

METODY OGRANICZANIA EMISJI SUBSTANCJI GAZOWYCH I PYŁOWYCH NA STATKACH ŚRÓDLĄDOWYCH

DATA PRZESŁANIA: 12.10.2018, DATA AKCEPTACJI: 20.12.2018, KODY JEL: L98, R42, 021

Iouri N. Semenov, Magdalena Kaup, Wojciech Ignalewski, Piotr Durajczyk

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie

iouri.semenov@zut.edu.pl

magdalena.kaup@zut.edu.pl

wojciech.ignalewski@zut.edu.pl

p.durajczyk@am.szczecin.pl

STRESZCZENIE

Artykuł dotyczy problematyki ograniczania emisji substancji gazowych i pyłowych na statkach śródlądowych w związku z nowymi uregulowaniami prawnymi i technicznymi obowiązującymi na obszarze Unii Europejskiej. Jednym z kierunków spełnienia norm ochrony środowiska, w tym normy STAGE V, jest stosowanie paliw alternatywnych w napędach nowo budowanych statków śródlądowych lub stosowania instalacji ograniczających emisje szkodliwych substancji do atmosfery na statkach będących w eksploatacji kilkadziesiąt lat. Celem artykułu jest analiza wybranych rozwiązań napędowych i możliwości ich wdrożenia w najbliższych latach, aby dostosować tabor pływający do nowoczesnych wymagań technicznych oraz obniżyć ich koszty eksploatacji. W artykule przedstawiono dotychczas stosowane rodzaje napędów na jednostkach śródlądowych oraz uwarunkowania prawne określające warunki wdrażania paliw alternatywnych i stosowania technologii ograniczających emisje spalin. Przeanalizowano wybrane paliwa alternatywne oraz możliwości ich zastosowania w napędach statków śródlądowych. W ostatniej części rozpatrzono aspekt ekonomiczny zastosowania gazu naturalnego jako paliwa i jego wpływ na korzyści armatora statku śródlądowego.

SŁOWA KLUCZOWE

statek śródlądowy, paliwa alternatywne, napęd statku

WPROWADZENIE

Według najnowszych aktów prawnych jednym z preferowanych kierunków rozwoju transportu wodnego śródlądowego w państwach Unii Europejskiej jest wdrażanie nowatorskich środków transportu opartych na wykorzystaniu paliw alternatywnych oraz zastosowanie skutecznych technologii dostarczania tych paliw do odbiorców. Celem obecnej polityki w tym zakresie jest przede wszystkim wzrost efektywności wykorzystania zasobów naturalnych i surowców. Paliwa

