

SKUPIEŃ Emilia, RESTEL Franciszek J.

WPLYW WARUNKÓW NAWIGACYJNYCH NA PARAMETRY PRACY UKŁADU NAPĘDOWEGO STATKU ŚRÓDLĄDOWEGO

Streszczenie

Parametry pracy układu napędowego statku, zależą od wytwarzanego przezeń naporu i koniecznego do pokonania oporu wytwarzanego przez jednostkę. Opór jaki stawia woda zależy od warunków nawigacyjnych panujących na drodze wodnej.

W referacie przedstawiono wpływ warunków nawigacyjnych na pracę układu napędowego statku śródlądowego. Wskazano metody określania parametrów pracy układu napędowego, metody wyznaczania oporu oraz współczynników oddziaływania.

Referat ma charakter poglądowy.

WSTĘP

Warunki nawigacyjne na polskich drogach wodnych śródlądowych są zróżnicowane. Z tego powodu, w sposób stochastyczny, zmienia się charakter oddziaływań statek – droga wodna. W uproszczeniu prowadzi to do zmian oporu i koniecznego do wytworzenia przez jednostkę naporu. Przez to dla armatorów ważne jest sterowanie parametrami eksploatacyjnymi układu napędowego tak, aby minimalizować zużycie paliwa.

Dla tej samej jednostki przy każdorazowej zmianie warunków nawigacyjnych, ustala się nowy optymalny punkt pracy układu napędowego. Bez ingerencji w warunki pracy układu napędowego, przy zmianie oporu wynikającego ze zmiany warunków nawigacyjnych, zmieni się napór wytworzony przez śrubę, a co za tym idzie - zmieni się prędkość statku i jednostkowe zużycie paliwa.

Problem badania wpływu warunków nawigacyjnych na parametry pracy układu napędowego można rozdzielić na dwa zadania: modelowanie zmienności warunków nawigacyjnych oraz modelowanie ruchu statku w tych warunkach. Założenie, że jest możliwe bieżące monitorowanie warunków nawigacyjnych poprzez czujniki głębokości drogi wodnej, prędkości jednostki względem brzegu i prędkości prądu, pozwala skupić się na wpływie tych warunków na parametry pracy układu napędowego.

Zbliżone podejście do problemu prezentuje się w wyliczeniach kosztów transportu śródlądowego w polskich warunkach [4]. Analizy kosztów paliwa wskazują na ich zależność od zanurzenia statku – zużycie paliwa wzrasta wraz z zanurzeniem, jednak jednocześnie zmniejsza się koszt jednostkowy w przeliczeniu na tonę ładunku. Opracowania te nie uwzględniają jednak bieżącego regulowania parametrów pracy silnika, zakładają bowiem stałą prędkość na konkretnych odcinkach, wynikającą z braku możliwości ciągłych pomiarów warunków nawigacyjnych.

Minimalizację zużycia paliwa można osiągnąć poprzez eksploatację układu napędowego poniżej obrotów nominalnych. Prędkość obrotowa silnika jest parametrem łatwo mierzalnym

i najczęściej to ona podlega optymalizacji. Jednak optymalna prędkość obrotowa nie jest stała. Zależy ona od parametrów układu napędowego, charakterystyki oporowej kadłuba (zależnej od jego geometrii) oraz parametrów drogi wodnej.

W celu określenia optymalnej prędkości obrotowej konieczna jest znajomość związku pomiędzy parametrami pracy układu napędowego a warunkami eksploatacyjnymi. Czyli jednostkowego zużycia paliwa w funkcji prędkości statku V_s lub prędkości obrotowej silnika n_s .

Zależności zużycia paliwa od prędkości statku lub prędkości obrotowej można uzyskać na drodze badań doświadczalnych. Jest to jednak bardzo kosztowne i czasochłonne, ponadto wyniki takich badań są prawdziwe jedynie dla warunków w jakich zostały przeprowadzone. Dostosowanie takich wyników do innych warunków wymaga, poza wynikami badań modelowych -opracowań teoretycznych.

