

Jacek Filipowicz, Piotr Filipowicz, Kinga Zaprawa

ZAGROŻENIE ŚRODOWISK WODNYCH I METODOLOGIA SZACOWANIA ZANIECZYSZCZEŃ EMITOWANYCH PRZEZ SILNIKI ŁODZI MOTOROWYCH

W artykule przedstawiony został problem zagrożenia środowiska wodnego i jego otoczenia spowodowanego emisją szkodliwych substancji zawartych w spalinach silników łodzi motorowych. Zaproponowano metodologię ich szacunkowego obliczania przy uwzględnieniu rodzaju emisji oraz aspektów ekologii determinujących ich wielkość.

WSTĘP

Pojęcie ekologii jest coraz szerzej obecne w życiu codziennym całego społeczeństwa. Zagadnienie nie dotyczy tylko społeczeństw i krajów wysoko rozwiniętych, lecz jest to problem globalny. Zagrożenia płynące z szeroko rozumianej techniki dawno przestały być problemem lokalnym. Zanieczyszczenia powietrza i wody nie uznają granic aglomeracji czy państw a ich negatywny wpływ odczuwalny jest na całym świecie. Środowisko naturalne dawno przestało być źródłem niewyczerpalnym, w związku z czym korzystanie z jego zasobów musi być prowadzone z należytą rozwagą i ostrożnością.

Słowo „ekologia” wywodzi się od połączenia dwóch greckich słów: oikos oznaczającego mieszkanie, gospodarstwo lub środowisko, oraz słowa logos – słowo, umysł, rozprawa, wiedza. Ekologia jako nauka biologiczna bada wzajemne stosunki między organizmami lub zespołami organizmów a otaczającym je środowiskiem. Kontroluje ekosystem, jego wewnętrzną strukturę, funkcjonowanie i ewolucję. Tworzy teoretyczne podstawy nauki o kształtowaniu środowiska przyrodniczego.

Ernest Heckel w roku 1866 ekologię rozumiał jako naukę obejmującą tę dziedzinę biologii, która bada współzależność między żywymi organizmami a otaczającym je środowiskiem. Przez następne pół wieku ekologia nie wychodziła poza krąg nauk przyrodniczych. Dopiero w latach trzydziestych XX wieku stała się przedmiotem badań nauk społecznych. W drugiej połowie XX wieku zauważalnym stał się skok wiedzy ekologicznej, przyspieszenie upowszechniania jej wyników oraz intensyfikację i umiędzynarodowienie działań na rzecz ochrony środowiska. Konieczne stało się całościowe i systemowe traktowanie środowiska, uwzględniające technikę, gospodarkę, społeczeństwo i stosunki międzynarodowe, czyli naturalne jak i cywilizacyjne otoczenie człowieka.

Tematem niniejszego artykułu jest wpływ i metodologia szacowania zanieczyszczeń spalinowych od silników łodzi motorowych. Konstrukcje nowoczesnych łodzi w znacznym stopniu ograniczają emisję substancji szkodliwych do środowiska. Zmienia się również podejście do ich projektowania oraz sposobów eksploatacji. Wytwarzane „ekoprodukty” sugerują tym samym, że są produkowane z myślą i w trosce o ekologię.

Do niedawna większość użytkowników akwenów wodnych stanowili żeglarze i kajakarze. Od kilku lat proporcje zmieniają się na korzyść motorowodniaków. Coraz częściej spotyka się potężne ślizgacze, skutery wodne i łodzie motorowe. Superszybkie motorówki, lekkie

łodzie na konstrukcji pontonowej z nadbudówką z laminatu i potężnym silnikami nie wzbudzają już sensacji. Małe łódki z domontowanym silnikiem o mocy kilkunastu koni mechanicznych spotykane są w ilościach podobnych, do potężnych od kilku do kilkunastometrowych łodzi z silnikami sięgającymi mocą 200 kW.

