

ENERGETIC PARAMETERS OF TANKERS BUILT DURING LAST 40 YEARS

Jerzy Herdzik

*Gdynia Maritime University, Marine Power Plant Department
Morska Street 81-87, 81-225 Gdynia, Poland
tel.+48 58 6901430, fax: +48 58 6901399
e-mail: georgher@am.gdynia.pl*

Krzysztof Kaczmarek

*Gdynia Maritime University, Faculty of Marine Engineering
Morska Street 81-87, 81-225 Gdynia, Poland*

Abstract

It was presented energetic and exploitational parameters of tankers built during last 40 years. It was made use of Clarkson database of tankers. The analysis of correlation between chosen parameters was made, for example among main engine power and tanker length overall, among main engine power and her deadweight, among main engine power and exploitational speed. Tanker parameters were the subject of interest like: main engine power, type of the engine, type of propulsion, exploitational speed. Rapid increase of crude oil and marine fuel oils was the cause of decreasing tanker exploitational speed in the aim of decreasing fuel oil consumption. Cost of fuel oil in total exploitation cost of tanker has been increasing from level of 10% to level of 50%. It is a current issue because from 1993 year the price of marine fuel oils increases from 10 to 15 times in USD. Because of the costs of fuel economy, the speeds of tankers are relatively low, that causes, that power of their main engine is not great (in comparison with container ships, for example). Steps out, however the preference in installation of slow-speed two-cycle engines with direct drive propeller, in order to utilize the possibilities to obtain the highest propulsion efficiency. It causes, that ships ought to achieve the assumed cruise speeds irrespective of the outer conditions (of state of sea and the atmosphere). The basic threat for safety of so big ships (threat of the hull crack) are open, shallow coastal waters, on which the high waves can originate as a result of the towering. The approximation formulas published in the article permit, in the period of the tanker preliminary design, on estimation of essential energy parameters, in particular the power of main engine and other exploitation parameters. As long as in sea transport crude oil will be available as cargo, the tankers development will occur and they will be predominant ships with regard to tonnage.

Keywords: *crude oil transport, tanker, energetic and exploitation parameters changes*

PARAMETRY ENERGETYCZNE ZBIORNIKOWCÓW BUDOWANYCH W OKRESIE OSTATNICH 40 LAT

Streszczenie

Analizie poddano statki zaliczone do grupy zbiornikowców, budowane w okresie ostatnich 40 lat. Przedmiotem analizy były parametry energetyczne tego typu statków, w szczególności: prędkość eksploatacyjna statku, moc silnika głównego, typ i producent silnika głównego, a w związku z tym typ układu napędowego. Zachodzące zmiany dotyczyły głównie zmian powodowanych ograniczaniem prędkości statków, które umożliwiały ograniczenie zużycia paliwa, a w rezultacie zmniejszenie kosztów paliwa w ogólnych kosztach eksploatacji statków, których udział zaczął wzrastać z poziomu 10% do około 50%. Czynnikiem, który wymuszał takie działania był skokowy wzrost cen paliw żeglugowych. Problem ten obecnie ponownie nabiera istotnego znaczenia, dlatego, że cena paliw żeglugowych w porównaniu z rokiem 1993 (wyrażana w USD) wzrosła 10-15 razy. Z powodu oszczędności na kosztach paliwa, prędkości tankowców są stosunkowo niskie, co powoduje, że moce silników głównych nie są duże (np. w stosunku do kontenerowców). Występuje jednak preferencja instalowania wolnoobrotowych silników dwusuwowych z napędem bezpośrednim, aby wykorzystać możliwości uzyskania najwyższych sprawności napędowych. Powoduje to, że statki

powinny osiągać założone prędkości pływania niezależnie od warunków zewnętrznych (stanu morza i atmosfery). Podstawowym zagrożeniem dla bezpieczeństwa tak wielkich statków (groźba pęknięcia kadłuba) są odkryte, płytkie wody przybrzeżne, na których mogą powstać w wyniku spiętrzenia wysokie fale. Podane w artykule wzory aproksymacyjne pozwalają na oszacowanie, w fazie projektu wstępnego tankowca, istotnych parametrów energetycznych, w szczególności mocy silnika głównego oraz innych parametrów eksploatacyjnych. Dopóki w transporcie morskim będzie dostępna ropa naftowa jako ładunek, dopóty rozwój tankowców będzie następował i będą to statki dominujące pod względem tonażu.

