

## WYBRANE ASPEKTY WYKORZYSTANIA PRZYRZĄDÓW POMIAROWYCH W PROCESIE MONTAŻU OKRĘTOWYCH UKŁADÓW NAPĘDOWYCH

Eliza JARYSZ-KAMIŃSKA

Instytut Technologii Mechanicznej  
Politechnika Szczecińska, Al. Piastów 19, 70-310 Szczecin, e-mail: [ejarysz@ps.pl](mailto:ejarysz@ps.pl)

### Streszczenie

W artykule przedstawione zostały różne techniki i narzędzia wykorzystywane w trakcie montażu okrętowych układów napędowych na przykładzie osiowania linii wałów statku typu con-ro produkowanego w jednej z polskich stocznii. Omówione zostały następujące metody pomiarowe wykorzystywane w trakcie osiowania linii wałów: metody tradycyjne, metody z wykorzystaniem urządzeń optycznych lub laserowych. Celem analizy jest wybór optymalnej techniki pomiarowej i narzędzi umożliwiający minimalizację kosztów produkcji przy zachowaniu wymagań technologicznych stawianych zarówno przez klienta jak i towarzystwa klasyfikacyjne.

Słowa kluczowe: przyrząd pomiarowy, osiowanie linii wałów.

### CHOSEN ASPECTS OF SELECTED MEASUREMENT INSTRUMENTS IN PROCESS OF SHIP PROPULSION UNITS ASSEMBLY

#### Summary

The paper presents variety of techniques and tools used during assembly of vessel's propulsion system on the example of shaft alignment on the con-ro vessel made by one of polish shipyards. The following measuring methods used during shaft alignment were presented: classical methods, shaft alignment with optical instruments or laser instruments. The purpose of this analysis is to find the proper measuring technique and tools which can minimize the costs of production and also to comply with technological requirements requested by the client and by the ship classification society.

Keywords: measuring instrument, shaft alignment.

## 1. WPROWADZENIE

Dokładne ustawienie współpracujących ze sobą elementów układu napędowego statku jest jednym z najważniejszych warunków długoletniej i bezawaryjnej jego pracy. Istotnym jest dokładne ustawienie współpracujących ze sobą elementów układu napędowego jednostki pływającej polegające na dokładnym ustawieniu współosiowości wałów zespołów maszyn.

## 2. CZYM JEST OSIOWANIE?

Osiowanie jest procesem mającym na celu takie ustawienie dwu lub większej ilości maszyn, aby osie wałów tych maszyn podczas ich pracy w temperaturze roboczej stanowiły jedną linię prostą [1].

Poprawne osiowanie składa się z co najmniej trzech etapów [2]:

- pomiaru wielkości i kierunku niewspółosiowości;
- obliczenia potrzebnych przesunięć maszyny ustawianej;
- korekcja maszyny ustawianej.

Brak współosiowości pomiędzy elementami (niewspółosiowość) wchodzącymi w skład układu

napędowego jest powodowany między innymi takimi czynnikami jak [2]:

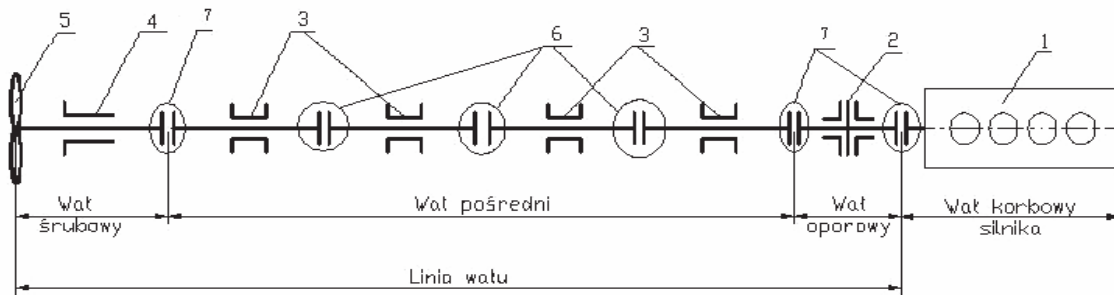
- błędy konstrukcyjne;
- niewłaściwe ustawienie elementów;
- nieprawidłowa obróbka mechaniczna elementów;
- odkształcenia cieplne;
- pęknięcia;
- osiadanie fundamentów.

Również podczas eksploatacji układu napędowego pojawia się niewspółosiowość. Wpływa na to zużycie materiałów, osiadanie fundamentów a także deformacja elementów maszyn.

Niepoprawne wyosiowanie elementów prowadzi do [1, 3]:

- zwiększenia drgania maszyn;
- zwiększenia zużycia łożysk;
- większego zużycia uszczelnień;
- znacznie szybszego zużycia sprzęgła;
- większego poboru energii

Dane do wytyczenia osi wałów dla działu wyposażenia statku, które przekazywane są do odpowiednich komórek zajmujących się pomiarami bądź dokonuje się zlecenia wyspecjalizowanej firmie zewnętrznej, pozyskuje się z traserni, poczynając od wyznaczenia punktu wału na



Rys. 1. Schemat układu napędowego, w skład układu napędowego wchodzi następujące elementy: wał napędowy: wał śrubowy, wały pośrednie, wał oporowy; silnik główny (1); łożyska wzdłużne – oporowe (2); łożyska poprzeczne – nośne (3); pochwa wału śrubowego (4); śruba napędowa (5); dławice uszczelniające (6); sprzęgło tarczowe (7).

