

Leszek Piaseczny, Tomasz Kniaziewicz
Akademia Marynarki Wojennej

MOŻLIWOŚĆ WYKORZYSTANIA INFORMACJI Z SYSTEMU AIS W MODELOWANIU EMISJI SKŁADNIKÓW SPALIN Z SILNIKÓW STATKÓW W REJONIE ZATOKI GDAŃSKIEJ

STRESZCZENIE

Rosnąca presja proekologiczna społeczeństwa spowodowała, że zanieczyszczenie atmosfery przez spaliny silników okrętowych stało się jednym z głównych problemów ochrony środowiska morskiego ostatnich lat. Obszar Zatoki Gdańskiej, podobnie jak miasta portowe czy rejony nadmorskie, narażony jest na wpływ zanieczyszczeń zawartych w spalinach zakładów przemysłowych, elektrowni i pojazdów oraz związków szkodliwych zawartych w spalinach jednostek pływających. W celu określenia udziału jednostek pływających w zanieczyszczeniu powietrza atmosferycznego oraz przeciwdziałania szkodliwym wpływom związków toksycznych w spalinach silników okrętowych konieczna jest znajomość wartości emisji tych związków. Jest to możliwe przy znajomości parametrów ruchu jednostek, wartości stężeń poszczególnych związków dla tych parametrów oraz warunków atmosferycznych. W pracy przedstawiono warunki dotyczące modelowania emisji składników spalin z silników statków pływających w rejonie Zatoki Gdańskiej z wykorzystaniem informacji pochodzących z systemu AIS.

WSTĘP

Problem zanieczyszczenia powietrza w portach oraz w miejscach podejścia do portów jest o tyle ważny, że porty znajdują się zazwyczaj w pobliżu lub na terenie dużych miast, a ich ograniczony obszar powoduje dużą koncentrację jednostek na małym obszarze. Nie bez znaczenia pozostają również szeroko pojęte uwarunkowania eksploatacyjne. Do tych ostatnich zaliczyć można sposób użytkowania silników, częstość występowania i charakter przebiegu stanów nieustalonych, procesów przejściowych charakteryzujących się znacznie większą emisją związków toksycznych niż podczas pływania na otwartych akwenach ze stałym obciążeniem

silników. Na sposób użytkowania mają wpływ również warunki zewnętrzne, czyli oddziaływanie środowiska morskiego na pracę silnika. Oczywiście nie mniejszy wpływ na toksyczność spalin mają stosowane rodzaje paliwa i oleju smarowego.

Prowadzone obecnie badania dotyczące zanieczyszczenia atmosfery spowodowanej emisją związków szkodliwych z silników trakcyjnych dotyczą przede wszystkim silników pojazdów [1, 2] oraz silników lotniczych [10]. Stanowią one bardzo duży wkład w rozwój modelowania emisji związków szkodliwych emitowanych z silników spalinowych, jednak ze względu na odmienność zarówno warunków topograficznych, hydrometeorologicznych, jak i specyfikę eksploatacji jednostek pływających nie mogą one zostać zastosowane do oceny emisji w obszarach nadmorskich.

MODELOWANIE EMISJI SKŁADNIKÓW SPALIN Z SILNIKÓW STATKÓW

Emisja E oraz stężenie (najczęściej masowe) zanieczyszczenia rozproszonego w powietrzu atmosferycznym — imisja I — w obszarach zurbanizowanych jest przedmiotem intensywnych prac badawczych prowadzonych w wielu ośrodkach naukowych w kraju i zagranicą. Zależność pomiędzy emisją związków szkodliwych w spalinach a ich imisją można zapisać następująco [2]:

$$I(t) = \mathcal{N}[E(t)], \quad (1)$$

gdzie \mathcal{N} — pewien operator matematyczny (np. funkcjonal).

Natężenie emisji E będącej funkcją czasu $m_t(t)$ z określonego źródła względem czasu t :

$$E(t) = \frac{dm_t(t)}{dt}, \quad (2)$$

gdzie m_t — masa danego związku szkodliwego.

Emisja drogowa jest definiowana jako pochodna emisji będącej funkcją drogi $m_s(s)$ ze źródła, jakim jest jednostka pływająca, względem drogi s przez nią przebywanej:

$$b_s = \frac{dm_s(s)}{ds}. \quad (3)$$

Na podstawie równania (3) można zapisać, że emisja na drodze S wyniesie:

$$m_s(S) = \int_0^S b_s(s) ds, \quad (4)$$

a w czasie T

$$m_t(T) = \int_0^T b_t(t)v(t)dt, \quad (5)$$

gdzie $v(t)$ — prędkość jednostki pływającej.

