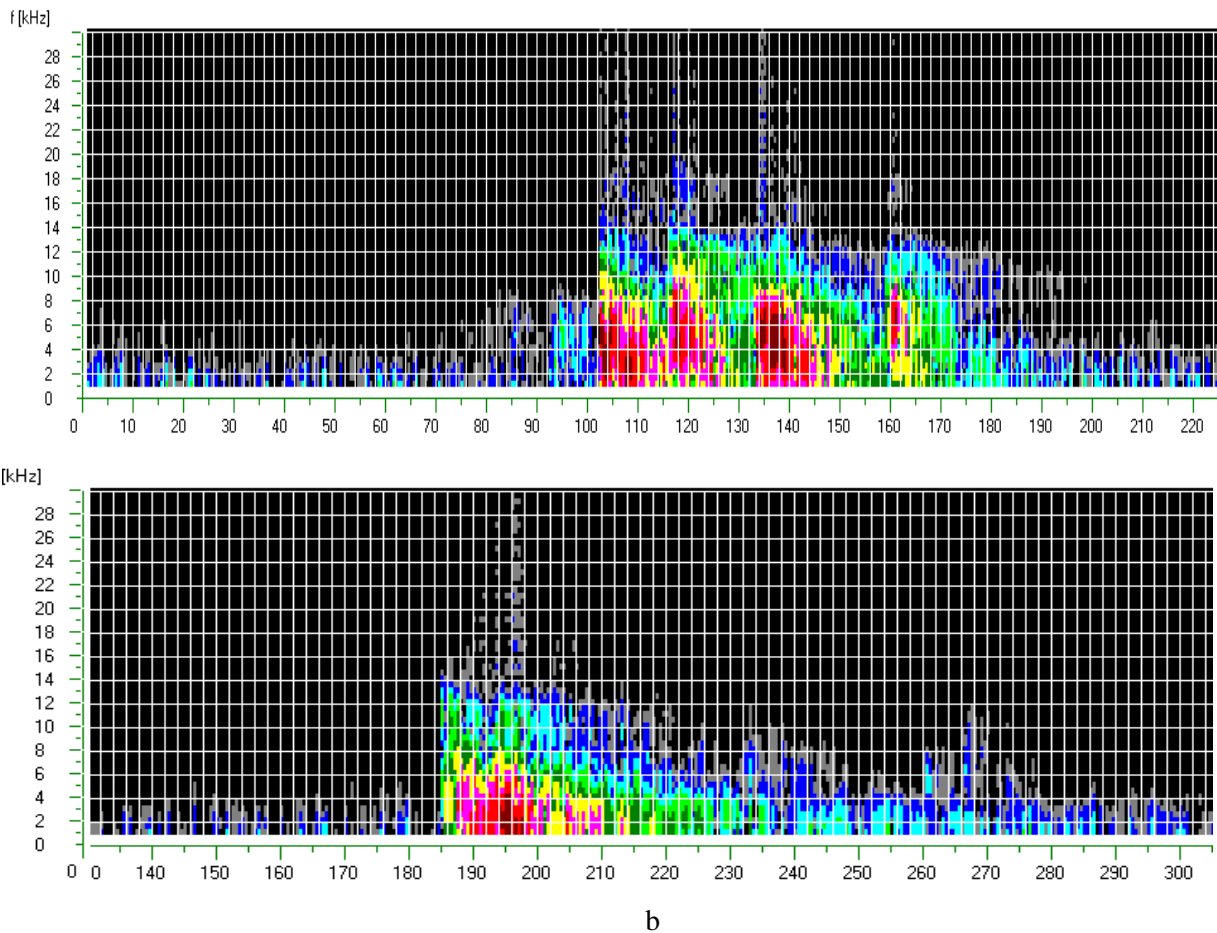
- \bar{F}_i - suma wszystkich sił oddziałujących na elementarną powierzchnię mikroobjętości,
- σ – naprężenia powierzchniowe elementarnej powierzchni,
- z – opory akustyczne,
- $f_i\tau$ – czasoprzekrój strugi paliwa,
- w, ρ – prędkość i gęstość paliwa.