Podstawą takiej analizy teoretycznej są charakterystyki napędowe. Charakterystyki silnika otrzymuje się od producenta, a charakterystykę kadłuba i pędnika ustala się dla nominalnych parametrów pracy silnika.

Charakterystykę kadłuba ustala się na podstawie krzywej oporu, znając współczynnik ssania (na podstawie badań modelowych) oraz współczynnik strumienia nadążającego (który można określać teoretycznie). Korzystając z metody analizy regresyjnej, można krzywą $R(V)$ uzyskać dla dowolnych warunków eksploatacyjnych, należy przy tym uwzględnić przełożenie i sprawność układu.

W celu określenia zależności jednostkowego zużycia paliwa od parametrów pracy układu napędowego lub prędkości statku, na wyżej wymienione charakterystyki napędowe, nanosi się krzywe jednostkowego zużycia paliwa. Duże znaczenie ma tu dokładność charakterystyki zewnętrznej silnika oraz gęstość dostarczonych przez producenta linii jednostkowego zużycia paliwa.

Uwzględniając głębokość drogi wodnej i prędkość prądu, można zauważyć, że zużycie paliwa zmniejsza się wraz z obrotami silnika. Trudno jest wyznaczyć optymalną prędkość obrotową nie stawiając dodatkowych wymagań.

Problem można rozpatrywać z punktu widzenia armatora, czyli biorąc pod uwagę koszty całkowite. Wiedząc, że zwiększenie zanurzenia zwiększy opory statku, ale jednocześnie zwiększy jego ładowność, można dążyć do maksymalizacji zysków z przewozów.

Niezależnie jednak od dodatkowych kryteriów trzeba pamiętać o warunkach bezpieczeństwa. Oznacza to, że prędkość statku nie może być zbyt niska. Statek musi utrzymać prędkość umożliwiającą mu bezpieczne manewrowanie.

Zakładając znany przebieg funkcji zużycia paliwa (np. godzinowego) w funkcji obrotów, można dążyć do utrzymania parametrów pracy układu napędowego w obszarze liniowego wzrostu zużycia paliwa wraz ze zwiększaniem obrotów.

Najłatwiej jest to uzyskać stosując funkcję pochodnej godzinowego zużycia paliwa po obrotach, tj. tangens kąta pochylenia krzywej zużycia paliwa. W ten sposób można łatwo wyznaczyć zakres obrotów, dla których ich zmniejszanie przynosi największą korzyść (z punktu widzenia zużycia paliwa).

Do zastosowania takiej metody podczas trwania rejsu wymagany byłby stały pomiar głębokości drogi wodnej, prędkości płynięcia jednostki względem brzegu, prędkości prądu w korycie rzeki i zużycia paliwa (jako funkcja sprawdzająca).

Wymagane są więc metody określania krzywych oporu, współczynnika ssania i strumienia nadążającego, gdyż danych tych nie otrzymuje się w sposób bezpośredni.

1. OPORY RUCHU NA WODZIE OGRANICZONEJ

Na statek w ruchu postępowym oddziałują siły: masowe (związane z ciężarem statku), powierzchniowe (związane z oporami) i skupione (związane np. z holem czy sieciami rybackimi). Największy udział w oddziaływaniu na granicy woda - statek ma siła oporu.

Opór kadłuba spowodowany jest naprężeniami stycznymi i normalnymi do jego powierzchni. Naprężenia normalne wynikają z rozkładu ciśnień na zwilżonej powierzchni kadłuba. Naprężenia styczne wynikają z lepkości cieczy i związane są z prędkością opływania kadłuba przez ciecz. Opór całkowity jest sumą tych naprężeń.

Dodatkowo, poruszający się statek wytwarza układ falowy. Powoduje on opór falowy.