Słowa kluczowe: transport ropy naftowej, zbiornikowiec, parametry energetyczne i eksploatacyjne, zmiany parametrów

1. Uwagi wstępne

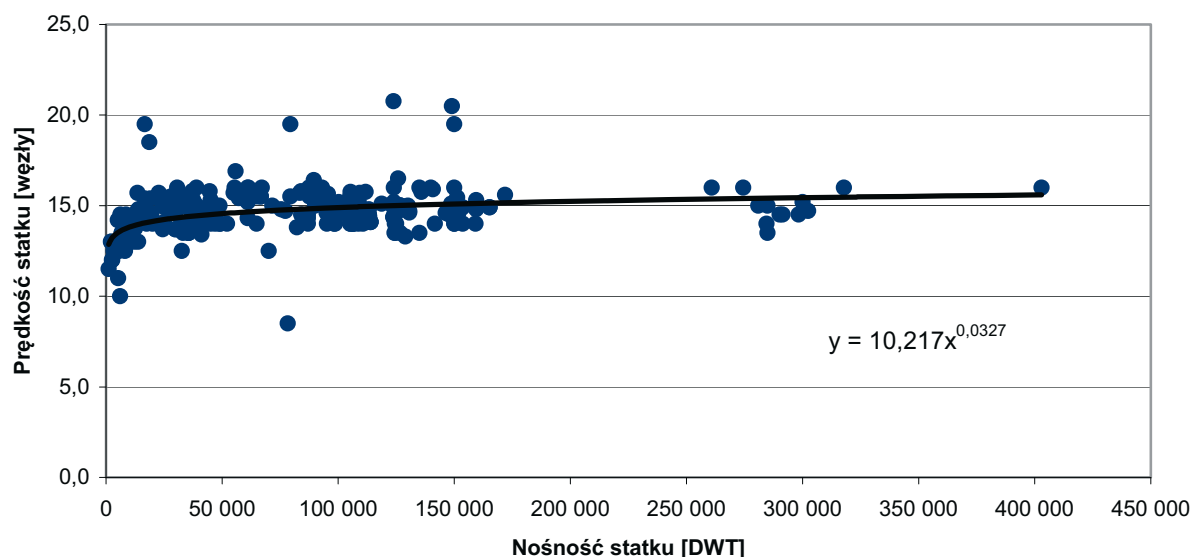
Ciągły wzrost ilości transportowanej ropy naftowej spowodował, że rynek budowy nowych tankowców rozpoczął się bardzo intensywnie rozwijać. Gabaryty tankowców zaczęły rosnać zgodnie z trendem budowy, jak największych i tym samym, jak najbardziej ekonomicznych tankowców. Największym problemem spotykanym w latach 1965-1985 był brak odpowiedniego zaplecza technologicznego do budowy supertankowców. Postęp technologiczny stworzył możliwości budowy tankowców o nośności rzędu 1 miliona ton, jednak z wielu względów aż tak duże tankowce jeszcze nie powstały.

Ostatnie 40 lat były okresem bardzo burzliwych i intensywnych zmian odznaczających się głównie powiększaniem liczebności floty oraz zwiększaniem jednostkowych możliwości wyporności jednostek celem obniżenia kosztów transportu ropy naftowej. Powstały np. wyspecjalizowane jednostki do obsługi wież wiertniczych np. tankowce dowozowe (shuttle tankers) z zakresu nośności 80-150 tys. ton przewożące ropę z wież do rafinerii.