Drugą funkcją homogenizatora – turbulizatora jest to, że występuje on jako źródło powstawania naprężeń pulsacyjnych od strug, w objętościach wyjściowych AABB. Można to przedstawić tak jak na rys. 1 (b, c). Niesymetryczność wykresu sił ściskania może być wyjaśniona tym, że formowanie fali odbitej ciśnienia we współrzędnych kanału 3 (rys. 1b), przy podniesionej iglicy odbywa się w przeciwnym kierunku do fali prostej, obniżając ciśnienie sprężania we współrzędnych kanałów 2-4. Więc turbulizator – homogenizator może być przedstawiony w postaci kaskady zmiennych oporów akustycznych dla strugi ściśniętego paliwa (w strugach elementarnych), które zmieniają prędkości według modułu i kierunku, a więc i ciśnienia.

Reasumując tak przedstawione zagadnienie można stwierdzić, że jednym z parametrów umożliwiającym określenie wpływu turbulizacji-homogenizacji na proces rozpylania paliwa we wtryskiwaczu paliwowym jest sygnał akustyczny, którego wartość można zarejestrować podczas badań laboratoryjnych.

Badania te zostały przeprowadzone w Laboratorium Paliw Akademii Morskiej w Szczecinie przy zastosowaniu czujnika emisji akustycznej. Na rys. 3 przedstawione są wyniki tych badań w postaci sygnału czasowo-częstotliwościowego dla rozpylaczy klasycznych i z turbulizacją przepływu paliwa [4].

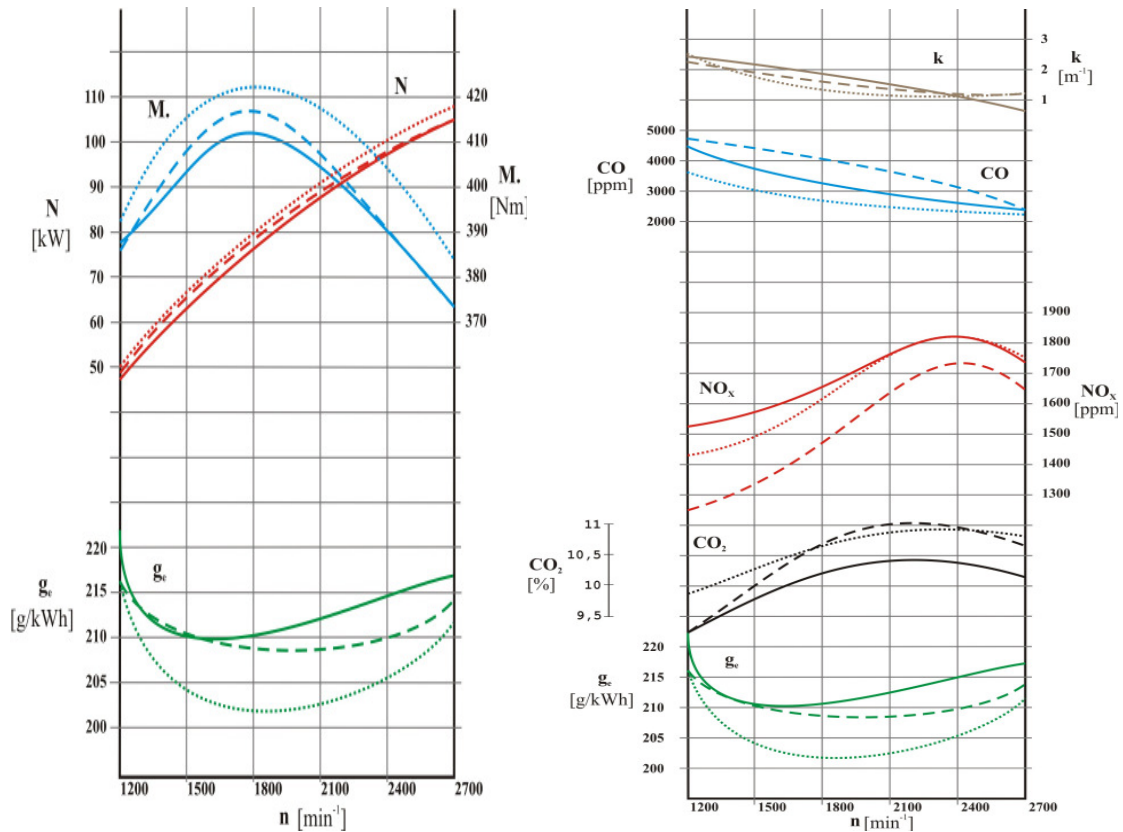
Na rys. 3 można zauważyć, że dla wtryskiwacza ze wstępną turbulizacyjną obróbką paliwa moc sygnału emisji akustycznej jest wyższa niż w przypadku wtryskiwacza klasycznego. Świadczy to o turbulentnym przepływie paliwa, który jest pożądanym w celu zwiększenia kontaktu paliwa z katalizatorem. Wstępna turbulizacyjna obróbka paliwa sprzyja zmniejszeniu energii aktywacji, co niewątpliwie przyczynia się do zwiększenia szybkości rozpadu cząstek paliwa wpływając bezpośrednio na poprawę parametrów jakościowych procesu wtrysku.