Modelowanie emisji poszczególnych składników spalin z układów wylotowych silników okrętowych w czasie ruchu po określonym obszarze stanowi jeden z kluczowych problemów w zagadnieniach bilansowania i sporządzania danych wejściowych dla modeli dyspersji emisji.

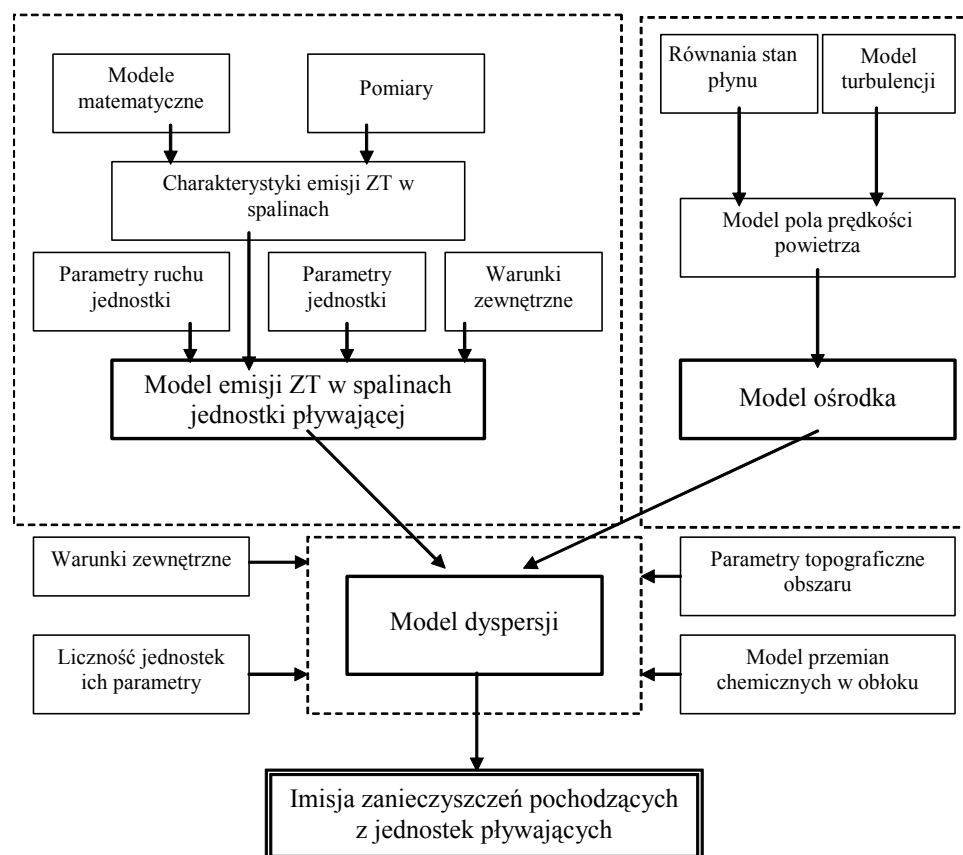
Przedmiotem bilansowania emisji zanieczyszczeń zawartych w spalinach silników napędzających jednostki pływające są procesy emisji globalnej, uśrednione w dostatecznie długim czasie. Czas ten określany jest przede wszystkim skutecznością uśredniania zmiennych warunków eksploatacji obiektów.

Czynniki, które determinują emisję globalną substancji zawartych w spalinach silników okrętowych, można sklasyfikować następująco [7, 9]:

- struktura jednostek pływających (ze względu na wielkość i przeznaczenie jednostek pływających), wielkość i rodzaj silnika, liczba poszczególnych rodzajów silników na jednostce pływającej (silników głównych i pomocniczych), stan techniczny jednostki pływającej uwzględniający rozwiązania techniczne, stan kadłuba i zużycie elementów układów napędowych jednostki oraz ich licznosc;
- intensywnosc eksploatacji jednostek pływających;
- model ruchu jednostek pływających;
- warunki otoczenia: warunki atmosferyczne (falowanie, silne wiatry, oblodzenie), akweny pływania (porty, cieśniny, kanały i inne obszary niebezpieczne i trudne nawigacyjnie oraz wody otwarte), pływanie w lodach;
- właściwości ekonomiczne jednostek pływających ze względu na eksploatacyjne zużycie paliwa;
- właściwości ekologiczne silników stosowanych na jednostkach pływających;
- właściwości paliw (m.in. ze względu na rodzaj paliwa, skład i zawartość zanieczyszczeń).