2. Tendencje zmian parametrów energetycznych zbiornikowców

Do parametrów energetycznych tankowców należy zaliczyć: moc silnika głównego, sumaryczną moc elektrowni okrętowej, wydajność cieplną kotłów pomocniczych, prędkość eksploatacyjną statku (dlatego, że ma ona decydujący wpływ na wymaganą moc silnika głównego), liczba i moc dodatkowych urządzeń poprawiających manewrowość statku (np. sterów strumieniowych), rozwiązanie układu napędowego (rodzaj pędnika), typ silnika głównego, typ siłowni okrętowej.

Na Rys. 1. przedstawiono prędkość eksploatacyjną tankowca w zależności od jego nośności.



Rys. 1. Prędkość tankowca w węzłach w zależności od nośności [1]

Fig. 1. Exploitation speed of tankers according to the deadweight

Przybliżona funkcja obrazująca zmiany w tendencji prędkości w stosunku do nośności statku przedstawiona jest wzorem:

$$y = 10,217x^{0,0327}, \quad (1)$$

gdzie:

y - prędkość tankowca [węzły],

x - nośność statku [tona].

Z Rys. 1. wynikają wnioski o ograniczonej prędkości eksploatacyjnej tankowców oraz o wąskim przedziale, w którym ta prędkość jest zawarta. Zawiera się ona w granicach 12-17 węzłów, a dominuje zakres 13-15 węzłów.

Odstępstwa od tej zasady są sporadyczne. Mogą mieć uzasadnienie na niektórych liniach żeglugowych. Warto jednak podkreślić, że podawana wartość prędkości dotyczy potencjalnych możliwości uzyskania takiej prędkości, natomiast statek może poruszać się z tzw. prędkością ekonomiczną, często znacznie poniżej prędkości podawanej za eksploatacyjną. Zapas mocy silnika głównego może być użyteczny w ciężkich warunkach sztormowych, w których statek musiałby zmienić kurs na bardziej bezpieczny (groźba złamania kadłuba), ale powodujący wydłużenie pokonywanej drogi lub dobalastowanie statku co zwiększa zanurzenie statku i jego opór falowy, a zarazem zwiększa zapotrzebowanie na moc z silnika głównego [5].

Na Rys. 2 przedstawiono zależność pomiędzy mocą silnika głównego tankowca a jego nośnością. Ze względu na standardową prędkość tych statków na poziomie 13-15 węzłów, która ma decydujący wpływ na moc silnika głównego, zgodnie z charakterystyką śrubową, aż z trzecią potęgą:

$$N_{SG} = kv^3, \quad (2)$$

gdzie:

N_{SG} - moc silnika głównego,

K - współczynnik proporcjonalności,

v - prędkość statku.

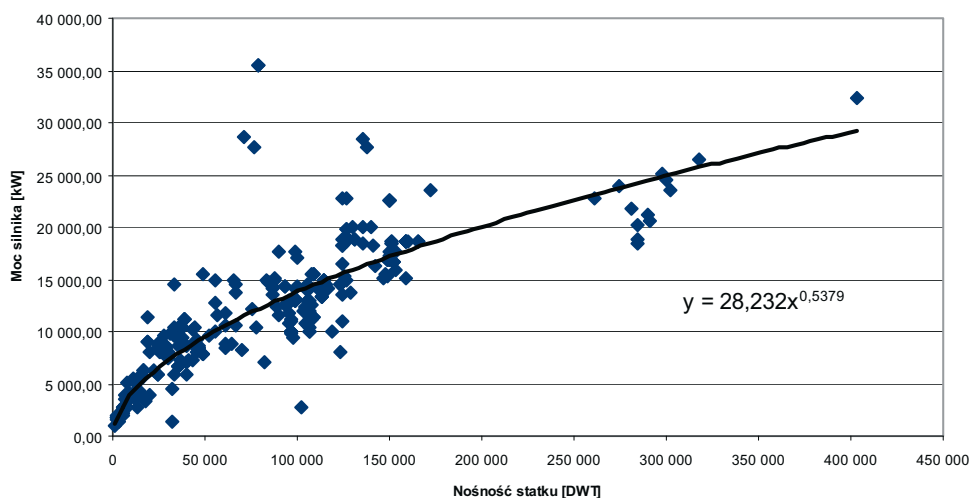
Wpływ zwiększenia nośności statku (i jego gabarytów) jest mniej istotny na moc silnika głównego:

$$y = 28,232x^{0,5379}, \quad (3)$$

gdzie:

y - moc silnika głównego [kW],

x - nośność statku [DWT].