Sport i turystyka żeglowa jest bardzo czasochłonna. Dużo czasu należy poświęcić na naukę, potem na samo pływanie. Łodzie motorowe są prostsze i wygodniejsze w prowadzeniu niż samochód. Dla fanów szybkości i szaleństw są skutery i ślizgacze, natomiast dla tych, którzy po prostu chcą spędzić wakacje na wodzie, ale nie lubią wysiłku fizycznego związanego z wiosłami czy też nie potrafią żeglować są pływające domy, coś na kształt zabudowanej motorowej barki wyposażonej we wszelkiego rodzaju wygodę.

Należy zwrócić uwagę iż turystyka i sporty motorowodne nigdy nie będą tanie. Silniki spa-linowe palą ogromne ilości paliwa w przeliczeniu na kilometry lub motogodziny pracy. Właściciele dużych łodzi zużycia paliwa nie liczą w litrach ale w złotychkach. Nieduży ślizgacz, który z pięcioma osobami na pokładzie płynie z szybkością około 70 km/godz., spala przy pełnej prędkości około 60 litrów paliwa na godzinę. Większe, cięższe motorówki z dwoma silnikami o mocy do 300 koni mechanicznych każdy, mogą spalać nawet do 100 litrów na godzinę pływania.

ZAGROŻENIA BEZPOŚREDNIE I POŚREDNIE AKWENÓW WODNYCH I ICH OTOCZENIA

Negatywne oddziaływanie wodnej turystyki i sportu motorowego na środowisko może mieć charakter bezpośredni, czego skutki odczuwalne mogą być natychmiastowo i mają ścisły związek z przyczyną lub pośredni ze skutkami następującymi często po dłuższym czasie i nie mającymi bezpośredniego powiązania z przyczyną zagrożenia.

Zagrożenia te można sklasyfikować w następujący sposób:

- Hałas i drgania,
- Spaliny,
- Oddziaływanie fal elektromagnetycznych
- Parowanie i wycieki paliw i materiałów eksploatacyjnych,
- Zanieczyszczenia efektu zużycia ciernych i czasowych,
- Zdarzenia wypadkowe i katastrofy ekologiczne,

Spaliny silników są mieszaniną substancji znajdujących się w różnych stanach skupienia. Przeważają substancje znajdujące się w gazowym stanie skupienia, ale są również substancje ciekłe i stałe. W miarę obniżania się temperatury spalin wyemitowanych z silnika rośnie w nich względny udział tych substancji. Przyczyny powstawania poszczególnych składników spalin są następujące[2]:

- spalanie zupełne i niezupełne paliwa i oleju;
- spalanie całkowite i niecałkowite paliwa i oleju;
- dysocjacja termiczna składników spalin;
- dysocjacje termiczna par paliwa i oleju;
- procesy towarzyszące spalaniu paliwa, m.in. utlenianie azotu zawartego w powietrzu;
- procesy absorpcji i desorpcji par oleju i paliwa w cylindrach silnika w czasie suwów sprężania;
- emitowanie produktów powstających z zanieczyszczeń i dodatków do paliwa i oleju;
- procesy zachodzące z udziałem składników spalin w atmosferze.

Składniki spalin silników można klasyfikować według wielu kryteriów. Produkty spalania zupełnego wśród składników spalin to:

- dwutlenek węgla CO₂,
- woda H₂O,
- trójtlenek siarki SO₃.

Produktami spalania niecałkowitego są węglowodory, oznaczane HC lub THC i ich pochodne. Z kolei produktami spalania niezupełnego są:

- węglowodory HC;
- pochodne węglowodorów, m.in. aldehydy RCHO (R – węglowodorowa grupa funkcyjna);
- tlenek węgla CO;
- sadza C (w rzeczywistości sadza jest odwodornionym wielopierścieniowym węglowodorem);
- tlenek siarki.

Substancje szkodliwe dla zdrowia organizmów żywych, występujące w spalinach silników w stosunkowo dużych stężeniach, to przede wszystkim:

- tlenek węgla CO;
- węglowodory HC i ich pochodne, w wielu wypadkach zamiennie określane jako lotne związki organiczne VOC;
- tlenek azotu (tlenek i dwutlenek);
- tlenki siarki (tlenek, dwutlenek, trójtlenek);
- ołów i jego związki;

- sadza, dymy, popioły, metale, inne substancje stałe, ciężkie związki organiczne w fazie ciekłej, częściowo zamiennie określane jako cząstki stałe PM (TPM).