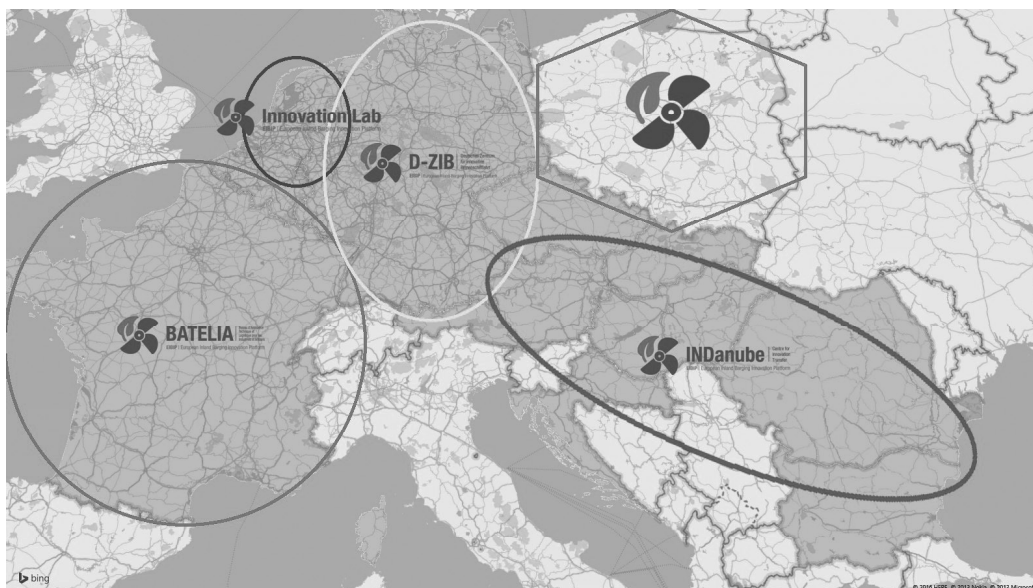
metanowe w postaci sprężonego gazu ziemnego, skroplonego gazu ziemnego, biometanu w dwóch stanach skupienia, jako sprężony CBM (*Compressed Biomethane*) i skroplony LBM (*Liquified Biomethane*), oraz mieszanina gazu ziemnego z biometanem opierają się na sprawdzonej, stosowanej od kilkudziesięciu lat technologii i mogą być wykorzystywane w transporcie morskim i wodnym śródlądowym, na małe i duże odległości. Kolejnym rodzajem paliwa jest energia elektryczna, która nie jest obecnie alternatywą dla statków morskich ze względu na wysoki koszt budowy instalacji oraz brak infrastruktury zasilania. Pomimo innowacyjnego zastosowania napędów o regulowanej prędkości, półprzewodników mocy i systemów napędowych zapewniających o wiele większą żywotność układu, jest to technologia przyszłości. Instalacje tego typu znajdują zastosowanie na statkach specjalistycznych, platformach wiertniczych, promach i jachtach sportowych. Jest to również ciekawe rozwiązanie dla jednostek śródlądowych, zarówno pasażerskich, jak i towarowych. Celem niniejszego artykułu jest analiza rozwiązań napędowych, które można by zastosować w jednostkach śródlądowych, wykorzystując paliwa alternatywne.

WARUNKI I ZASADY WDRAŻANIA INNOWACYJNYCH TECHNOLOGII I ROZWOJU PALIW ALTERNATYWNYCH W NAPĘDACH STATKÓW ŚRÓDLĄDOWYCH

Unia Europejska prowadzi działania mające na celu ograniczenie lub neutralizację negatywnych skutków transportu na środowisko naturalne. Efektem tych prac są ustanowione akty prawne, określające podstawowe założenia do planów rozwoju, strategii działań czy wskazujące zasady postępowania i wytyczne dla prawidłowego funkcjonowania poszczególnych gałęzi transportu. Część z tych uregulowań prawnych dotyczy rozwoju paliw alternatywnych ze względu na konieczność dywersyfikacji źródeł dostaw gazu oraz rozwój niskoemisyjnej gospodarki paliwowej.

Za pośrednictwem projektów o charakterze badawczo-naukowym UE realizuje działania sprawdzające poszczególne metody ograniczania negatywnego wpływu na środowisko. Jednym z projektów dedykowanych dla transportu wodnego śródlądowego jest EIBIP (*The European Inland Barging Innovation Platform*). EIBIP jest platformą wymiany wiedzy, prowadzenia badań i analiz oraz opracowywania ekspertyz w celu promowania innowacji w sektorze żeglugi śródlądowej. Platforma umożliwia współpracę i wymianę informacji między jej członkami oraz wspólne podejmowanie problemów występujących w sektorze. Do 2017 roku włączono do projektu cztery innowacyjne centra: w Niemczech (MARIKO), Austrii (Pro Danube), Holandii (EICB) oraz Francji (VNF). W 2018 roku jako piąte przyłączone zostało Centrum Dydaktyczno-Badawcze Żeglugi Śródlądowej CINTRE, zlokalizowane przy Katedrze Logistyki i Ekonomiki Transportu na Wydziale Techniki Morskiej i Transportu Zachodniopomorskiego Uniwersytetu Technologicznego w Szczecinie (rys. 1). Zgodnie z zasadą przyjętą w projekcie Komisji Europejskiej do współpracy może przystąpić tylko jeden ośrodek badawczo-naukowy z państwa wspólnotowego.

Aktualnie centra realizują projekty naukowo-badawcze mające na celu ograniczenie negatywnego wpływu na środowisko transportu wodnego śródlądowego oraz promowanie innowacyjnych technologii (rys. 2). Wykorzystanie paliw alternatywnych w transporcie promowane jest również w innych unijnych inicjatywach mających odzwierciedlenie w aktach prawnych i dokumentach strategicznych (Biała Księga, 2011; Dyrektywa, 2009b).