Schemat modelu emisji związków toksycznych emitowanych w spalinach silników okrętowych przedstawiono na rysunku 1. Wynika z niego, że proces modelowania emisji ZT w spalinach silnika okrętowego (będący jednym z elementów modelowania emisji związków toksycznych w spalinach) jest bardzo złożony i wymaga znajomości czterech grup parametrów warunku ruchu statku:

- 1) parametry jednostki — długość, szerokość, zanurzenie jednostki, stan techniczny układu napędowego, rodzaj napędu (w tym rodzaj i liczba silników), rodzaj i liczba śrub napędowych itp.;
- 2) parametry ruchu jednostki — prędkość i kurs jednostki;
- 3) warunki zewnętrzne — siła i kierunek wiatru, temperatura powietrza i wody, ciśnienie atmosferyczne, wilgotność powietrza, stan morza;
- 4) licznosc jednostek z uwzględnieniem kategorii jednostek.



Rys. 1. Schemat modelu emisji związków toksycznych emitowanych w spalinach silników okrętowych

Ilość emitowanych związków szkodliwych w spalinach silnika okrętowego zależy od takich wielkości opisujących stan pracy silnika, jak moment obrotowy M_o , prędkość obrotowa n , stan cieplny silnika J , stan techniczny silnika Z (parametry układu wymiany ładunku, stan układu TPC, stan techniczny i poprawność regulacji aparatury wtryskowej), warunki otoczenia G (np. temperatura otoczenia, ciśnienie, wilgotność powietrza) i zmienne opory pływania jednostki O (opór okrętu na wodzie płytkiej, opór okrętu podczas ruchu w kanale, opór powietrza i wpływ falowania). Można więc zapisać, że emisja n -tego związku szkodliwego w spalinach e_n będzie miała postać:

$$e_n = f(M_o, n, J, Z, G, O). \quad (6)$$

Emisję drogową można zapisać jako funkcjonal przebiegów wielkości określających stan pracy silnika spalinowego, tzn. momentu obrotowego M_o , prędkości obrotowej n oraz wektorów opisujących stan cieplny silnika $\mathbf{J}(t)$, warunki otoczenia $\mathbf{G}(t)$ i zmienne opory pływania jednostki $\mathbf{O}(t)$:

$$b_t = \wp [M_o(t), n(t), \mathbf{J}(t), \mathbf{G}(t), \mathbf{O}(t)], \quad (7)$$

gdzie \wp — operator przekształcający moment obrotowy i prędkość obrotową oraz wektory stanu cieplnego silnika, oporów ruchu i warunków otoczenia w średnią emisję drogową z jednostki pływającej.

Przy tak dużej liczbie czynników oraz złożonym opisie zjawisk determinujących proces emisji nie można uniknąć założeń upraszczających. Tworzone w Europie modele emisji ze środków transportu lądowego, takie jak HBEFA, COPERT, DVG czy DRIVE-MODEM [3, 6], starają się uwzględnić jak największą liczbę parametrów wpływających na emisję.

W pracach prowadzonych w AMW [12] przyjęto, że teoretyczny tor ruchu jednostki pływającej można opisać za pomocą funkcji sklepanych pierwszego stopnia. Rozpatrując trajektorię ruchu jednostki pływającej jako realizację dwuwymiarowego procesu stochastycznego $\{\mathbf{S}(t) = (X(t), Y(t)) : t \geq 0\}$ i zakładając, że proces ten jest procesem o wielowymiarowym rozkładzie typu ciągłego i ciągłych realizacjach, można stwierdzić, iż realizacją procesu jest dwuwymiarowa trajektoria zależna od czasu $\{\mathbf{s}(t) = (x(t), y(t)) : t \in T\}$.