Wśród substancji nieszkodliwych bezpośrednio dla zdrowia organizmów żywych lub występujących w spalinach w niewielkich stężeniach są substancje szkodliwe dla środowiska. Sprzyjają one w szczególności powstawaniu zjawiska cieplarnianego w atmosferze. Należą do nich głównie:

- dwutlenek węgla CO₂,
- metan CH₄,
- amoniak NH₃,
- podtlenek azotu N₂O.

Substancjami nieszkodliwymi dla zdrowia organizmów żywych i dla środowiska wodnego są:

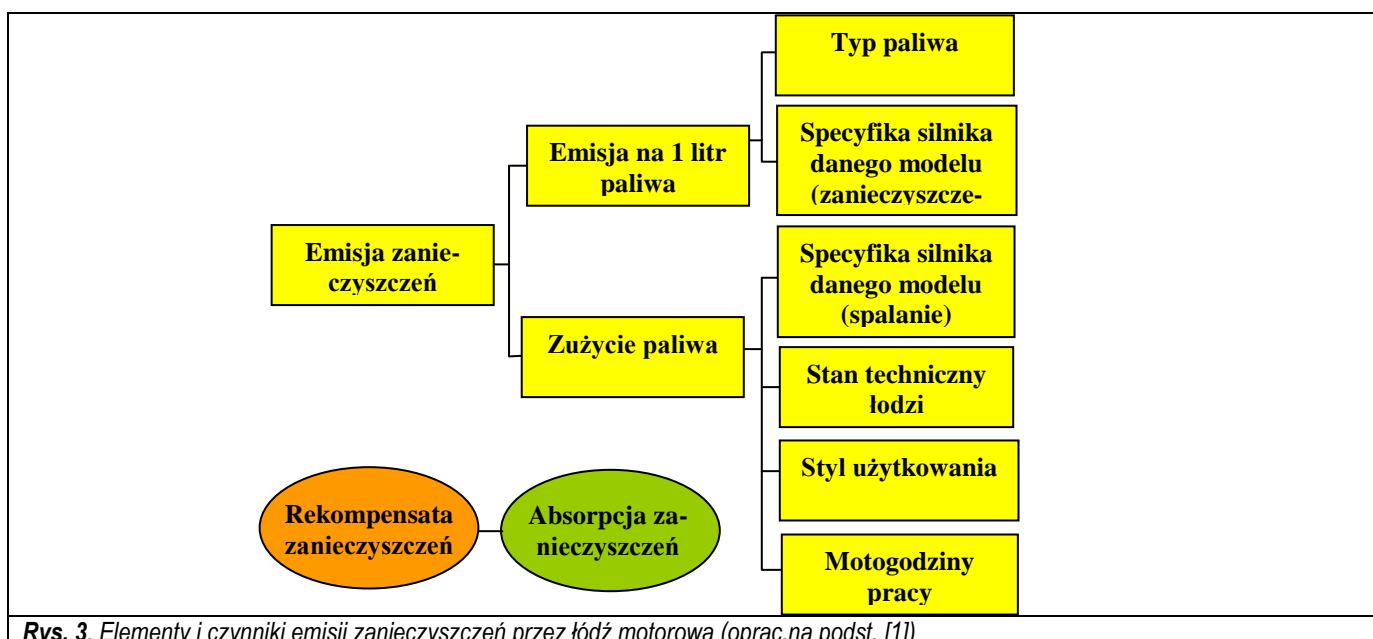
- tlen,
- azot,
- wodór.

Jak widać spaliny stanowią te stanowią mieszaninę wielu substancji, cząsteczek i grup związków chemicznych. W przybliżeniu każdy zużyty litr paliwa to ponad 2 kg różnych związków emitowanych do środowiska.