Wiedząc, że opór całkowity R_T jest sumą oporów tarcia R_F i ciśnienia R_P , a opór ciśnienia R_P możemy zapisać jako sumę oporu falowego R_W i lepkościowego oporu ciśnienia R_{VP} , to całość możemy opisać wzorem (1).

$$R_T = R_F + R_W + R_{VP} = \int_S \tau \cdot \cos(n, v) dS - \int_S p \cdot \cos(n, v) dS - \int_S \Delta p \cdot \cos(n, v) dS \quad (1)$$

gdzie: $\cos(n, v)$ – cosinus kąta zawartego między wektorem prędkości, a normalną do powierzchni.

Stosunek poszczególnych składników do oporu całkowitego zależy od czynników geometrycznych (kształt kadłuba, geometria drogi wodnej) i fizycznych czynników przepływu. Ich udziały w oporze całkowitym nie są ściśle określone i nie są stałe.

Przy opływie ciała sztywnego (w tym i kadłuba) wyróżnić można obszar: zewnętrzny, śladu hydrodynamicznego i warstwy przyściennej.

W obszarze zewnętrznym przepływ jest taki sam, jak dla cieczy idealnej. Poruszający się kadłub na ten obszar nie wpływa. Przepływ w obszarze śladu hydrodynamicznego wynika z istnienia warstwy przyściennej i jest jej przedłużeniem. W warstwie przyściennej charakter przepływu wynika z lepkości cieczy i z tego, że na ścianie ruchomej prędkość normalna jest równa zero, zaś styczna równa prędkości poruszającego się kadłuba.

Na opór lepkościowy wpływają:

- chropowatość – zwiększa opór lepkości,
- chropowatość kadłuba podczas eksploatacji zwiększa się. Wynika to z porostania kadłuba materia organiczną i powstawania rdzy,
- powietrze – ma wpływ na opór lepkościowy i ciśnienia części nawodnej statku,
- części wystające – stępki obłowe, płetwy stabilizujące, wały. [1]

Udział oporu lepkościowego w oporze całkowitym można minimalizować poprzez:

- zwiększanie gładkości powierzchni – stosując właściwą technologię wykonania kadłuba, odpowiednie farby i warstwy antyporostowe oraz okresowe czyszczenie i konserwację części podwodnych,
- laminaryzację przepływu w warstwie przyściennej – uzyskuje się to przez kształtowanie kadłuba tak, aby gradient ciśnienia miał znak ujemny, oraz zachowując gładkość powierzchni statku,
- wprowadzenie gazu do warstwy przyściennej – ma to na celu zmniejszenie naprężeń stycznych, stosuje się to w szybkich łodziach (pod dno wprowadza się gazy spalinowe). [1]

Statek poruszający się ruchem jednostajnym powoduje powstawanie na dziobie i rufie obszarów podwyższonego ciśnienia. W środkowej części kadłuba następuje zwiększenie prędkości opływu, a co za tym idzie zmniejszenie ciśnienia. W cieczy idealnej obszary pola ciśnień na rufie i dziobie byłyby identyczne, więc siła wypadkowa w kierunku przepływu zerowałaby się (paradoks d'Alemberta [3], [6]). W rzeczywistości, siła wypadkowa w kierunku przepływu nie zeruje się. Powstaje siła lepkościowego oporu ciśnienia R_{VP} .

Opór falowy jest wynikiem oddziaływania siły grawitacji na przepływ wokół kadłuba statku. Ponieważ zależy od prędkości, jest on pomijalnie mały dla bardzo małych prędkości, a dla kształtów pełnotliwych (gdy liczba Froude'a wynosi poniżej 0,1) można go całkowicie pominąć.

Opór falowy będzie mniejszy dla:

- odpowiednio długich okrętów i odpowiedniej prędkości pływania, tak by uzyskać niskie wartości liczby Froude'a $Fr < 0,1 - 0,2$, lub by pływał w zakresach znoszenia się układu fal rufowych i dziobowych,
- odpowiednich wymiarów i kształtów kadłuba,
- statków ze specjalnymi urządzeniami zmniejszającymi wysokość generowanej fali (gruszki i płetwy dziobowe),
- jednostek niekonwencjonalnych (wodoloty, katamarany, trimarany itp.) [1].