Długość wektora prędkości można zapisać:

$$|\mathbf{v}(t)| = \sqrt{[v_X(t)]^2 + [v_Y(t)]^2}. \quad (8)$$

Przyjmując długość wektora prędkości podaną wzorem (8) i rozpatrując ruch jednostki po $\{\mathbf{s}(t) = (x(t), y(t)) : t \in T\}$, równanie opisujące masę wyemitowanych spalin można przedstawić jako:

$$M = \int_{\alpha}^{\beta} f(x(t), y(t)) \sqrt{[v_x(t)]^2 + [v_y(t)]^2} dt \quad (9)$$

lub

$$M = \int_{\alpha}^{\beta} f(\mathbf{s}(t)) |\mathbf{v}(t)| dt. \quad (10)$$

Ponieważ w rzeczywistości droga od punktu P_{i-1} do punktu P_i , ze względu na myszkowanie statku, jest dłuższa niż $\Delta s_i = v_i \Delta t_i$ o pewną losową wielkość, można zapisać, że całkowita masa wyemitowanych spalin przez pojedynczą jednostkę pływającą w przedziale czasu $[\alpha, \beta]$ jest zmienną losową

$$W = M + \Delta M \quad (11)$$

o rozkładzie normalnym o wartości oczekiwanej

$$E(W) = E(\Delta M) + M = M + \sum_{i=1}^N \gamma_i d_i = M + \varepsilon \sum_{i=1}^N \gamma_i \Delta s_i \quad (12)$$

i odchyleniu standardowym

$$\sigma(W) = \sigma(\Delta M) = \sqrt{\sum_{i=1}^N \gamma_i^2 d_i^2} = \rho \sqrt{\sum_{i=1}^N \gamma_i^2 \Delta s_i^2} \quad (13)$$

Masa wyemitowanych spalin w określonym akwenie A w przedziale czasu $[\alpha, \beta]$ jest sumą mas wyemitowanych przez wszystkie jednostki znajdujące się w tym przedziale czasu w tym akwenie. Jeżeli $W^{(k)}$, $k = 1, \dots, K$ oznacza masę wyemitowanych spalin przez k -tą jednostkę pływającą, to łączna masa wyemitowanych spalin w akwenie A w przedziale czasu $[\alpha, \beta]$ jest zmienną losową:

$$\mathbf{W}_K = \sum_{k=1}^K W^{(k)}. \quad (14)$$

Zmienna losowa \mathbf{W}_K jako suma niezależnych zmiennych losowych o rozkładzie normalnym ma rozkład normalny o wartości oczekiwanej:

$$E(\mathbf{W}_K) = \sum_{k=1}^K W^{(k)} = \sum_{k=1}^K [E(\Delta M^{(k)}) + M^{(k)}] = \sum_{k=1}^K [M^{(k)} + \varepsilon^{(k)} \sum_{i=1}^N \gamma_i^{(k)} \Delta s_i^{(k)}] \quad (15)$$

Odchylenie standardowe tej zmiennej losowej wynosi

$$\sigma(\mathbf{W}_K) = \sqrt{\sum_{k=1}^K V[\Delta M^{(k)}]} = \sqrt{\sum_{k=1}^K \rho^{(k)} \sum_{i=1}^N [\gamma_i^{(k)} \Delta s_i^{(k)}]^2} \quad (16)$$

W modelu tym liczba jednostek K została przyjęta jako stała. W rzeczywistości liczba jednostek pływających zmienia się losowo w czasie, jest więc procesem stochastycznym.

Przyjęto założenie, że proces Markowa $\{X(t): t \in T\}$, którego wartość w chwili t oznacza liczbę jednostek pływających w określonym akwenie w chwili t , jest procesem pojedynczym, co oznacza, że w krótkim przedziale czasu możliwa jest zmiana stanu o jeden.

W związku z tym, że analityczne rozwiązanie układu równań różniczkowych liniowych niejednorodnych

$$P_j'(t) = \sum_{i \in S} P_i(t) \lambda_{ij}(t), \quad j \in S \quad (17)$$

w ogólnej postaci nie jest praktycznie możliwe, znaleziono rozwiązanie przybliżone [5], zakładając, że elementy macierzy intensywności przejść są stałe w pewnych przedziałach czasowych oraz przyjęto, że zbiór stanów procesu jest skończony $S = \{0, 1, 2, \dots, n\}$. Rozkład asymptotyczny otrzymamy, rozwiązując układ równań:

$$\sum_{i \in S} P_i \lambda_{ij} = 0, \quad j \in S, \quad \sum_{j \in S} P_j = 1, \quad (18)$$