Uboczne skutki turystyki i sportów motorowodnych są ogólnie traktowane jako zanieczyszczenia. Tempo ich wytwarzania (tj. współczynniki emisji czy jej wielkość) – ze względu na ograniczone dane i brak dostępnych informacji oraz brak metodologii szacowania jest nie znane lub bardzo szacunkowe. Ciągły wzrost liczby łodzi motorowych, ich wielkości oraz pojemności silników napędowych, a co za tym idzie infrastruktury obsługowej, powinno narzucać coraz wyższe standardy ochrony środowiska i określone zadania takie jak:

- coraz bardziej restrykcyjne standardy czystości powietrza, wody i otoczenia,
- harmonizacja i standaryzacja gromadzenia danych i obróbki statystycznej na temat natężenia ruchu i danych eksploatacyjnych łodzi,
- poprawa gatunków paliw i materiałów eksploatacyjnych,
- wprowadzenie na rynek silników o niskiej nie toksycznej emisji spalin i efektów ubocznych jego pracy,
- wzrost nakładów na badania w celu ulepszenia bazy danych na temat czynników szkodliwych emisji jak również rozszerzenia zakresu badania samych zanieczyszczeń.

Realizacja powyższych zadań musi być powiązana z czynnikami i



Rys. 3. Elementy i czynniki emisji zanieczyszczeń przez łódź motorową (oprac. na podst. [1])

elementami związanymi z emisją zanieczyszczeń i działaniami zmierzającymi do ograniczania, unieszkodliwiania i absorpcji zanieczyszczeń spalinowych(rys. 3).

ŁODZIE I SILNIKI SPALINOWE

Każda z trzech części napędu silnikowego charakteryzuje się wieloma odmiennymi cechami tak pod względem konstrukcji, właściwości oraz sposobu działania. W nazewnictwie napędów spotyka się więc różne określenia, często dotyczące tego samego napędu, wynikające z przyjęcia różnych kryteriów podziału. Można zatem dzielić napędy silnikowe w różnoraki sposób w zależności od tego, jaka jego cecha zostanie wzięta pod uwagę. Uwzględniając zatem rodzaj źródła napędu, zarysował się podział napędów na[3]:

- napędy spalinowe,
- napędy elektryczne,
- napędy spalinowo-elektryczne (hybrydowe).

Warto zaznaczyć, że obserwuje się coraz większe zainteresowanie żeglarzy napędami elektrycznymi, co przekłada się na rosnący na rynku asortyment tych napędów. Biorąc pod uwagę sposób zabudowy napędu, rozróżnia się napędy:

- wbudowane (stacjonarne),
- przyczepne (zaburtowe).

Biorąc więc pod uwagę typ pędnika, można dzielić napędy spalinowe na:

- śrubowe,
- strumieniowe.

Napędy śrubowe w zależności od rodzaju śruby dzieli się na napędy ze śrubą:

- stałą,
- nastawną,
- składaną.

Natomiast w zależności od liczby śrub rozróżnia się napędy:

- jednośrubowe,
- wielośrubowe (dwo-, trzy- i czterośrubowe).

W napędach spalinowych mogą być stosowane dwa rodzaje silników. Jeśli za podstawę podziału napędów weźmie się zatem rodzaj silnika spalinowego, a w szczególności rodzaj zapłonu i paliwa, wówczas rozróżniać się będzie napędy:

- na olej napędowy (czyli z silnikiem o zapłonie samoczynnym – silnikiem Diesla); stąd używana nazwa: Dieslowski napęd jachtu,
- na benzynę (czyli z silnikiem o zapłonie iskrowym – silnikiem Otto); stąd używana nazwa: Benzynowy napęd jachtu.

Przekładnia wchodząca w skład części pośredniczącej napędu spalinowego może być mechaniczna, hydrauliczna lub elektryczna. To zróżnicowanie przekładni jest podstawą kolejnego podziału napędów spalinowych na:

- napędy z mechanicznym przeniesieniem mocy,
- napędy z hydraulicznym przeniesieniem mocy(napędy spalinowo-hydrauliczne),
- napędy spalinowo-elektryczne.

