

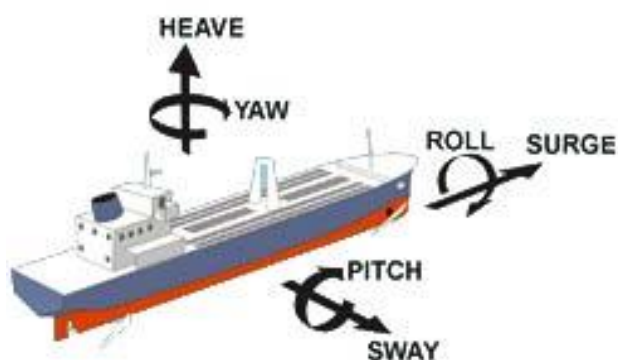
## PRZYKŁADOWE USZKODZENIA NA STATKACH MORSKICH SPOWODOWANE DRGANIAMI – W ASPEKcie STOCHASTYCZNYCH WARUNKÓW EKSPLOATACYJNYCH I ICH WPŁYW NA BEZPIECZEŃSTWO STATKU

### Streszczenie

W artykule omówiono przykładowe uszkodzenia na statkach morskich spowodowane drganiami. Przedstawiono je w aspekcie losowych warunków eksploatacyjnych. Omówiono wpływ tych uszkodzeń na bezpieczeństwo statku

### WSTĘP

Statek morski, który jest złożonym obiektem technicznym, należy także do największych konstrukcji stalowych spotykanych w świecie. Równocześnie statek morski należy także do największych środków transportu. Oznacza to, że jego konstrukcja musi być przystosowana do zmiennych, dynamicznych obciążeń. Falowanie wody i działanie silnych wiatrów na duże powierzchnie kadłuba statku powodują przy jego wymiarach gabarytowych duże lokalne odkształcenia sprężyste. W takich warunkach muszą pracować urządzenia i maszyny, które posiadają często złożoną strukturę konstrukcyjną i podlegają wewnętrznym obciążeniom dynamicznym, zależnym od charakteru pracy i stawianym tym urządzeniom zadań.



Rys. 1. Konstrukcja statku musi być przystosowana do zmiennych, dynamicznych obciążeń [1]

### 1. STATEK JAKO PRZESTRZEŃ PRACY URZĄDZEŃ I MASZYN

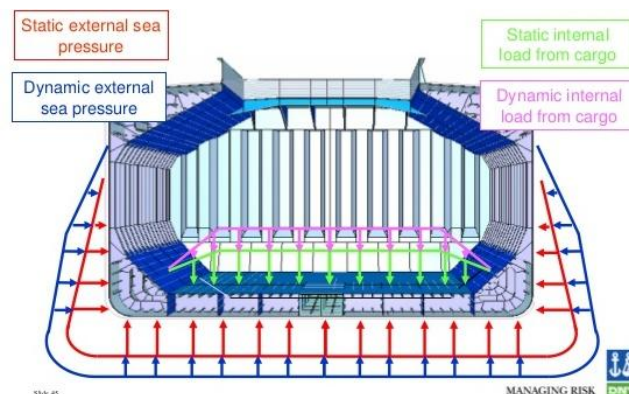
Ośrodkiem, w którym jest eksploatowany statek jest woda o gęstości zależnej od temperatury i zasolenia. Oznacza to ciągłą, losową zmianę struktury powierzchni podparcia kadłuba statku. Powierzchnia działania wody zależy od zanurzenia statku, co wiąże się z jego stanami eksploatacyjnymi, do których należą m.in. pływanie pusto, pod balastem. Na obciążenia kadłuba ma też wpływ rodzaj i ilość ładunku.

Podczas eksploatacji statku następuje przemieszczenie różnego rodzaju mediów. Bunkruje się, a następnie zużywa paliwo. Paliwo jest przemieszczane podczas procesu oczyszczania. Odpady są transportowane do specjalnych zbiorników szlamowych.

Zmieniają się też ilości wody słodkiej i zaburtowej przeznaczonej do różnych celów. Na burtach siłowni statku wykrapla się woda, która jest transportowana do zbiornika wody zęzowej i jeżeli pozwala na to prawo i stan separatora wody zęzowej, może być zrzucana

za burtę. Część wody zaburtowej może dostawać się do siłowni przez uszkodzoną pochwę wału lub nieszczelne dławnice pomp.

Oprócz zapasów paliwa, olejów i wody, zmieniają się też zapasy żywności.



Rys. 2. Na kadłub zanurzonego statku działa siła wyporu wody, co oznacza ciągłą, losową zmianę struktury powierzchni podparcia kadłuba statku [2].

Wszystkie te zmiany mają wpływ na stopień wypełnienia różnych przestrzeni statku, a co za tym idzie zmianę stanu wibroakustycznego różnej wielkości obszarów statku.