Rys. 2. Moc silnika głównego tankowca w zależności od nośności statku [1]

Fig. 2. Main engine power according to tanker deadweight

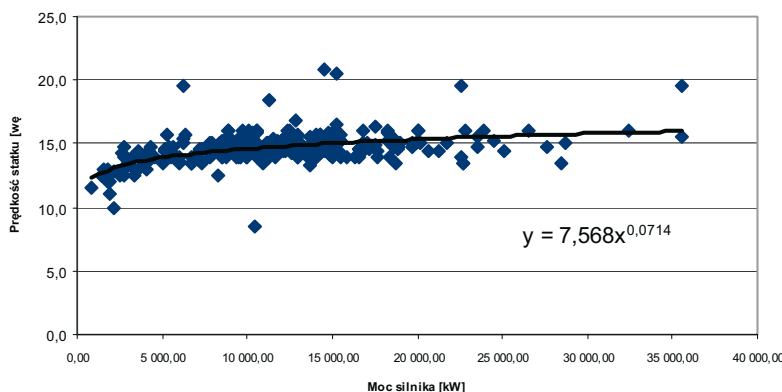
Ze względu na wykładnik we wzorze (3) równy 0,5379 można oszacować, że czterokrotny wzrost nośności powoduje dwukrotny wzrost mocy silnika głównego, a zarazem dwukrotny wzrost ilości zużytego paliwa. Ze względu na podaną tendencję, że prędkość eksploatacyjna tankowca jest zawarta w wąskich granicach, podobna zależność winna wystąpić pomiędzy prędkością statku a mocą jego silnika głównego. Zależność tą przedstawiono na Rys. 3 i zgodnie z oczekiwaniami zostaje ona potwierdzona. Aproksymacja potęgowa ma postać:

$$y = 7,568x^{0,0714}, \quad (4)$$

gdzie:

y- prędkość eksploatacyjna tankowca [węzeł],

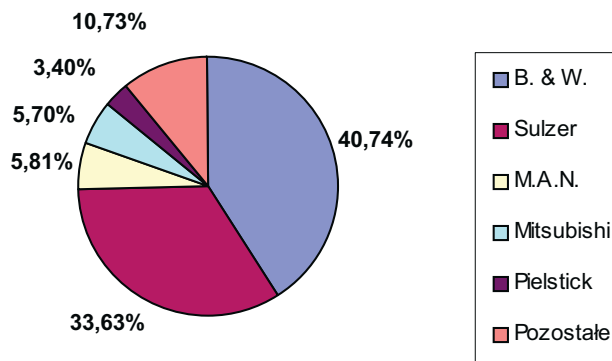
x- moc silnika głównego [kW].



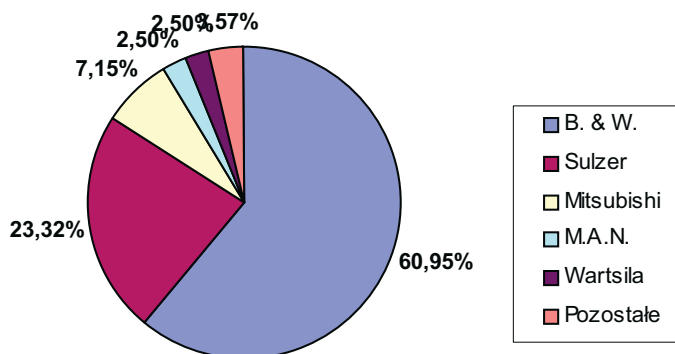
Rys. 3. Prędkość eksploatacyjna tankowca w zależności od mocy silnika głównego [1]
 Fig. 3. Tanker exploitational speed according to main engine power