Silniki stacjonarne[4]-jedne z najczęściej spotykanych jednostek napędowych. Znajdują one zastosowanie zarówno do użytku komercyjnego jak i rekreacyjnego. Stosowane są w łodziach motorowych, łodziach żaglowych jak i łodziach rekreacyjnych typu houseboats. Zakres mocy zaczyna się od kilku KM i kończy na tysiącach KM. Na łodziach motorowych najczęściej spotykamy silniki o mocy do kilkuset KM. Patrząc na ekonomię w chwili zakupu silnika najtańszym rozwiązaniem jest zaburtowy lub stacjonarny silnik benzynowy, niestety po krótkim okresie użytkowania, bardzo częstym wnioskiem do jakiego dochodzi właściciel jest chęć wymiany na bardziej ekonomiczny oraz bardziej przyjazny środowisku stacjo-

narny silnik diesla. Silnik diesla daje możliwość zastosowania do wielu istniejących na rynku systemów napędowych. Znalazły one zastosowanie z powodu dużego i w miarę stałego momentu napędowego. Ich sprawność zdecydowanie przewyższa silniki benzynowe, a ekonomia zużycia paliwa stawia je na pierwszym miejscu wśród silników spalinowych.

Silniki zaburtowe[4] to najprostszy układ napędowy spotykany na łodziach motorowych.

Zakres mocy silników zaczyna się od około 2 KM i kończy na 400 KM. Silniki zaburtowe występują w wersji dwusuwowej oraz czterosuwowej. Nowoczesne rozwiązania oraz wymogi związane z ekologią przyczyniły się do innowacyjności obydwu wersji. Obecnie spotykamy silniki dwusuwowe z wtryskiem paliwa i oleju oraz silniki czterosuwowe z wtryskiem paliwa. Dodatkowo w tych ostatnich popularne są silniki z doładowaniem mechanicznym, dzięki czemu możliwe jest osiągnięcie mocy 400 KM. Obecnie firmy produkujące silniki diesla również zapowiadają nową linię zaburtowych silników, która może zdominować rynek silników zaburtowych.

Bardzo często spotykaną grupą silników zaburtowych są silniki dwusuwowe. Wśród dostępnych na rynku modeli możemy zauważyć klasyczne silniki dwusuwowe, które z tytułu prostej budowy, małej masy i niezawodności znalazły zastosowanie w służbach branżowych i ratunkowych. Niestety z tytułu ekologii nie są one dostępne dla klientów indywidualnych, którzy użytkują stare modele tej grupy silników. Dzięki ekologii producenci silników dwusuwowych ulepszyli swoje produkty dzięki czemu obecnie możemy znaleźć na rynku zaawansowane silniki dwusuwowe spełniające normy ekologiczne, w których stosuje się wtrysk paliwa i wtrysk oleju

Kolejną grupą silników zaburtowych są silniki czterosuwowe. Na rynku funkcjonują silniki czterosuwowe gaźnikowe (ale wraz ze wzrostem mocy coraz częściej spotykamy rozwiązanie z elektronicznym wtryskiem paliwa potocznie zwanym EFI). Dodatkowo w modelach o większej mocy możemy zauważyć trendy stosowane w silnikach samochodowych. Najczęstszym takim rozwiązaniem jest doładowanie mechaniczne, dzięki któremu z jednostek o pojemności 2,6 litra i pierwszej mocy projektowej 200 KM osiąga się 300 – 400 KM.

Ostatnimi nowościami, jakie pojawiły się na rynku są ekologiczne silniki zasilane gazem. Jak na razie zakres mocy nie jest duży, gdyż zaczyna się od 2 KM a kończy na 20 KM, ale do małych łodzi oraz do jachtów żaglowych to idealne jednostki napędowe.