w którym dane współczynniki λ_{ij} są elementami macierzy intensywności przejść

$$\Lambda(t) = \begin{bmatrix} -\alpha_0 & \alpha_0 & 0 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ \alpha_1 & -(\alpha_1 + \beta_1) & \beta_1 & 0 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & \alpha_2 & -(\alpha_2 + \beta_2) & \beta_2 & 0 & \dots & 0 \\ 0 & 0 & \alpha_3 & -(\alpha_3 + \beta_3) & \beta_3 & \dots & 0 \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \alpha_{n-1} & -(\alpha_{n-1} + \beta_{n-1}) & \beta_{n-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \beta_n & -\beta_n \end{bmatrix} \quad (19)$$

Rozwiązanie tego układu równań, przy zastąpieniu stałych współczynnikami funkcyjnymi, ma postać:

$$p_0(t) = \frac{1}{1 + \sum_{k=1}^n \frac{\alpha_0(t)\alpha_1(t)\dots\alpha_{k-1}(t)}{\beta_1(t)\beta_2(t)\dots\beta_k(t)}} \quad (20)$$

$$p_k(t) = \frac{\alpha_0(t)\alpha_1(t)\dots\alpha_{k-1}(t)}{\beta_1(t)\beta_2(t)\dots\beta_k(t)} p_0, \quad k = 1, 2, \dots, n.$$

Jako liczbę n przyjmujemy maksymalną liczbę statków w akwenu.

Jeżeli w określonym przedziale czasu $[\alpha, \beta]$ rozkład liczby statków w akwenu jest stały, to jako liczbę K możemy przyjąć część całkowitą wartości oczekiwanej:

$$E[X(t)] = \sum_{k=0}^n k p_k. \quad (21)$$

W celu realizacji opisanego stochastycznego modelu ruchu i emisji spalin z jednostek pływających w rejonie Zatoki Gdańskiej niezbędna jest znajomość liczby jednostek pływających w analizowanym rejonie, ich rozkładów pod względem rodzaju jednostek, wielkości, prędkości, mocy i rodzaju silników napędu głównego itp.

W tabeli 1. przedstawiono typy jednostek oraz ich procentowy udział w ruchu statków po Zatoce Gdańskiej w przedziale czasu od 01.05.2003 do 30.04.2005 [13].

Tabela 1. Typy jednostek pływających po Zatoce Gdańskiej w oparciu o system VTS w okresie od 01.05.2003 do 30.04.2005 [13]

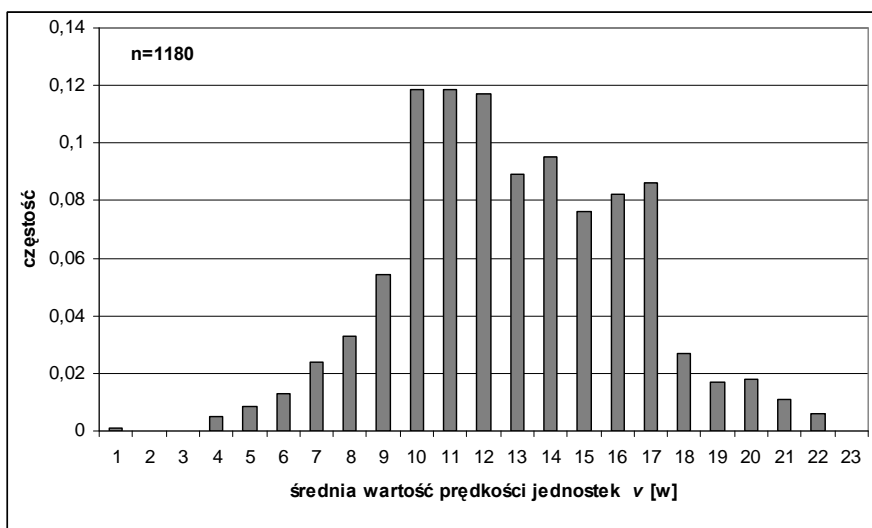
Typ statku	Liczba jednostek	Udział procentowy
Chemikaliowce	242	2
Drobnicowce i chłodniowce	2298	17
Gazowce	349	2
Kontenerowce	1634	12
Masowce	2592	19
Promy pasażersko-samochodowe	1636	12
Samochodowce	131	1
Statki pasażerskie	458	3
Kontenerowce typu ro-ro	916	6
Tankowce	1339	10
Jednostki niekonwencjonalne (okręty wojenne, jednostki rybackie, szkolne itp.)	1182	8
Jednostki nieznanego typu	1184	8
Suma	13663	100