Z Rys. 3 wynika, że prędkość eksploatacyjna tankowców praktycznie nie zależy od mocy silnika głównego. Instaluje się silniki o takiej mocy, która zapewni założoną prędkość statku. Czynnikiem, który wymusza wzrost mocy są zasadniczo gabaryty statku (jego nośność). Zasadniczo dla tankowców typu ULCC wystarczy moc silnika głównego na poziomie 40 MW. Taki zakres mocy staje się powoli możliwy do osiągnięcia przez średnioobrotowe okrętowe silniki tłokowe czterosuwowe, szczególnie w układach dwusilnikowych. Jednak ze względu na to, że w układzie bezprzekładniowym z silnikiem wolnoobrotowym dwusuwowym i śrubą o stałym skoku uzyskuje się największe sprawności napędowe (co automatycznie ma wpływ na zużycie paliwa), jako silniki napędu głównego tankowców stosuje się: turbinę parową napędu głównego lub okrętowy silnik dwusuwowy.

Jako producenci silników tłokowych napędu głównego tankowców w latach 1970-1985 (Rys. 4) reprezentowani byli głównie producenci silników dwusuwowych: B&W, Sulzer, MAN.

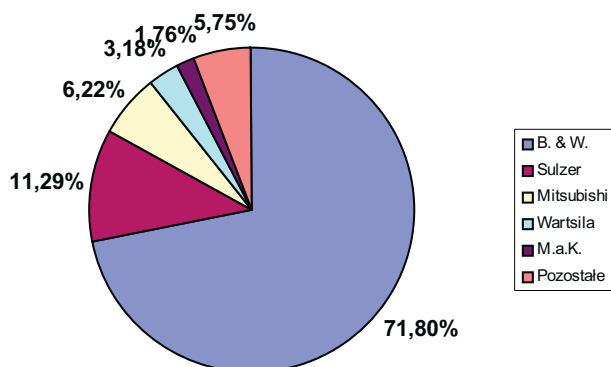


Rys. 4. Udziały procentowe producentów silnika głównego w latach 1970-1985 [1]
 Fig. 4. Number of tankers built in 1970-1985 according to main engine power



Rys. 5. Udział procentowy producentów silnika głównego tankowców budowanych w latach 1985-1994
 Fig. 5. Number of ME producers according to main engine power in year of built 1985-1994

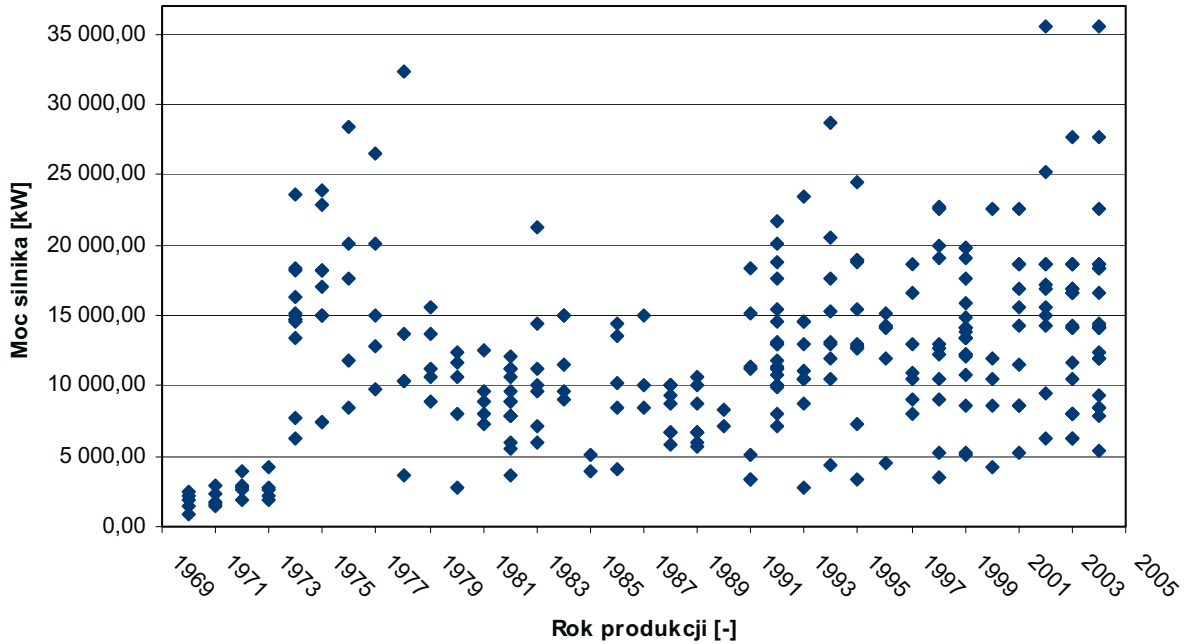
Istotne zmiany zaszły na przełomie wieków, kiedy doszło do przejęcia firmy Sulzer przez firmę Wartsila oraz firmy B&W przez firmę MAN. W rezultacie tych zmian firma MAN uzyskała udział w rynku prawie 72%, Wartsila około 14,5%, Mitsubishi ponad 6%. Są to główni dostawcy silników dwusuwowych [1].