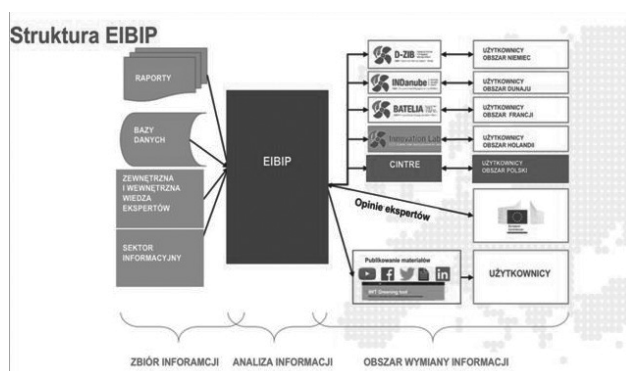


Rysunek 1. Obszar oddziaływania innowacyjnych centrów żeglugi śródlądowej

Źródło: EIBIP (2018).

W odniesieniu do biometanu istotne są zapisy dyrektywy 2009/28/WE (2009a), które nakazują państwom członkowskim zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych do min. 10% w sektorze transportu do roku 2020.

Nowelizacja ustawy o zapobieganiu zanieczyszczeniu morza przez statki implementuje do polskiego prawa dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/33/UE z 21 listopada 2012 roku. Ustawa umożliwi wypełnienie przez Polskę zaostrzonych wymogów międzynarodowych dotyczących zawartości siarki w paliwie żeglugowym wykorzystywanym przez statki pływające po wodach UE. W aspekcie wodnego transportu śródlądowego obowiązuje dyrektywa 97/68/WE Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 16 grudnia 1997 roku oraz dyrektywa 2006/87 z dnia 12 grudnia 2006 roku.



Rysunek 2. Schemat przepływu informacji pomiędzy ośrodkami EIBIP

Źródło: opracowanie własne.

ANALIZA DOTYCHCZAS STOSOWANYCH NAPĘDÓW NA STATKACH ŚRÓDLĄDOWYCH

Zgodnie z zapisami dyrektywy 2016/1629 (2016) statki żeglugi śródlądowej dzielimy według typów. Podział ten jest powiązany przede wszystkim z ich rejonem żeglugi oraz napędem głównym. Statki śródlądowe z napędem mogą być sprzężone w zależności od potrzeb ładunkowych w zestaw sztywny lub holowany oraz formację. W zestawie co najmniej jedna z formacji umieszczona jest przed jednostką o napędzie mechanicznym, która przemieszcza zestaw.

Statki śródlądowe, oprócz głównego układu napędowego, muszą być dodatkowo wyposażone w drugi niezależny układ napędowy, który w razie awarii głównego układu napędowego zapewnia samodzielne prowadzenie dalszej żeglugi. Drugi układ napędowy musi być umieszczony w oddzielnej maszynie.

Projektując jednostkę zasilaną paliwami alternatywnymi, w tym gazem, należy przewidzieć podwójny układ systemu napędowego, szczególnie dla jednostek pływających po wodach, które posiadają świadectwo zdolności żeglugowej Unii Europejskiej. Dokument ten potwierdza spełnienie wymagań jednostki w odniesieniu do jego bezpieczeństwa i potwierdza stan techniczny umożliwiający poruszanie się po wybranym rejonie żeglugi.