Z lepkości cieczy opływającej kadłub wynika powstanie warstwy przyściennej, czyli rozkład prędkości i ciśnień wokół opływającego kadłuba. Powoduje to powstanie oporu ciśnieniowego i oporu tarcia. Wartość oporu tarcia odpowiada scałkowanemu naprężeniu stycznemu po całej zwilżonej powierzchni. Istotny jest zatem rozkład prędkości w warstwie przyściennej. Jest to zagadnienie złożone, dlatego upraszcza się je do opływu płaskiej cienkiej płyty o nieograniczonej rozpiętości.

Składniki oporu całkowitego są od siebie zależne, dlatego zmiana jednego z nich spowoduje zmianę (nie zawsze proporcjonalną) innego. Dokładne wyznaczenie poszczególnych składników oporu jest niezwykle trudne. Służą do tego metody analityczne, uproszczone, numeryczne oraz badania modelowe.

W warunkach żeglugi śródlądowej mówi się o pływaniu w wodzie płytkiej. Zwraca się na to uwagę, gdyż w odróżnieniu od wód morskich (nieograniczonych) –warunki pływania zależą od odległości dna drogi wodnej od kadłuba statku.

Przepływ wody pomiędzy dnem rzeki a statkiem można porównać do przepływu pomiędzy równoległymi płaszczyznami –ruchomą (statek) i nieruchomą (dno rzeki).

W takim podejściu nie uwzględnia się chropowatości powierzchni koryta rzeki, ani zmian gradientu ciśnienia. Zakłada się w pełni rozwinięty przepływ turbulentny.

Ograniczenie głębokości drogi wodnej, powoduje występowanie innych zjawisk i innego charakteru oddziaływań statek – droga wodna.

Na przykład: prędkość opływu wody wokół kadłuba jest wyraźnie większa od prędkości pływania jednostki. Wynika to z przewężenia koryta rzeki szerokością statku. Zjawisko to jest pomijalne przy ruchu po wodzie nieograniczonej (na morzu).

Zauważalny staje się wtedy współczynnik przewężenia.

Wynikiem tego zjawiska jest też przepływ wsteczny. Jego prędkość to średnia prędkość przyrostu przepływu wody względem kadłuba. Wartość tej prędkości zależy od stopnia przewężenia i kształtu kadłuba. Może być ona większa od prędkości pływania statku.

Rozpatrując opór jednostki istotna jest tzw. prędkość krytyczna. Jest to prędkość powyżej której obserwuje się wyraźny wzrost oporu i wielkości osiadania jednostki. Związane jest to z przenoszeniem energii w ruchu falowym.

Dla wody płytkiej:

$$V_{kr} = \sqrt{g \cdot h} \quad (2)$$

Opór jednostki na wodzie ograniczonej wyznacza się jak dla statków morskich – z wzoru ustalonego na konferencji ITTC '57 lub ze wzoru Schoenherra. Obie metody zakładają występowanie swobodnej turbulentnej warstwy przyściennej, co nie jest prawdą dla wody ograniczonej. Z tego powodu używa się stosuje się współczynniki korygujące, uwzględniające gradient ciśnienia w kierunku przepływu.

2. MODELOWANIE OPŁYWU WOKÓŁ KADŁUBA

Opory ruchu statku zależą od opływu wody wokół kadłuba. Na charakter opływu istotnie wpływa głębokość drogi wodnej, dlatego zjawisko to ma zupełnie inny charakter dla wody nieograniczonej (morza) niż dla rzek. Niezależnie jednak od warunków zjawisko to jest bardzo złożone. Modeluje się je za pomocą programów komputerowych. Programy te zwykle tworzą model matematyczny oddziaływań hydrodynamicznych w układzie napędowym statku śródładowego. [5]

Przy ich pomocy określany jest nominalny i efektywny współczynnik strumienia nadążającego, rzeczywisty napór pędnika (z uwzględnieniem oddziaływania kadłuba), wymagany moment oraz sprawność, parametry pracy pędnika, rozkład ciśnienia na dnie drogi wodnej, wielkość osiadania, przegłębienie statku. Pozwalają na wyznaczenie prognoz napędowych dla różnych prędkości płynięcia i różnych głębokości drogi wodnej, na podstawie znanej krzywej oporu.