Rys. 6. Udział procentowy producentów silnika głównego tankowców budowanych w latach 1995-2004
 Fig. 6. Number of ME producers according to main engine power in year of built 1995-2004

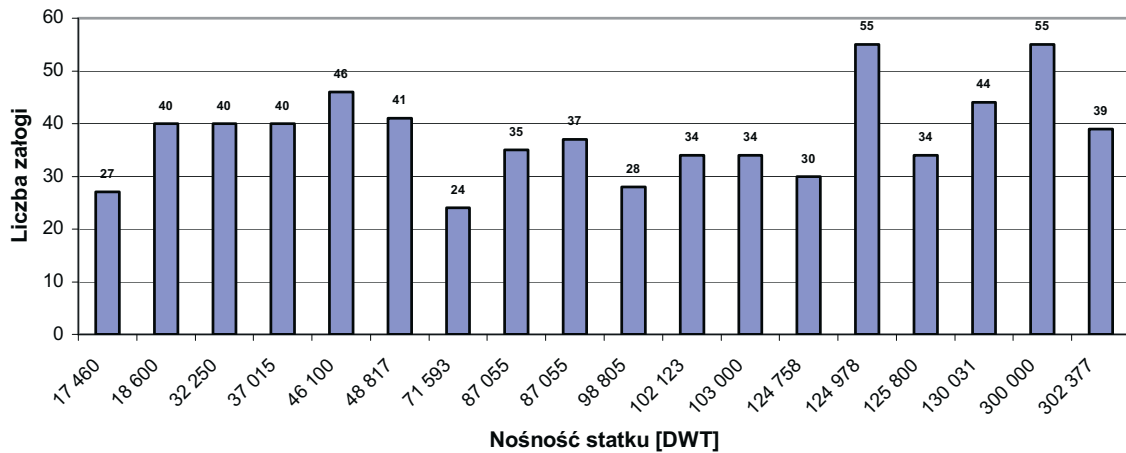
Do roku około 1974 (okresu pierwszego dużego kryzysu paliwowego) do napędu ówczesnych dużych tankowców używano turbin parowych. Posiadały one wymaganą moc do napędu głównego, były niezawodne, wymagały stosunkowo niewielkich nakładów na bieżącą eksploatację, ale miały jedną wadę - większe o około 30% jednostkowe zużycie paliwa w stosunku do oferowanych po 1970 roku silników dwusuwowych o dużej mocy, które były jednak bardziej zawodne, wymagały większych nakładów pracy na bieżącą eksploatację itd. Okres szybkich zmian w napędzie tankowców dotknął szczególnie boleśnie szczeciński PŻM, który zamówił cztery stutysięczniki do przewozu surowej ropy na potrzeby zbudowanego Portu Północnego w Gdańsku. Trzy z nich wyposażono w turbinę parową, na czwartej jednostce udało się dokonać zmian napędu głównego na dwusuwowy silnik firmy Sulzer 10RND90, ówczesnie silnik tłokowy o największej mocy, ale i dużych gabarytach i dużej masie. Jedną zaletą tego silnika przewyższyła wszystkie jego wady - mniejsze jednostkowe zużycie paliwa (wyższa sprawność silnika) - powodowała mniejszy udział kosztów paliwa w eksploatacji statku. Zaczęła się era silników dwusuwowych w napędach tankowców. Szybki rozwój techniczny w budowie tych silników zaowocował m.in. oferowaniem coraz większych mocy z jednego silnika, wzrost ich niezawodności i sprawności.