Ze względu na ograniczone przestrzenie siłowni statków śródlądowych najczęściej do ich napędu stosuje się jednostki napędowe zasilane paliwem węglowodorowym ciekłym (ropopochodnym), silniki spalinowe, tłokowe dwu- i czterosuwowe, bezwodnikowe, średnio- i szybkoobrotowe. Ich sprawność wynosi ok. 35%. Przystosabia się je do paliwa gazowego PG (propan-butan) i NG (metan). W celu podniesienia sprawności stosowane są systemy utylizacji ciepła odpadowego oraz systemy kombinowane. Jako paliwo stosowane są alkohole oraz oleje roślinne. Wiąże się to jednak ze wzrostem stopnia skomplikowania systemu napędowego, wymaga od operatora wysokich kwalifikacji oraz wyższych reżimów eksploatacyjnych. Na jednostkach nowo budowanych i modernizowanych stosuje się napędy elektryczne zasilane prądem stałym lub przemiennym, lub w układach kombinowanych spalinowo-elektrycznych DE, turbinowo-elektrycznych GTE. Stosowanie tych napędów ogranicza lub eliminuje emisję szkodliwych tlenków NO_x , SO_x , CO_x . Charakteryzują się one niskim poziomem hałasu i wibracji oraz większą elastycznością w umiejscowieniu silnika. Stosowane są również innowacyjne rozwiązania oparte na energii odnawialnej słonecznej (PV – *Photovoltaic*), energii chemicznej przetwarzanej na elektryczną – ogniwa paliwowe (FC – *Fuel Cell*) oraz wykorzystujące ciepło z różnych źródeł – silniki Stirlinga (Łosiewicz, Kaup, Mironiuk, 2018).

TENDENCJE I UWARUNKOWANIA ROZWOJU SYSTEMÓW NAPĘDOWYCH STATKÓW ŚRÓDLĄDOWYCH

The European Inland Barging Innovation Platform przeprowadziła analizę techniczną floty śródlądowej w Holandii. Analiza ta wykazała, że spośród 5500 jednostek pływających do modernizacji przewidziano 4100 statków z napędem, w tym 300 jednostek ma być zasilanych LNG, w 2000 statków zaplanowano system SCR/DPE, do 1400 jednostek przewidziano technologie hybrydowe, a pozostałe 400 to technologie alternatywne, w tym wykorzystujące np. paliwa metanowe.

Statki zasilane paliwami metanowymi są obecne w ofercie rynkowej największych producentów branży morskiej i stanowią atrakcyjny wybór w kontekście ograniczeń emisji szkodliwych substancji do atmosfery oraz ekonomiki transportu. Wielokrotne testy techniczne siłowni statków, w tym procedury napełniania paliw do zbiorników, wykazały jednakowy poziom bezpieczeństwa,

a w niektórych przypadkach większy niż przy eksploatacji jednostek zasilanych paliwem konwencjonalnym.

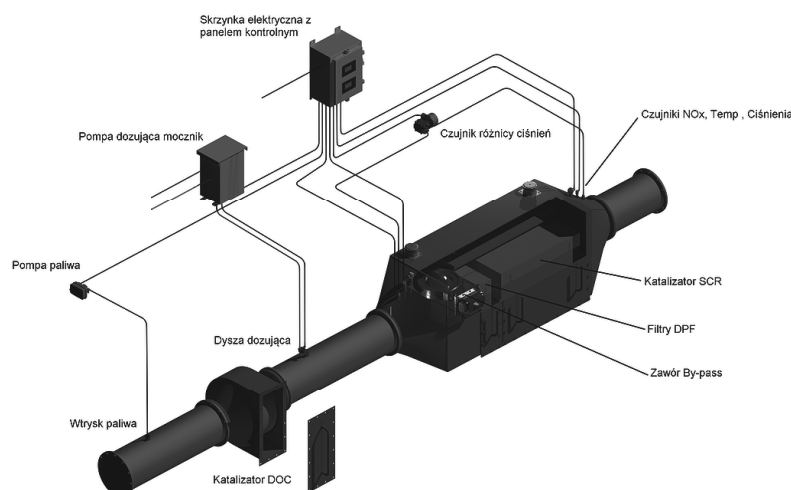
Silniki zasilane paliwem metanowym cechuje większa wytrzymałość elementów w procesie spalania. Czystość komory silnika wpływa na parametry oleju silnikowego, a więc na jego dalszą eksploatację. Z drugiej strony przy spalaniu gazu wytwarza się więcej ciepła. Stanowi to poważny problem przy nieodpowiednio zaprojektowanych silnikach nieuwzględniających wystarczających rezerw wytrzymałościowych. Fabrycznie zaprojektowany silnik, wykorzystujący metan jako paliwo, posiada odpowiednio zaprojektowane elementy wrażliwe na zwiększenie temperatury podczas pracy silnika. Silnik taki nie ustępuje w żaden sposób silnikom konwencjonalnym. W niniejszej analizie przyjęto określenie „biometan”, oznaczający oczyszczony i uzdatniony do jakości gazu ziemnego biogaz.