MOŻLIWOŚCI SZACOWANIA ZANIECZYSZCZEŃ SPALINOWYCH PRZEZ SILNIKI ŁODZI

Różnorodne metody wykorzystywane są do obliczenia zużycia energii i emisji zależą przede wszystkim od rodzaju zanieczyszczeń, typu i charakterystyki technicznej łodzi, co jest nieuniknione ze względu na różnorodność ilości i jakości danych w każdym z przypadków. Metody te mogą być zgrupowane w czterech klasach[5]:

- obliczenia bazujące na aktywności ruchu
- obliczenia bazujące na zużyciu energii
- obliczenia równowagi węgla
- obliczenia dotyczące określonych zanieczyszczeń

Szacowanie emisji związanej z ruchem motorowodnym mogą być oparte na podstawie głównych zanieczyszczeń, a szczegóły wyznaczone w oparciu o rozkład ilościowy i jakościowy - uwzględniona może być emisja gorąca, startowa (dodatkowa) i parowania. Obliczenia emisji można oprzeć na ogólnym równaniu, które może być stosowane dla pojedynczego silnika po flotę łodzi dla określonej infrastruktury liniowej akwenów wodnych:

Gdzie: E jest wielkością emisji, e określa tempo emisji na jednostkę pływającą, natomiast a jest wielkością charakteryzującą rodzaj i charakter wy-korzystania łodzi oraz ich aktywność.

W celu otrzymania oszacowania zanieczyszczeń z akceptowalną dokładnością wymagana jest współpraca wielu ekspertów i specjalistów zajmujących się inżynierią oraz geografią przemieszczania w celu dostarczenia wymaganych informacji i danych na temat rodzaju ruchu, jego natury oraz aktywności. Drugą grupę ekspertów stanowić muszą badacze emisji zanieczyszczeń z silników, potrzebni do określenia ich wielkości i tempa w korelacji z wzorcami światowymi. Głównym źródłem emisji zanieczyszczeń są spaliny i węglowodory powstające podczas spalania paliwa. Gdy silnik uruchamiany jest podczas temperatury niższej niż temperatura jego normalnej pracy jego sprawność jest obniżona przez co przetwarza paliwo nieefektywnie a ilość wytwarzanych zanieczyszczeń jest niewspółmiernie wyższa w porównaniu z jego pracą w termicznych warunkach

$$E = E_{ust} + E_{start} + E_{par} \quad (2)$$

ustalonych. Zależności te brane są pod uwagę przy ustaleniu poniższej metody obliczeniowej:

gdzie:

E - emisja całkowita;

E_{ust} - emisja w warunkach termicznego stanu pracy ustalonej, gdy silnik jest rozgrzany;

E_{start} - emisja, gdy silnik nie jest rozgrzany;

E_{par} - emisja pochodząca od samego spalania (tylko dla VOC czyli lotnych związków organicznych, znanych również jako węglowodory, z różnorodnym wpływem na środowisko i ludzkie zdrowie).

Wartość każdego z tych składników emisji całkowitej zależy od współczynnika emisji oraz wielkości parametrów związanych z charakterem i warunkami pracy łodzi:

gdzie:

E_x - jest jednym ze współczynników w emisję całkowitą;

e_x - jest aktywnością związaną ze współczynnikiem emisji;

a - jest wielkością rodzaju i aktywności ruchu odpowiadającą

typowi emisji.

Parametry e_x i a zależne są od innych zmiennych zależnych od technicznych i strukturalnych aspektów emisji zanieczyszczeń.

Dla emisji termicznego stanu pracy ustalonej współczynnik związany z aktywnością jest wyrażony głównie jako funkcja średniej prędkości łodzi. Współczynniki korygujące mogą być funkcjami wielu różnych zmiennych, pozwalają na modyfikację dla cech zmieniających opory ruchu łodzi takich jak np. charakter wykorzystania, opory powietrza, warunki pogodowe, stan techniczny łodzi, obciążenie, itp.

Emisja startowa pojawia się tylko podczas ruszania łodzi przy silniku rozgrzanym lub na dłuższym dystansie gdy temperatura uruchamianego silnika była niższa od ustalonej termicznej temperatury pracy. Dlatego też emisja ta jest wyrażona jako wielkość wytwarzana jednostkowo dystansie lub czasie pracy silnika, gdy jest nie rozgrzany.

Przyczyn emisji parowania jest wiele. Opary paliwa są wydalane np. za każdym razem, gdy zbiornik jest uzupełniany. Konstrukcyjny brak szczelności zbiorników paliwa w połączeniu ze znacznymi wahaniami temperatury (wzrost temperatury w dzień i spadek nocą) również powodują wzrost wyparowywania paliwa, ponadto wyparowywanie ma miejsce gdy silnik jest rozgrzany w trakcie lub po uży-

waniu. Dużą emisją parowania charakteryzują się również silniki o charakterystykach nie całkowitego spalania paliwa w cylindrach.