### 2. PRZYKŁADOWE USZKODZENIA NA STATKACH MORSKICH SPOWODOWANYCH DRGANIAMI

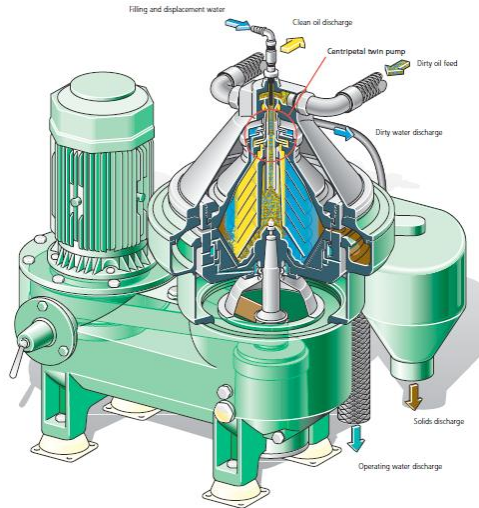
Przepisy międzynarodowe narzucają armatorom przeglądy techniczne. Różnią się one przedziałami czasu oraz rodzajem nadzoru technicznego. Część tych przeglądów (bieżących, rocznych) wykonuje załoga pod nadzorem starszego oficera mechanika, część (międzyklasowe dwuletnie, klasowe 5 letnie) pod nadzorem inspektora towarzystwa klasyfikacyjnego. Armatorzy dążąc do maksymalizacji zysków przewożą różne ładunki nie zawsze zgodnie z przepisami bezpieczeństwa oraz narzucają dowódcom statków decyzje o zbyt dużych w stosunku do zalecanych w danych warunkach pogodowych prędkościach statku.

Powoduje to występowanie kumulacji niekorzystnych zjawisk i prowadzi do uszkodzeń urządzeń lub konstrukcji statku, z różnymi konsekwencjami.

#### 2.1. Uszkodzenia wirówki paliwa na zbiornikowcu olejowym ropowcu

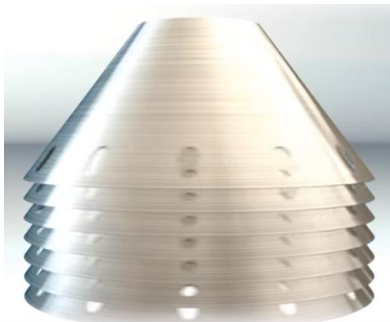
Na zbiornikowcu olejowym ropowcu były zamontowane dwie wirówki paliwa, które były stosowane do oczyszczania paliwa pozostałościowego HFO. Jedna z wirówek była trwale uszkodzona i

została wyłączona z ruchu. W drugiej wirówce w krótkich przedziałach czasowych ulegały uszkodzeniu łożyska wału bębna.



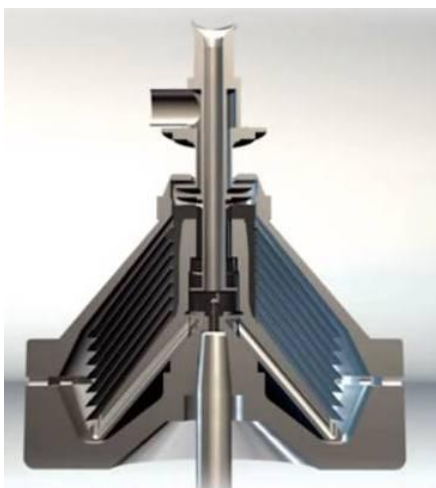
**Rys. 3.** Wirówka paliwa to złożone urządzenie, w który, bęben porusza się z dużą prędkością obrotową [3]

Dokonywane pomiary jak i zmiany dostawców łożysk nie dawały rezultatów. Sprawdzone także, czy oprócz wału i łożysk nie uległy uszkodzeniu inne elementy wirówki., takie jak np. stos talerzy wykonanych z cienkiej blachy ze stali nierdzewnej.



**Rys. 4.** Stos talerzy wykonanych z cienkiej blachy ze stali nierdzewnej [3]

Wirówka miała dużą wydajność i jej gabaryty i ciężar wymagały chwilami obsługi dwóch osób.



**Rys. 5.** Bęben wirówki paliwa [3]

Problem polegał na tym, że statek pływał zawsze z maksymalną prędkością, na jaką pozwalał stan załadowania i pogoda i w związku z tym wirówka musiała cały czas pracować. Dodatkowo, zapasowe zbiorniki paliwowe w dnie podwójnym były zanieczyszczone dużą ilością szlamu, co zwiększało ilość odpadów wirówkowych.

Przypadek sprawił, że po awarii silnika głównego trzeba było wypełnić wodą zęzową zbiornik odpadów wirówkowych (o pojemności 90 m<sup>3</sup>, na którym była zamocowana wirówka.

Po wypełnieniu zbiornika vibracje wirówki ustały.

## 2.2. Uszkodzenie węzłowej struktury kadłuba statku

Statek masowiec regularnie przewoził z Brazylii do Europy rudę żelaza. Statek był klasy panamax i miał 240 [m] długości. W jednym z rejsów podczas mycia ładowni stwierdzono uszkodzenie spawów na połączeniach wręgów do poszycia. Po inspekcji okazało się, że uszkodzonych jest 120 takich połączeń.