Rozwój technologii oczyszczania substancji gazowych i pyłowych na statkach śródlądowych w ostatnich latach jest bardzo dynamiczny, na szczególną uwagę zasługują systemy SCR-DPF, DPF z aktywną regeneracją oraz SCR (tab. 1).

Tabela 1. Systemy ograniczające emisję substancji gazowych i pyłowych stosowane na statkach śródlądowych

Nazwa systemu	Wyszczególnienie
SCR-DPF	System jest kompaktowy i można go zainstalować w pomieszczeniach maszynowych o bardzo ograniczonej przestrzeni. Katalizator SCR jest zainstalowany za blokami DPF (rys. 3). System wtryskiwania mocznika może być sterowany za pomocą modułu CAN silnika lub za pomocą czujnika powietrza doładowania. System pracuje jednocześnie z pasywną i aktywną regeneracją filtra cząstek stałych. Aktywna regeneracja filtrów poprzez dotrysk paliwa pozwala systemowi pracować niezależnie od temperatury spalin. System jest wyposażony w zawór by-pass, wymagany przez urzędy certyfikacji oraz w panel HMI, który pozwala sprawdzić wszystkie parametry robocze. Został zaprojektowany w celu zastąpienia tłumika i zapewnia tłumienie hałasu. Pozwala na redukcję cząstek stałych PM powyżej 95% oraz redukcję tlenków azotu NO_x do 95%
DPF z aktywną regeneracją	System pracuje jednocześnie z pasywną i aktywną regeneracją filtra cząstek stałych. Aktywna regeneracja za pomocą dotrysku paliwa pozwala na użycie tego systemu nawet przy bardzo niskich temperaturach spalin i utrzymanie niskiego ciśnienia spalin. Regeneracja pasywna przebiega, gdy temperatura spalin przekroczy 250°C i wydłuża interwały pomiędzy kolejnymi dotryskami paliwa. Pozwala na redukcję cząstek stałych powyżej 95%
SCR	System sterowany jest modułem CAN silnika lub czujnikiem powietrza doładowania. Cechują go długie interwały remontowe i jest odporny na działanie siarki. Pozwala na redukcję tlenków azotu NO_x do 95%

Źródło: opracowanie własne na podstawie ECOEXHAUST (2018).



Rysunek 3. Schemat systemu SCR-DPF

Źródło: ECOEXHAUST (2018).

NORMY EMISJI SPALIN DLA STATKÓW ŚRÓDLĄDOWYCH PORUSZAJĄCYCH SIĘ PO MIĘDZYNARODOWYCH DROGACH WODNYCH UNII EUROPEJSKIEJ

Na podstawie wieloletnich badań eksploatacji statków, które prowadzone są niezmiennie od czasu dopuszczenia pierwszych jednostek zasilanych paliwami alternatywnymi, oszacowano wartości redukcji emisji szkodliwych substancji do atmosfery. Stwierdzono, że technologie stosowane na statkach mogą redukować emisję: dwutlenku węgla o 20–25%, tlenków azotu o 85–90%, związków siarki oraz cząstek stałych niemal o 100%. Kierunek rozwoju tego typu instalacji odpowiada wymaganiom tzw. ECAs (*Emission Control Areas*), które od 2015 roku obowiązują na wodach Morza Bałtyckiego oraz Morza Północnego. W związku z tym, że niektóre statki posiadające unijne świadectwo zdolności żeglugowej mogą realizować przewozy na wewnętrznych wodach morskich, wymagania ECAs obejmują również żeglugę śródlądową.

Komisja Europejska przeprowadziła badania ilościowe i jakościowe dotyczące oceny skutków wprowadzonej wcześniej dyrektywy 97/68/WE, odnoszące się do aspektów gospodarczych, ekonomicznych, środowiskowych oraz związanych z bezpieczeństwem oraz ochroną zdrowia. Na podstawie analizy wyników powyższych badań Parlament Europejski wraz z Radą wprowadził rozporządzenie nr 2016/1628 z dnia 14 września 2016 roku. Dokument ten ustanawia zharmonizowane przepisy dotyczące homologacji silników maszyn niedrogowych, a także zawiera nowe, zastrzone wartości graniczne emisji dla nowo budowanych statków żeglugi śródlądowej (etap V). Rozporządzenie 2016/1628 wpisuje się w politykę europejską odnośnie do zrównoważonego rozwoju transportu i ograniczania emisji substancji szkodliwych do atmosfery.