Dane wejściowe, potrzebne do przeprowadzenia obliczeń to: opis kadłuba (dane potrzebne do stworzenia siatki w środowisku CAD), głębokość i przekrój poprzeczny drogi wodnej, prędkość pływania, dane dotyczące pędnika.

Na tej podstawie obliczany jest opływ potencjalny, rozkład pola prędkości (z uwzględnieniem lepkości) i współczynnik strumienia nadążającego. Można też określić rozkład ciśnień na dnie drogi wodnej, wielkość osiadania i przegłębienie statku. Obliczenia te powinny uwzględniać oddziaływanie kadłuba, dna drogi wodnej, oraz pędników śrubowych i dyszy.

Opływ kadłuba można modelować w przepływie płaskim (2D) lub trójwymiarowym (3D). W obydwu przypadkach nie modeluje się rzeczywistego kształtu pędnika ze względu na wymagane zbyt duże zagęszczenie siatki i obliczenia trwały by zbyt długo. Dodatkowo dla uproszczenia, zakłada się jednorodny skok ciśnienia na pędniku, wykorzystując teorię pędnika idealnego. Dla obliczeń 3D zakłada się też obroty pędnika.

Skok ciśnienia wyznaczyć można metodą iteracji. Wyznacza się wtedy opór całkowity dla opływu bez pędnika, a następnie skok ciśnienia, uwzględniając opór całkowity kadłuba i średnicę pędnika. Obliczenia powtarza się aż do uzyskania siły obliczonej, równoważnej skokowi ciśnienia z poprzedniego kroku.

3. OBLICZANIE STRUMIENIA NADAŻAJĄCEGO

Obliczenia konieczne do projektowania układów napędowych bazują na badaniach modelowych samego kadłuba i charakterystykach tworzonych dla tzw. pędników swobodnych. W praktyce nie bada się układu kadłub z pędnikiem jednocześnie. Wzajemne oddziaływanie kadłuba i śruby uwzględnia się poprzez współczynnik. Współczynnik strumienia nadążającego określa rzeczywistą prędkość pędnika względem wody, gdyż jest ona inna od prędkości statku. Współczynnik ssania uwzględnia wpływ pędnika na opór kadłuba, gdyż opór kadłuba z pracującym pędnikiem jest inny od oporu samego kadłuba. Współczynniki te, podobnie jak opór, zależą od: kształtu kadłuba, prędkości pływania, geometrii drogi wodnej oraz rodzaju pędnika. Oblicza się je przy pomocy wyników badań modelowych, stosując obliczenia numeryczne przeprowadzane w środowisku CFD. Obliczenia te pozwalają określić pole prędkości w płaszczyźnie pędnika, a to jest konieczne do jednoznacznego określenia współczynnika strumienia nadążającego.

Model obliczeniowy może przyjmować uproszczony kształt kadłuba. Składową osiową prędkości w płaszczyźnie pracy pędnika otrzymuje się opierając się o algorytm Karmana dotyczący przepływu turbulentnego między ścianami równoległymi i o pojęcie drogi mieszania Prandtla. Stosując odpowiednie warunki brzegowe można uzyskać obwodowy

rozkład współczynnika strumienia nadążającego i obliczyć rozkład promieniowy z jego wartością średnią. [5]

Prostszym sposobem jest przeprowadzenie obliczeń w opraciu o uproszczony model przepływu cieczy nielepkiej w przestrzeni pomiędzy poszyciem dna kadłuba, a płaszczyzną dna drogi wodnej. Określenie zmian ciśnienia z uwzględnieniem rzeczywistego kształtu kadłuba statku uzyskuje się stosując powierzchniowy rozkład wirowości przy analizie opływu.