Powyższe kryteria stosuje się, z pewnymi wyjątkami, do wszystkich emitowanych zanieczyszczeń i typów łodzi, z tym, że różne klasy i rodzaje zachowują się inaczej i związku po-między emisją i charakterystykami pracy różnią się dla każdego typu zanieczyszczenia. Z tego powodu oszacowanie emisji, głównie występującego, ruchu mieszanego musi być sumą emisji z każdej jednorodnej jednostki pływającej.

Charakterystyki szybkości emisji spalin są dobrze znane i choć różnią się one nieco w zależności od typu silnika oraz rodzaju zanieczyszczenia, ogólnie pokazują one: wysoką emisję przy niskich średnich prędkościach, gdy praca łodzi jest nieefektywna (niska sprawność) z powodu częstych postojów, przyspieszeń i opóźnień; tendencję do wysokiej emisji przy dużych prędkościach z powodu wzrostu oporów przemieszczania a co za tym idzie zapotrzebowania na wysoką moc silnika i zużycie paliwa; oraz minimalną emisję dla środkowych przedziałów prędkości obrotowych silnika, gdy spada zapotrzebowanie silnika na paliwo z powodu najlepszych warunków pracy - wysoki moment obrotowy.

AKTYWNOŚĆ RUCHU ŁODZI MOTOROWYCH

Ze względu na różnorodność konstrukcji i przeznaczenia emisja z różnych typów łodzi różni się znacząco, dlatego też konieczne jest ustanowienie klasyfikacji, według której łodzi w każdej klasie przedstawiają wystarczającą jednorodność aby można było je traktować jako jedna grupa. Współczynniki emisji muszą wiązać się z danymi o aktywności ruchu, a więc klasyfikacja emisji musi być kompatybilna z tą wykorzystywaną w statystyce dotyczącej charakterystyki ruchu. Głównymi kryteriami branymi pod uwagę i uwzględnianymi w klasyfikacji są:

- Typ łodzi,
- Wielkość (pojemność silnika, waga),
- Poziom kontroli emisji
- Stosowane paliwo (benzyna, olej napędowy, LPG, CNG lub inne paliwa alternatywne),
- Rodzaj silnika (4-suwowy lub 2-suwowy),
- Przeznaczenie

Aby ocenić emisję zanieczyszczeń, potrzebne są dane odnośnie liczby łodzi w każdej z kategorii, oraz przejechanych odległościach, ich prędkościach i motogodzinach pracy w jednostkach czasu.

Wiele cech łodzi (wielkość, wiek, rodzaj paliwa itp.) ma ścisły związek ze sposobem ich wykorzystania, co odzwierciedla się w ich typowej rocznej liczbie przeplniętych kilometrów czy też przepracowanych motogodzinach co ma powiązanie ze średnim składem ruchu na danym obszarze. Najbardziej prawdopodobne jest spotkanie w ruchu tych jednostek, które są najpowszechniejsze, które przepływają naj-więcej kilometrów i spędzają na wodzie najwięcej motogodzin.

Poprzez połączenie znanych danych statystycznych, możliwe jest stworzenie średniego, i z konieczności przybliżonego, składu ruchu z uwzględnieniem klasyfikacji wg. emisji. Istotną wadą zestawienia danych jest to, że utrudnione jest uwzględnienie warunków działania i charakteru wykorzystania łodzi, które mają znaczący wpływ na emisje.

Uwzględniając istnienie różnych kategorii jednostek i uwzględniając po-niższe dane można obliczyć emisję zanieczyszczeń wg. poniższej zależności[na podst.5]:

$$E = e * a \quad (1)$$

$$E_k = \sum_{i=1}^{i=kategorie} n_i \cdot l_i \cdot \sum_{j=1}^{j=charakter} p_{i,j} \cdot e_{i,j,k} \quad (4)$$

gdzie:

k - określa rodzaj zanieczyszczenia,

i - jest kategorią jednostki,

j - charakter pracy jednostki,

ni - jest ilością jednostek w kategorii i,

li - jest średnią roczną przebytych odległości lub przepracowanych mth przez łódzie z kategorii i,

pi,j - jest procentem charakteru pracy j przez jednostkę i,

ei,j,k - jest wartością wskaźnika emisji zanieczyszczenia k dla średniej prędkości płynięcia lub przepracowanych mth charakteru pracy j, dla kategorii jednostki pływającej i.