Ponadto od dnia 1 stycznia 2015 roku weszła w życie nowelizacja ustawy o zapobieganiu zanieczyszczenia morza przez statki. Nowelizacja implementuje do polskiego prawa dyrektywę Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/33/UE z 21 listopada 2012 roku. Ustawa umożliwia wypełnienie przez Polskę zastrzonych wymogów międzynarodowych dotyczących zawartości siarki w paliwie żeglugowym wykorzystywanym przez statki pływające po wodach UE.

Kolejny akt prawny, który zobowiązuje do przestrzegania norm środowiskowych, to najnowsza norma STAGE V. W stosunku do poprzednich wartości granicznych dla wybranych kategorii silników wprowadza następujące obostrzenia dla poziomu emisji (tab. 2):

- redukcję CO o 81% dla IWP-v/c-5,
- redukcję NO_x o 80–89,1% dla IWP-v/c-4,
- redukcję NO_x o 93,3–96,3% dla IWP-v/c-5,
- redukcję PM o 90–95 % dla IWP-v/c-4,
- redukcję PM o 90–95 % dla IWP-v/c-5.

Tabela 2. Normy emisji spalin wg poziomu emisji opracowane przez Centralną Komisję ds. Żeglugi na Rzece Ren* obowiązujące na wodach śródlądowych

Poziom emisji wg normy STAGE V z uwzględnieniem kategorii silnika statku śródlądowego							
Kategoria silnika	P _N [kW]	Rok wprowadzenia	CO [g/kWh]	HC [g/kWh]	NO _x [g/kWh]	PM [g/kWh]	PN [1/kWh]
IWP-v/c-1	37 ≤ P _N < 75	od 2019	5,00	4,70		0,30	–
IWP-v/c-2	75 ≤ P _N < 130	od 2019	5,00	5,40		0,14	–
IWP-v/c-3	130 ≤ P _N < 300	od 2019	3,50	1,00	2,10	0,11	–
IWP-v/c-4	300 ≤ P _N < 1000	od 2020	3,50	0,19	1,20	0,02	1×10 ¹²
IWP-v/c-5	P _N ≥ 1000	od 2021	3,50	0,19	0,40	0,01	1×10 ¹²

* CCNR – Central Commission for Navigation on the Rhine.

Źródło: opracowanie własne na podstawie EIBIP (2018).

Każdy statek śródlądowy, zgodnie z obowiązującymi uregulowaniami prawnymi, musi spełniać narzucone normy emisji spalin w zależności od rejonu żeglugi. Szczegółowe wymagania w tym zakresie reguluje również dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1629 z dnia 14 września 2016 roku.