4. WARUNKI PRACY SILNIKA

Metody opisywania pracy głównych silników napędowych statków, pozwalają na zdefiniowanie energetycznych stanów operacji wykonywanych przez układ napędowy, w których wytwarzana energia jest transmitowana przez określony czas i dostarczana do odbiorników –śrub napędowych. Prawidłowe przeprowadzenie tych operacji zakłada dostarczenie do odbiornika takiej ilości energii, która pozwoli na wytworzenie odpowiedniego naporu. Wymagany napór dla danej, zdefiniowanej jednostki, zmienia się w zależności od oporów ruchu wynikających ze zmian geometrii drogi wodnej i innych warunków nawigacyjnych.

Zmiany zapotrzebowania energii w zależności od warunków nawigacyjnych oraz jej straty przy przejściach pomiędzy poszczególnymi etapami, można przedstawiać za pomocą modeli statystycznych. Opisuje się je wtedy na wykresach zmiany transmitowanej energii w czasie. Można to opisywać na dwa sposoby:

Z mechanicznego punktu widzenia, czyli jako wynik przemian energii kinetycznej i potencjalnej –metoda Hamiltona.

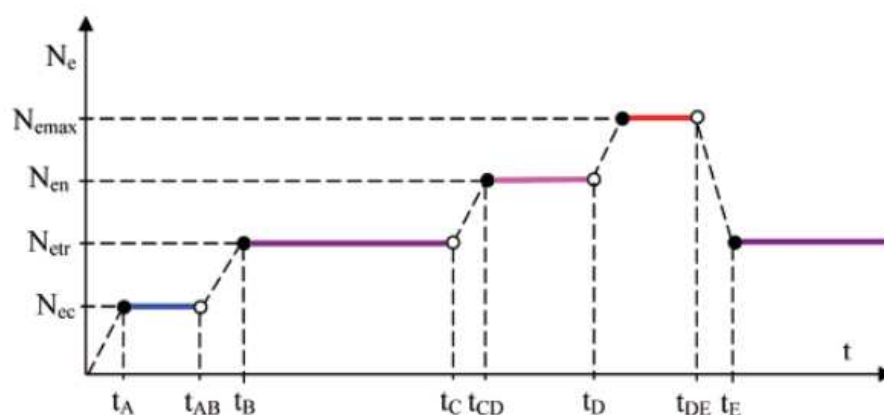
Wynikający tylko ze zmiany energii kinetycznej w systemie –metoda Mauperiusa.

Takie przedstawianie zmian energetycznych w systemach układów napędowych jest istotne, gdyż wskazuje nie tylko poszczególne stany w jakich znajduje się silnik w następujących po sobie fazach, ale również czasy przejść pomiędzy poszczególnymi stanami energetycznymi. Takie zobrazowanie procesu uwzględnia straty wynikające m.in. z przekształcenia części energii w ciepło oraz pracę nieobciążanego układu (np. w czasie krótkiego postoju). Dzięki temu można precyzyjniej zdefiniować potrzebną energię (z uwzględnieniem strat) oraz czas potrzebny do wykonania określonego zadania.

Ze względu na różne zewnętrzne warunki pracy układu napędowego, taka sama ilość energii przetworzonej przez ten sam układ napędowy, może dać różne efekty –wytworzyć inny napór. Wynika to z występujących warunków nawigacyjnych czy sposobu eksploatacji (np. zanurzenie).

Do teoretycznych obliczeń zmian stanów energetycznych potrzebna jest znajomość charakterystyk napędowych silnika, charakterystyk pędnika, charakterystyk oporowych jednostki oraz sprawności całego układu przeniesienia napędu.

Rysunek 1 przedstawia zmiany energii w układzie napędowym następujące w czasie. Energia chemiczna, przetwarzana jest na energię mechaniczną z uwzględnieniem strat (głównie na wytworzenie ciepła).