Rys. 3. Analiza czasowo-częstotliwościowa sygnału emisji akustycznej w funkcji czasu dla wtryskiwaczy: a) – z układem turbulizacji, b) – wtryskiwacz klasyczny

2. Badania stanowiskowe silnika ze wstępną obróbką paliwa

W celu potwierdzenia wpływu wstępnej obróbki paliwa na proces wtryskiwania i spalania paliwa został wytypowany silnik z zapłonem samoczynnym z bezpośrednim wtryskiem paliwa typu 359. Wybór tego typu silnika był związany z najczęściej spotykaną konstrukcją komory spalania oraz układu wtryskowego z rzędową pompą wtryskową które występują na łodziach i kutrach rybackich. Paliwo stosowane podczas tych badań zawierało 20% estrów metylowych oleju rzepakowego oraz 2% wody morskiej. Na rys. 4 przedstawione są charakterystyka prędkościowa oraz charakterystyka emisji związków toksycznych w gazach wylotowych. Należy podkreślić, że badania te zostały przeprowadzone przy niezmiennych nastawach fabrycznych silnika – kąt wyprzedzenia wtryskiwania paliwa 18° przed GMP oraz ciśnieniu początku wtryskiwania paliwa 22,0 MPa. Regulacja tych parametrów umożliwiła poprawę jednostkowego zużycia paliwa czy poziomu emisji tlenków azotu w gazach wylotowych.



Rys. 4. Charakterystyki prędkościowa i emisji spalin silnika typu 359 z zawartością w paliwie 2% wody morskiej

—— - wtryskiwacz klasyczny, - - - - wtryskiwacz z naniesioną powłoką katalityczną,
 - wtryskiwacz z powłoką katalityczną i kanałami turbulizacyjnymi

Wnioski

Przeprowadzone badania dotyczące zastosowania wstępnej obróbki paliwa w korpusie wtryskiwacza silnika z zapłonem samoczynnym, polegającej na zastosowaniu powłok katalitycznych na niepracującej części iglicy na powierzchni której wykonano kanały turbulizacyjne upoważniają do stwierdzenia zmiany parametrów emisji akustycznej procesu wtryskiwania paliwa oraz poprawy parametrów operacyjnych i ekologicznych silnika z bezpośrednim wtryskiwaniem paliwa.

Literatura

- [1] Барсуков С.И. Приводы. Изд. Астропринт, Одесса, 2002.
- [2] Klyus O. Wstępna obróbka paliw pochodzenia roślinnego w silnikach z zapłonem samoczynnym. Logistyka, 2010.
- [3] Klyus O. Wtryskiwacz paliwa. P-381413. Udzielona decyzja 21.12.2009.
- [4] Klyus O. Wykorzystanie zjawiska turbulizacji przy wstępnej obróbce paliwa w silnikach z zapłonem samoczynnym. Silniki Spalinowe, 2009..

DECREASE OF FUEL CONSUMPTION AND EMISSION OF TOXIC COMPOUNDS IN FISH VESSEL COMBUSTION ENGINES

Abstract

In the paper was presented some results of research works of fish vessels combustion engines with used of preliminary fuel treatment with contain in fuel sea waters