ASPEKT EKONOMICZNY ZASTOSOWANIA PALIW ALTERNATYWNYCH W NAPĘDACH STATKÓW ŚRÓDLĄDOWYCH

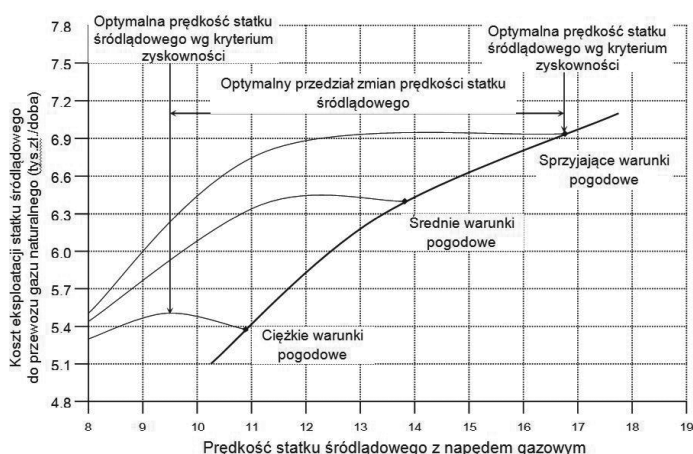
Każda jednostka napędowa posiada swoją mapę charakterystyk technicznych, określającą zależności parametrów pracy silnika. Zależności te determinuje między innymi budowa jednostki napędowej, rodzaj przetwarzania energii oraz rodzaj stosowanego paliwa. Najczęściej najmniejsze jednostkowe zużycie paliwa projektowane jest dla 60–80% mocy efektywnej (Ne) (Kaup, 2017). Zapas obciążenia przewidywany jest na pogorszenie się warunków pływania lub konieczność zwiększenia prędkości jednostki. Projektanci systemów napędowych poszukują rozwiązań, dzięki którym przy optymalnej prędkości uzyskają najwyższą wartość efektywności. Wybór typu napędu na jednostkach śródlądowych może być uzależniony od zanurzenia statku, wymaganej manewrowości, wielkości mocy, jaką powinien przenieść pędnik, a także jego ceny i sprawności. W chwili wyboru rozwiązania i wprowadzania go na rynek jego wartość użytkowa powinna odpowiadać istniejącym potrzebom. Po pewnym czasie wartość użytkowa odpowiada dynamice starzenia się. Istotne znaczenie przy wyborze rodzaju napędu mają maksymalizacja ich wartości użytkowej i mi-

nimalizacja prawdopodobieństwa utraty bezpieczeństwa w całym cyklu eksploatacji śródlądowej jednostki pływającej (Łosiewicz, Kaup, Mironiuk, 2018).

Przyjmuje się, że koszt budowy statku z napędem gazowym jest o 10–12% wyższy niż koszt budowy statku zasilanego paliwem konwencjonalnym, ale czas zwrotu inwestycji jest znacznie krótszy z uwagi na następujące czynniki:

- roczne koszty eksploatacji statku są mniejsze o 10–15% w stosunku do kosztów eksploatacji statku zasilanego paliwem konwencjonalnym;
- efektywność ekonomiczna statków zasilanych paliwem gazowym po 10 latach eksploatacji jest wyższa o 12–35%,
- efektywność ekonomiczna statków zasilanych gazem po 20 latach eksploatacji jest wyższa o 22–45% (według prognoz towarzystwa klasyfikacyjnego GL-DNV).

Na rysunku 4 zaprezentowano koszty eksploatacji statku śródlądowego z napędem gazowym.



Rysunek 4. Koszty eksploatacji statku śródlądowego przewożącego i zasilanego LNG

Źródło: Ignalewski (2013).

W ostatnich latach obserwuje się wzmożoną aktywność finansowania projektów modernizacji siłowni statków oraz całkiem nowych konstrukcji wykorzystujących zasilanie paliwami alternatywnymi.

PODSUMOWANIE

Współcześnie stosowane rodzaje napędów w jednostkach śródlądowych oraz uwarunkowania prawne określające warunki wdrażania paliw alternatywnych oraz wykorzystywania innowacyjnych technologii ograniczających emisję spalin podnoszą poziom technologiczny sektora żeglownego przy zachowaniu coraz ostrzejszych norm ochrony środowiska naturalnego. Zwiększenie do 10% udziału paliw metanowych w transporcie do 2020 roku w konsekwencji może przyczynić się do:

- wsparcia rozwoju krajowej infrastruktury dystrybucji i tankowania paliw metanowych,

- wdrożenia działań i instrumentów umożliwiających upowszechnianie paliw metanowych w transporcie wodnym,
- podniesienia świadomości społecznej oraz upowszechniania wiedzy w zakresie roli paliw metanowych w rozwoju gospodarki niskoemisyjnej.