Do opracowania statystycznego strumieni ruchu jednostek morskich przyjęto trasy torów podejściowych do portów Gdynia i Gdańsk oraz toru wodnego rozdzielającego się na oba te tory. W tym celu na torach wodnych ustalono umowne, prostopadłe „bramki” [11], dla których dokonano oceny statystycznej wejść i wyjść jednostek w okresie obejmującym 11 miesięcy.

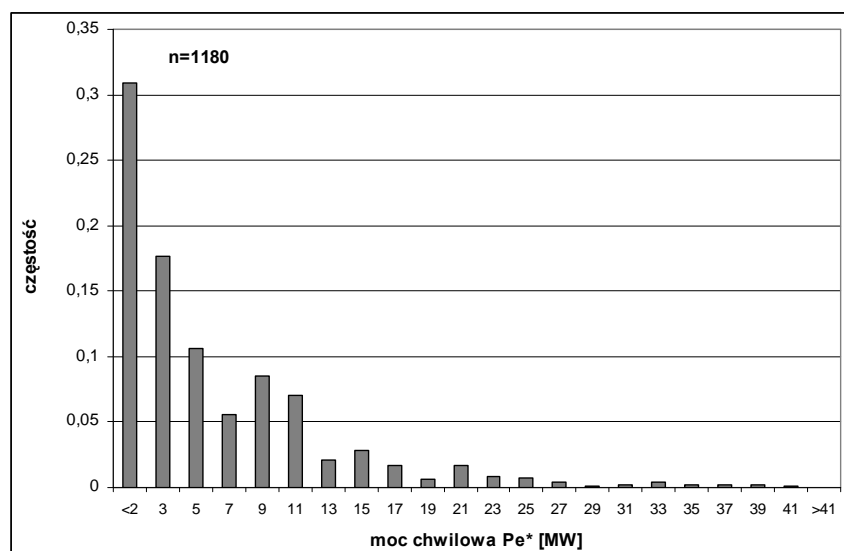
W badaniach wykorzystano dane archiwalne przesyłane w Systemie Automatematycznej Identyfikacji (*Automatic Identification System*) zarejestrowane brzegowym urządzeniem AIS firmy SAAB (typu R4) śledzącym ruch jednostek morskich na Zatoce Gdańskiej [4].

W celu oszacowania emisji związków toksycznych w spalinach na podstawie danych uzyskanych z systemu AIS opracowano modele statystyczne opisujące wartość mocy chwilowej P_e^* dla prędkości chwilowej v^* w zależności od wielkości jednostki pływającej [8], czasu przebywania jednostek w badanym obszarze oraz emisji związków toksycznych.

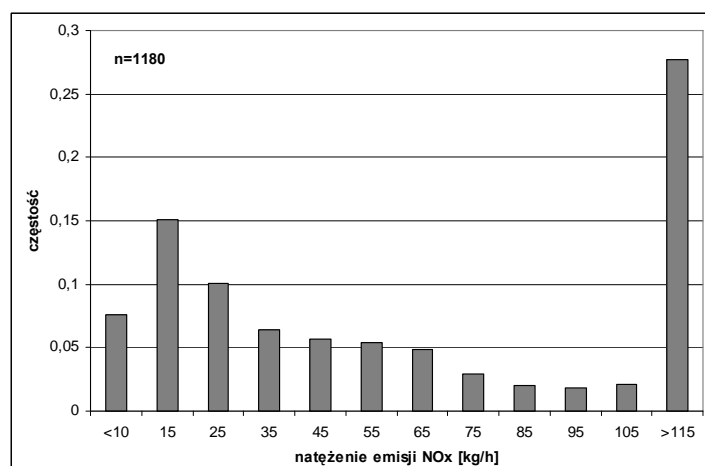
Na rysunku 2. przedstawiono histogram prędkości chwilowej v^* , a na rysunku 3. histogram wartości mocy chwilowej P_e^* dla „bramki” Gdynia (\overline{CD}). Z wykresów wynika, że największa liczba jednostek w tym rejonie płynie z prędkością 10–17 w i rozwija moc chwilową P_e^* w zakresie do 11 MW. Wartości te pozwalają na oszacowanie wartości natężenia emisji E_{NO_x} w tym punkcie na poziomie 0,6–576 kg/h (rys. 4.). Znaczny udział jednostek o wartości natężenia emisji E_{NO_x} powyżej 115 kg/h wynika z tego, że powyższy zakres natężenia emisji związany jest z silnikami rozwijającymi moc chwilową P_e^* powyżej 8,3 MW.