**Rys. 6.** Korozja spowodował uszkodzenia zmęczeniowe spoin wręgów i poszycia ładowni

Podczas inspekcji na stoczni w Brazylii, inspektorzy nie zezwolili na dalszą żeglugę i przez dwa tygodnie złącza były spawane.

Uszkodzenia takie powodują osłabienie konstrukcji i możliwość przełamania statku



**Rys. 7.** Statek tonący z powodu przełamania się w sztorcie na skutek korozji kadłuba [5]

## 3. ANALIZY OPISANYCH USZKODZEŃ

### 3.1. Analiza uszkodzeń wirówki paliwa

W przypadku wirówki paliwa błąd popełnili albo konstruktorzy albo stocznia. Tak duża i ciężka wirówka nie powinna być zamontowana na tak dużym, zbiorniku. Praca wirówki składa się z kilku cykli,

do których należą m.in. cykl wirowania paliwa, cykl samooczyszczania (strzelanie wirówki), cykl przygotowania do wirowania paliwa. Powoduje to zmienne drgania. Zamontowanie wirówki na tak dużym zbiorniku powodował wzmocnienie drgań przez pusty zbiornik.

Po napełnieniu zbiornika wodą drgania ustawały. Po wykonaniu dalszych badań, okazało się, że zbiornik musi być napełniony wodą co najmniej w 2/3 objętości.

Okazało się również, że druga wirówka zamocowana była na platformie podpartej dwiema podporami. Na stoczni wzmocniono platformę, zwiększając jej sztywność i podparto specjalnymi podporami profilowymi.

Trwałe uszkodzenie drugiej wirówki i zaniechanie wirowania paliwa, przy zanieczyszczonych zbiornikach paliwowych mogło się skończyć uszkodzeniem silnika głównego i utraceniem w sztormie statku.

### 3.2. Analiza uszkodzeń konstrukcji kadłuba

Służby armatora oraz inspektorzy towarzystwa klasyfikacyjnego analizując uszkodzenia stwierdzili, że pęknięcia spawów nastąpiły z powodu korozji.

Według późniejszych doświadczeń i badań komisji złożonej z oficerów z załogi (do której autor należał) stwierdzono, że przyczyną pęknięcia spawów były drgania kadłuba. Konstrukcja nie wytrzymała drgań, kiedy statek przewoził rudę metali. Załadowana wtedy była co druga ładownia. Ładunek o dużej gęstości wypełniał małą przestrzeń ładowni i obniżał środek ciężkości. W pustych ładowniach duża siła wyporu była skierowana przeciwnie do dużej, skupionej siły ciężkości ładunku. Znaczące też były momenty skręcające spowodowane szybkim powrotem z przechyłów bocznych spowodowane dużym momentem prostującym.

Po wylądowaniu stwierdzono nowe pęknięcia. Stwierdzono też, że korozja pęknięć następowała po umyciu ładowni wodą morską.

Podczas żeglugi z węglem, który wypełniał wszystkie ładownie, nie zauważono żadnych nowych pęknięć.

## PODSUMOWANIE

Wibracje na statku morskim są ważnym źródłem uszkodzeń urządzeń, maszyn i konstrukcji kadłuba. Już podczas projektowania prowadzone są symulacje i badania mające na celu eliminację drgań w wielu obszarach statku. Jednak dopiero doświadczenie eksploatacyjne w losowych warunkach pozwala na weryfikację założeń i rozwiązań projektowych.

Identyfikacja źródeł drgań, wpływ wielu źródeł jakimi są maszyny urządzenia, elementy konstrukcji wzajemnie na siebie pozwala na prowadzenie obserwacji również podczas eksploatacji statku, w celu szybkiej detekcji uszkodzeń, które w trudnych warunkach morskich mogą skończyć się katastrofą.

Świadomość niedoskonałości modeli i zastosowania ich w realnych warunkach morskich wymusza konieczność prowadzenia dalszych badań i poszukiwania nowych metod badawczych.

## BIBLIOGRAFIA

1. [www.km.kongsberg.com](http://www.km.kongsberg.com)
2. [www.dnv.com](http://www.dnv.com)
3. [www.gea.com](http://www.gea.com)
4. [www.full-ahead.net](http://www.full-ahead.net)
5. [www.tsb.gc.ca](http://www.tsb.gc.ca)

## EXAMPLES OF DAMAGE ON THE SHIPS CAUSED BY VIBRATIONS IN ASPECT OF THE OPERATIONAL STOCHASTIC TERMS AND THEIR IMPACT ON SAFETY OF SEAGOING SHIP

### Abstract

*The article discusses examples of damage to seagoing vessels caused by vibrations. They are presented in terms of stochastic operating conditions. The effects of the damage on the safety of the ship*

Autor:

dr inż. **Zbigniew Łosiewicz**, st.of.mech.okr. – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, adres e-mail: [HORN.losiewicz@wp.pl](mailto:HORN.losiewicz@wp.pl)