LITERATURA

- Biała Księga (2011). Biała Księga. Plan utworzenia jednolitego europejskiego obszaru transportu – dążenie do osiągnięcia konkurencyjnego i zasobooszczędnego systemu transportu. Bruksela: Komisja Europejska, COM 144.
- Dyrektywa (2009a). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/28/WE w sprawie promowania energii ze źródeł odnawialnych zmieniająca i w następstwie uchylająca dyrektywy 2001/77/WE oraz 2003/30/WE. Dz. Urz. UE L 140/16.
- Dyrektywa (2009b). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/30/WE odnosząca się do specyfikacji benzyny i olejów napędowych oraz wprowadzająca mechanizm monitorowania i ograniczania emisji gazów cieplarnianych oraz zmieniająca dyrektywę Rady 1999/32/WE odnoszącą się do specyfikacji paliw wykorzystywanych przez statki żeglugi śródlądowej oraz uchylająca dyrektywę 93/12/EWG. Dz. Urz. UE L 140/88.
- Dyrektywa (2009c). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/72/WE z dnia 13 lipca 2009 r. dotycząca wspólnych zasad rynku wewnętrznego energii elektrycznej i uchylająca dyrektywę 2003/54/WE. Dz. Urz. UE L 211/55.
- Dyrektywa (2009d). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/73/WE z dnia 13 lipca 2009 r. dotycząca wspólnych zasad rynku wewnętrznego gazu ziemnego i uchylająca dyrektywę 2003/55/WE. Dz. Urz. UE L 211/94.
- Dyrektywa (2012). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2012/33/UE z dnia 21 listopada 2012 r. zmieniająca dyrektywę Rady 1999/32/WE w zakresie zawartości siarki w paliwach żeglugowych. Dz. Urz. UE L 327/1.
- Dyrektywa (2016). Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2016/1629 z dnia 14 września 2016 r. ustanawiająca wymagania techniczne dla statków żeglugi śródlądowej, zmieniająca dyrektywę 2009/100/WE i uchylająca dyrektywę 2006/87/WE. Dz. Urz. UE L 252/118.
- ECOEXHAUST (2018). Pobrano z: <https://www.ecoexhaust.eu/kopia-product> (20.09.2018).
- EIBIP (2018). Pobrano z: <https://eibip.eu> (15.09.2018).
- Ignalewski, W. (2013). *System przewozu sprężonego gazu ziemnego statkiem śródlądowym w relacjach bezpośrednich z portu w Świnoujściu*. Rozprawa doktorska. Szczecin: Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny.
- Kaup, M., (2017). *Wieloaspektowa ocena funkcjonowania jednostek śródlądowych i rzeczno-morskich z zastosowaniem modeli decyzyjnych*. Warszawa: Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej.
- Łosiewicz, Z., Kaup, M., Mironiuk, W. (2018). Problematyka wyboru napędu śródlądowych jednostek pływających w aspekcie efektywności, bezpieczeństwa i ekologii. *Prace Naukowe Politechniki Warszawskiej*, 121, 223-232.
- Rozporządzenie (2016). Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2016/1628 z dnia 14 września 2016 r. w sprawie wymogów dotyczących wartości granicznych emisji zanieczyszczeń gazowych i pyłowych oraz homologacji typu w odniesieniu do silników spalinowych wewnętrznego spalania przeznaczonych do maszyn mobilnych nieporuszających się po drogach, zmieniające rozporządzenia (UE) nr 1024/2012 i (UE) nr 167/2013 oraz zmieniające i uchylające dyrektywę 97/68/WE. Dz. Urz. UE L 252/53.

METHODS FOR LIMITING EMISSIONS OF EXHOUST EMISSIONS ON INLAND WATERWAY VESSELS

SUMMARY

The authors of the article raise the issue of limiting the emission of gaseous and dust substances on inland vessels in connection with new legal and technical regulations in European Union. One of the directions of meeting environmental protection standards, including STAGE V, is the use of alternative fuels in drives of newly built inland vessels or the use of installations limiting emissions of harmful substances to the atmosphere on vessels in operation for several decades. The aim of the article is to analyze selected drive solutions and the possibilities of their implementation in the coming years to adapt the fleet to the modern technical requirements and reduce their operating costs. The article presents hitherto used types of drives on inland units and legal conditions defining for the implementation of alternative fuels and the use of technologies limiting exhaust emissions. In addition, were analyzed selected alternative fuels and options for their use in inland waterway vessels. The last part deals with the economic aspect of the use of natural gas as a fuel and its impact on the benefits of the owner of an inland vessel.

KEYWORDS

inland waterway vessel, alternative fuels, ship propulsion

Translated by Wojciech Ignalewski