Rys. 2. Histogram prędkości chwilowej v^* dla jednostek przepływających bramkę Gdynia (\overline{CD})

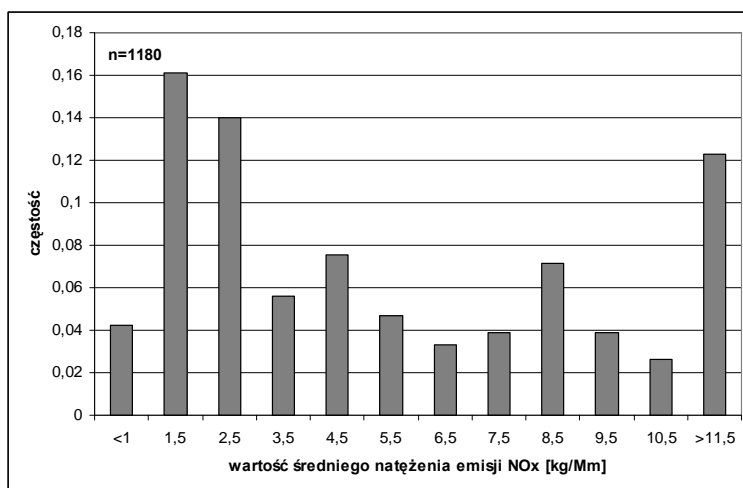


Rys. 3. Histogram wartości mocy chwilowej P_e^* [MW] dla jednostek przepływających bramkę Gdynia (\overline{CD})



Rys. 4. Rozkład oszacowanej wartości natężenia emisji E_{NOx} [kg/h] dla jednostek przepływających bramkę Gdynia (\overline{CD})

Należy tu jednak zauważyć, że czas przebywania jednostki w rejonie bramki wynosi zaledwie kilka minut, a całkowity czas przebywania jednostki w rejonie podejścia Hel — Gdynia (bramki $\overline{AB-CD}$) wynosi, w zależności od prędkości jednostek, od 20 do 144 minut. W związku z tym bardziej celowym wydaje się określenie wartości natężenia emisji E_{NOx} w kilogramach na milę morską [kg/Mm] (rys. 5.).



Rys. 5. Rozkład oszacowanej wartości średniego natężenia emisji E_{NOx} [kg/Mm] dla jednostek przebywających w rejonie podejścia Hel — Gdynia (bramki $\overline{AB-CD}$)

PODSUMOWANIE

Modelowanie emisji związków szkodliwych jest zagadnieniem bardzo ważnym, a jednocześnie bardzo złożonym. Prowadzone obecnie prace naukowe i badawcze poświęcone rozprzestrzenianiu się zanieczyszczeń dotyczą zanieczyszczeń w powietrzu atmosferycznym pochodzenia stacjonarnego (elektrownie, zakłady przemysłowe), motoryzacyjnego oraz w ostatnim czasie również lotniczego. Obecne opracowania, dotyczące przede wszystkim motoryzacji, między innymi ze względu na wielkość silników okrętowych nie mogą mieć zastosowania do modelowania emisji związków toksycznych z silników okrętowych, ponieważ struktura modelu zależy nie tylko od jego przeznaczenia, ale również w dużej mierze od ilości i jakości danych wejściowych.

Możliwość pozyskania danych z systemu AIS, takich jak nazwa statku, długość i szerokość statku, typ statku, czas uniwersalny związany z przejściem jednostki przez „bramkę”, kąt drogi nad dnem i prędkość nad dnem (COG, VTG) oraz zanurzenie statku pozwala na stworzenie nowatorskich modeli opisujących ruch jednostek po badanym obszarze i emisję związków szkodliwych w spalinach zarówno dla jednej jednostki, jak i dla całego badanego obszaru.