WNIOSKI

Jednym z głównych wyzwań w działalności związanej z ochroną środowiska naturalnego jest zredukowanie emisji zanieczyszczeń i zużycia energii spowodowanej działalnością transportu, szczególnie w obszarach miejskich, innych skupiskach ludzkich i na obszarach przyrodniczych. Ochrona akwenów wodnych i ich otoczenia narażonych na nieuchronny wzrost działalności ludzkiej związanej z turystyką i sportem motorowodnym ale również z działalnością gospodarczą (transport wodny) musi pociągać za sobą coraz bardziej restrykcyjne standardy czystości powietrza, a co za tym idzie, zastrzeżenie norm emisji zanieczyszczeń każdego rodzaju. Kondensacja emitowanych zanieczyszczeń powinna podlegać ciągłemu monitorowaniu i szacowaniu ich wielkości w oparciu o sprecyzowaną metodologię dostosowaną do określonego rejonu i obszaru geograficznego.

$$E_x = e_x \times a \quad (3)$$

Badania i pomiary kondensacji oraz emisyjności zanieczyszczeń przez określone motorowe jednostki pływające muszą skutkować:

- standaryzacją i harmonizacją gromadzenia danych i statystyk na temat ruchu łodzi w różnych regionach kraju,
- wprowadzaniem na rynek jednostek o coraz niższej emisyjności zanieczyszczeń,
- monitoring i kontrola ruchu łodzi i ich stanu technicznego,
- eliminacja z użytkowania jednostek znacznie zagrażających środowisku,

- wprowadzeniem na rynek poprawionych gatunków paliw i materiałów eksploatacyjnych,
- dalszą działalnością badawczą w celu poprawienia baz danych na temat czynników emisji

Pojawiającą się coraz częściej na akwenach wodnych alternatywą, aczkolwiek na razie dość drogą, dla napędu spalinowego są ekonapędy czyli napęd od silnika elektrycznego. Stosowanie tego typu to przede wszystkim wysoki komfort żeglowania bez zbędnego hałasu i wibracji wytwarzanych przez tradycyjne silniki. Nie można również zapomnieć o tym, że silniki elektryczne nie wytwarzają spalin, dzięki czemu nie zanieczyszczają środowiska. Kolejną zaletą tego rodzaju napędu jest możliwość żeglowania po wodach objętych strefą ciszy, niedostępnych dla jachtów ze standardowymi silnikami spalinowymi.

BIBLIOGRAFIA

1. Ministerstwo Ochrony Środowiska: „Ekologia we flotach samochodowych”, Energy
2. Saving Trust - Leaseplan.pl
3. <http://autokult.pl/9882,spaliny-silnikow-co-zawieraja-i-jak-to-wplywa-na-czlowieka>
4. <http://www.motorowy.pl/blog/krzysztof-zbierski/jachtowe-napedy-silnikowe>
5. <http://www.marineengineering.pl/home/>
6. www.eu-portal.net

The threat of aquatic environments and the methodology used for estimating impurities emitted by engines motorboats

The paper presented an issue the threat of the aquatic environment and the environment caused by the emission of harmful substances contained in the exhaust gas engine boats. The methodology of calculating the estimated taking into account the types of emissions and aspects ecologists determining their size.

Autorzy:

dr inż. **Jacek Filipowicz** - adiunkt, Wydział Transportu i Elektrotechniki UT-H Radom

Piotr Filipowicz - student Wydziału Nauki o Zdrowiu i Kultury Fizycznej UT-H Radom

Kinga Zaprawa - studentka Wydziału Nauki o Zdrowiu i Kultury Fizycznej UT-H Radom