Rys. 1. Wykres zmian energetycznych w układzie napędowym

Źródło: [2]

Opisywanie przejść pomiędzy poszczególnymi stanami za pomocą modeli statystycznych wymaga określenia prawdopodobieństwa p przejść pomiędzy np. stanem 1 i 2 ($N_{ec} - N_{etr}$), w czasie τ_{1-2} . Można do tego użyć np. metody modelu semi-Marcov. Zakłada się wtedy, że przejście ze stanu 2 do 3 jest niezależne od poprzedzającego je przejścia ze stanu 1 do 2. Cały proces jest dyskretny jeśli chodzi o poszczególne stany, ale ciągły w czasie. [2]

Takie definiowanie zmian zachodzących w układzie napędowym statku, pozwala na przewidywanie zapotrzebowania energii. Takie podejście można wykorzystać do prognozowania zmiany zapotrzebowania energii przez układ napędowy ze względu na zmiany warunków nawigacyjnych. Metoda ta może służyć do rozważań teoretycznych, gdyż w praktyce, podczas wykonywania rejsu, odpowiednie przyrządy na bieżąco monitorują zmiany oporów i innych warunków wpływających na obciążanie układu napędowego i w sposób praktyczny (a nie teoretyczny) określa się zapotrzebowanie energii konieczne do wytworzenia przez statek (śrubę napędową) odpowiedniego naporu.

PODSUMOWANIE

Zmieniające się warunki nawigacyjne są istotnym czynnikiem wpływającym na warunki pracy układów napędowych statków śródlądowych. W warunkach polskiej żeglugi bieżące określanie wpływu tych parametrów na opory statku jest szczególnie istotne.

W referacie wskazano na charakter zmieniających się parametrów hydrotechnicznych, ich wpływ na ustalanie się punktu pracy silnika statku śródlądowego oraz sposoby określania tych relacji.

BIBLIOGRAFIA

1. Dudziak J.: *Teoria okrętu*, Wydawnictwo Morskie, Gdańsk 1988
2. Girtler Jerzy, *A method for evaluating the performance of a marine piston internal combustion engine used as the main engine on a ship during its voyage in different sailing conditions*, Polish Maritime Research Vol. 17, iss. 4(67), 2010
3. Gryboś R., *Podstawy Mechaniki Płynów*, Wydawnictwo Naukowe PWN, Warszawa, 1998
4. Kulczyk Jan, Krawczyk Tomasz, *Wpływ zanurzenia statku na koszty transportu węgla w relacji Śląsk – Berlin*
5. Kulczyk Jan, Prokopowicz Jarosław, Tabaczek Tomasz, Werszko Radosław, Zawiślak Maciej, Zieliński Andrzej, *Numeryczne modelowanie przepływu lepkiego wokół kadłuba statku śródlądowego na ograniczonej drodze wodnej*, Raport Instytutu Konstrukcji i Eksploatacji Maszyn Politechniki Wrocławskiej, Nr S-043/03, Wrocław 2003
6. Prosnak W., *Mechanika Płynów*, PWN Warszawa 1970

EFFECT OF NAVIGATION CONDITIONS ON SHIP'S ENGINE WORK CONDITION

Abstract

The parameters of the propulsion system depends on the generated pressure and the resistance necessary to overcome produced by the unit. The water resistance depends on the navigation conditions on the waterway.

The paper presents the influence of navigation conditions on the work conditions of the propulsion system of ship. The methods for determining the parameters of the drive system, the method of determination of resistance and impact factors were mentioned.

Autor:

mgr inż. **Emilia Skupień** – Politechnika Wrocławska

mgr inż. **Franciszek J. Restel** – Politechnika Wrocławska



KAPITAŁ LUDZKI
NARODOWA STRATEGIA SPÓJNOŚCI



**DOLNY
ŚLĄSK**

UNIA EUROPEJSKA
EUROPEJSKI
FUNDUSZ SPOŁECZNY



Projekt współfinansowany przez Unię Europejską w ramach Europejskiego Funduszu Społecznego