Należy tu dodać, że oprócz problemów, z którymi przy modelowaniu emisji związków toksycznych borykają się specjaliści od motoryzacji, w przypadku jednostek pływających do parametrów zakłócających dokładne wyznaczenie emisji

poszczególnych związków (ze względu na brak informacji lub ich zmienność) można zaliczyć dodatkowo stan techniczny silnika, a zwłaszcza aparatury paliwowej oraz warunki atmosferyczne (szczególnie siłę i kierunek wiatru).

BIBLIOGRAFIA

- [1] Brzozowska L., Brzozowski K., *Komputerowe modelowanie emisji i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń samochodowych*, Wydawnictwo Naukowe „Śląsk”, Katowice — Warszawa 2003.
- [2] Chłopek Z., *Modelowanie procesów emisji spalin w warunkach eksploatacji trakcyjnych silników spalinowych*, PN Politechniki Warszawskiej, „Mechanika”, z. 173, Warszawa 1999.
- [3] Drąg Ł., *Modelowanie emisji i rozprzestrzeniania się zanieczyszczeń ze środków transportu drogowego*, „Archiwum Motoryzacji”, 2007, nr 1.
- [4] Felski A., Piaseczny L., *Monitoring of the movement of the objects on the Gdansk bay in order to recognize the characteristics of their main propulsion systems*, Silniki Spalinowe/Combustion Engines, No 2007-SC1, pp. 377–382, Poznań 2007.
- [5] Grabski F., *Stochastyczne modele ruchu jednostek pływających*, fragment sprawozdania z realizacji projektu badawczego nr 502 009 31/1187, AMW, Gdynia 2008.
- [6] Joumard R., *Methods of estimation of atmospheric emission from transport: European scientific state of the art*, Action COST319 final report, LTE 9901 report, 1999.
- [7] Kniaziewicz T., Piaseczny L., *Model of NO_x emission by sea-going vessels navigating In the gulf of Gdansk region*, Silniki Spalinowe PTNSS-2007-SC3, Poznań 2007.
- [8] Kniaziewicz T., Piaseczny L., *Model symulacyjny emisji NO_x w spalinach jednostek pływających*, materiały XI Międzynarodowej Konferencji Naukowej „Badania symulacyjne w technice samochodowej”, Szczawnica 2008.
- [9] Kniaziewicz T., *Problemy modelowania emisji szkodliwych składników spalin z silników okrętowych w rejonach miejskich aglomeracji nadmorskich*, VII Międzynarodowa Konferencja Naukowa „Silniki gazowe”, ZN Politechniki Częstochowskiej, 162, „Mechanika”, 26, Częstochowa 2006.
- [10] Kotlarz W., *Turbinowe zespoły napędowe źródłem skażeń powietrza na lotniskach wojskowych*, Wyższa Szkoła Oficerska Sił Powietrznych, Katedra Płatownca i Silnika, Dęblin 2003.

- [11] Naus K., *Opracowanie statystyczne strumieni obsługi jednostek morskich na wytypowanym torze wodnym*, AMW, Gdynia 2008.
- [12] Pawlak M., Piaseczny L., *Modelowanie ruchu jednostek morskich dla określania emisji związków toksycznych spalin*, materiały Międzynarodowej Konferencji Motoryzacyjnej KONMOT-AUTOPROGRES 2008, Szczawnica 2008.
- [13] Rojek B., Wawruch R., *Ships routes and statistics of traffic in the Southern Baltic Sea*, „Zeszyty Naukowe” AMW, 2006, nr 166.

ABSTRACT

The rising pro-ecological pressure has made atmosphere pollution by exhaust gases of marine engines one of the main problems of environmental protection of recent years. The Gdansk Bay area, just like sea ports or coastal regions, is vulnerable to the effect of pollutants in exhausts of industrial plants, power plants and vehicles, as well as the toxic compounds in vessels exhaust gases. In order to determine the share of vessels in environmental pollution and to counteract the harmful effects of toxic compounds in marine engine exhaust gases, it is necessary to know the emission values of these compounds from particular vessels. This is possible with the knowledge of their movement parameters, concentration values of particular compounds for these parameters and the atmospheric conditions in the region of the vessels operation.

The report presents conditions of the emission and dispersion modeling of the pollutants present in exhausts of marine engines of the vessels operating in the Gdansk Bay region with advantage of information descended from AIS system.

Recenzent prof. dr hab. inż. Andrzej Felski