Na Rys. 7. można zauważyć zwiększenie zapotrzebowania na moc napędu głównego. Ze względu na budowę tankowców w szerokim zakresie tonażowym wymagana moc silnika głównego zawiera się w granicach 3-40 MW.



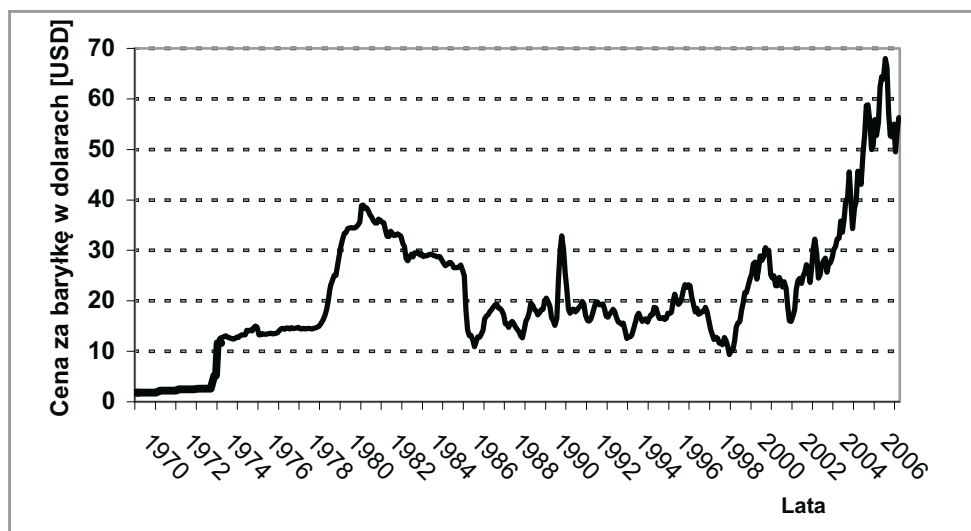
Rys. 7. Moc silnika głównego w zależności od roku budowy statku
 Fig. 7. Main engine power according to year of built

Mimo tendencji do budowy supertankowców, liczba załogi jest w przybliżeniu stała. Zależy przede wszystkim od wyposażenia technicznego (w tym automatyzacji statku), natomiast w stopniu niewielkim od nośności statku (Rys. 8) [2].



Rys. 8. Liczebność załogi tankowca w zależności od nośności
 Fig. 8. Number of tanker crew according to deadweight

Utrzymywana w ryzach liczba załogi ogranicza koszty, jednak wymagania płacowe załogi rosną, konieczna jest również częstsza wymiana załóg (krótsze kontrakty). Czynnikiem, na który armator nie ma większego wpływu, są koszty zakupu paliwa (mimo, że jest ono często ładunkiem!). Wpływ na to ma bezpośrednio cena baryłki surowej ropy naftowej, której zmiany pokazano na Rys. 9.



Rys. 9. Cena baryłki ropy naftowej w latach 1970-2007
 Fig. 9. Price of crude oil barrell in year 1970-2007

Wykres nie obejmuje ostatnich zawirowań ceny ropy. Na przełomie roku 2007/08 cena baryłki ropy przekroczyła 100 USD, obecnie koniec maja 2008 roku oscyluje w granicach 135 USD.

Dla armatora istotna jest cena popularnych paliw tj. paliwa ciężkiego IFO 180 oraz paliwa lekkiego (MDO - marine diesel oil). Na przełomie roku 1992/93 cena za tonę wynosiła odpowiednio 60 i 80 USD, obecnie (maj 2008) wynosi odpowiednio 650 i 1200 USD [7]. Nie uwzględniając inflacji w okresie 15 lat, cena paliw żeglugowych wzrosła 10-15 razy.

3. Wnioski końcowe

Wraz z rozwojem technologii i postępem naukowo-technicznym zachodzą również zmiany na konserwatywnym rynku budowy statków, szczególnie tankowców. W związku z procesem automatyzacji statku, co pozwala ograniczać liczebność załogi, wzrasta zapotrzebowanie na energię elektryczną. Moc elektrowni jest jednak ograniczana, ponieważ do napędu pomp ładunkowych powszechnie stosuje się pomocnicze turbiny parowe. Moc elektrowni jest rzędu 1-6 MW. W stosunku do mocy napędu głównego stanowi to 10-20%. Na tankowcach występują kotły pomocnicze o stosunkowo dużej wydajności rzędu 10-50 ton pary na godzinę. Możliwości utylizacji ciepła odpadowego z siłowni na potrzeby grzewcze statku są w tym przypadku za małe, bowiem potrzebne są duże ilości pary do grzania zbiorników ładunkowych w celu utrzymania pompowności ładunku w czasie podróży oraz do napędu turbin pomocniczych napędzających pompy w czasie rozładunku. Ponadto w czasie rozładunku nie pracuje silnik główny, nie ma ciepła odpadowego. Z silników pomocniczych zespołów prądotwórczych odzysk ciepła stanowiłby niewielką wartość w stosunku do potrzeb. Kotłownia składa się z minimum dwóch opalanych kotłów pomocniczych i ewentualnie jednego utylizacyjnego [3, 4, 6].

Z powodu oszczędności na kosztach paliwa, prędkości tankowców są stosunkowo niskie, co powoduje, że moce silników głównych nie są duże (np. w stosunku do kontenerowców). Występuje jednak preferencja instalowania wolnoobrotowych silników dwusuwowych z napędem bezpośrednim, aby wykorzystać możliwości uzyskania najwyższych sprawności napędowych. Powoduje to, że statki powinny osiągać założone prędkości pływania niezależnie od warunków zewnętrznych (stanu morza i atmosfery). Podstawowym zagrożeniem dla bezpieczeństwa tak wielkich statków (groźba pęknięcia kadłuba) są odkryte, płytkie wody przybrzeżne, na których mogą powstać w wyniku spiętrzenia wysokie fale [5].

Podane w artykule wzory aproksymacyjne pozwalają na oszacowanie, w fazie projektu wstępnego tankowca, istotnych parametrów energetycznych, w szczególności mocy silnika głównego oraz innych parametrów eksploatacyjnych.

Dopóki w transporcie morskim będzie dostępna ropa naftowa jako ładunek, dopóty rozwój tankowców będzie następował i będą to statki dominujące pod względem tonażu.

Literatura

- [1] Baza danych firmy Clarkson zbiornikowców z lat 1968-2006.
- [2] World Shipyard Monitor, July 2007.
- [3] Wiewióra, A., et al., *Ropa naftowa w transporcie morskim*, Trademar, Gdynia 2007.
- [4] Włodarski, J. K., et. al., *Bezpieczeństwo operacji ładunkowych na zbiornikowcach*, Wydawnictwo Uczelniane WSM, Gdynia 2001.
- [5] *Przeglądy kadłuba zbiornikowców olejowych: przepisy*, Publikacja Nr 36/P 2004, Polski Rejestr Statków, Gdańsk 2004.
- [6] King, G. A. B., *Tanker Practice. The Construction, Operation and Maintenance of Tankers*, Stanford Maritime Limited, London 1974.
- [7] www.bunkerworld.com