przedniej grodzi maszynowej, a drugiego na pionie rufowym. Przez te dwa punkty przebiega linia wałów. Analizowana stocznia współpracuje z wyspecjalizowaną firmą zewnętrzną, której to po przeprowadzeniu osiowania metodami klasycznymi zleca osiowanie przy użyciu bardziej wyspecjalizowanych metod w tym przypadku wykorzystywane są urządzenia optyczne

### 3. KLASYFIKACJA METOD POMIAROWYCH WYKORZYSTYWANYCH W TRAKCIE MONTAŻU OKRĘTOWYCH UKŁADÓW NAPĘDOWYCH NA PRZYKŁADZIE LINII WAŁÓW

Linia wałów pełni funkcję przekazywacza momentu obrotowego śruby napędowej. Przekazuje również napory wytwarzane przez śrubę do łożyska wzdłużnego a następnie na kadłub. Linie wałów tworzą wały pośrednie, śrubowy i oporowy wraz ze sprzęgłami i innymi elementami (rys. 1). Po uzyskaniu z traserni danych niezbędnych do wyznaczenia osi wałów dążąc do wyznaczenia położenia łożysk pośrednich i przejść grodziowych.

W tym celu można posługiwać się:

#### 1) metodami klasycznymi:

- struną stalową;

Strunę stalową do osiowania można stosować, jeżeli długość wału nie przekracza 30 m. Ograniczenie to wymuszone jest tym, że pod wpływem własnego ciężaru struna stalowa zwisa, a wielkość zwisu jest zależna od średnicy i od obciążenia struny, a określana doświadczalnie dla różnych punktów położonych w określonym oddaleniu od punktów podparcia.

- promieniem świetlnym;

Wyznaczanie osi wałów za pomocą strumienia świetlnego może odbywać się z wykorzystaniem następujących urządzeń: płytka cynkowa z otworem o średnicy 1 mm; liniał; przyrząd z tarczą obrotową do prześwietlania linii wałów.

- liniał krawędziowy i szczelinomierz;

Ustawienie współosiowości za pomocą liniału wspomaganego jest poprzez pomiar szerokości

szczeliny między półsprzęgłami przy użyciu szczelinomierza.

- czujniki zegarowe i mikrometry;

Wykorzystanie tych przyrządów wymaga zastosowania mechanicznych mostków mocowanych do ciężkich uchwytów, których zwis musi być dokładnie zmierzony i uwzględniony w dalszych obliczeniach. Pomiar przy wykorzystaniu czujników zegarowych mogą być obciążone dużym błędem pomimo wykonywania ich przez doświadczony personel, gdyż wymagają precyzyjnego ich zainstalowania, a także właściwego zinterpretowania wyników pomiarów. Błędy mogą być generowane przez ugięcie mostków pomiarowych, nieprawidłowy odczyt czy mimośrodowe wykonanie tarcz sprzęgłowych.

#### 2) urządzeniami optycznymi;

Urządzenia optyczne wykorzystywane do wyznaczania osi linii wałów to:

- luneta precyzyjna, jest urządzeniem, które na odległościach do 30 metrów daje możliwość odczytu z dokładnością do 0,05 mm;
- kolimator posiada dwie tarcze służące do pomiarów przesunięcia od osi i wielkości niewspółosiowości [4];
- teodolit.

#### 3) urządzeniami laserowymi.

Zastosowanie metody laserowej w zależności od warunków montażu linii wałów stanowi 20% czasu potrzebnego do ustawienia maszyn metodami tradycyjnymi opartymi na czujnikach mechanicznych [1].

Klasyfikacja wykorzystywanych przy osiowaniu linii wałów metod i urządzeń pomiarowych nie jest w sposób jednoznaczny określona w literaturze, która ten problem ogranicza do minimum. Jerzy Doerffer w swojej pracy „Technologia wyposażenia statków” [4] do wyznaczania osi wałów proponuje zaledwie 3 metody:

- 1) strunę stalową;
- 2) promień świetlny;
- 3) urządzenia optyczne.

Józef Dwojak wraz z Markiem Rzepiełą w swojej pracy [2] omawiają zastosowanie laserów

oraz metody tradycyjne osiowania wałów, przy których stosowane są następujące przyrządy bądź układy pomiarowe:

- 1) liniał krawędziowy i szczelinomierz;
- 2) zwora i szczelinomierz;
- 3) czujniki zegarowe i mikrometry.

Zaś zastosowanie struny z drutu fortepianowego opisują jako tradycyjną metodę współcentryczności otworów.

#### 4. PORÓWNANIE CZASOCHŁONNOŚCI POMIARÓW KOLEJNYMI PRZYRZĄDAMI POMIAROWYMI

W celu przeprowadzenia analizy ekonomicznej dla potrzeb danego artykułu wykorzystane zostanie porównanie czasochłonności trzech, wybranych z spośród wymienionych w klasyfikacji, metod pomiarowych:

- 1) metoda klasyczna – osiowanie przy użyciu struny stalowej (rys. 2);
- 2) osiowanie z wykorzystaniem urządzeń optycznych na przykładzie wykorzystania teodolitu (rys. 3);
- 3) osiowanie z wykorzystaniem urządzeń laserowych na przykładzie wykorzystania jednego z urządzeń firmy Easy-Laser (rys. 4).

Opracowany przykład jest zestawieniem pomiarów 1 i 2 wykonanych na tym samym statku oraz pomiarów 3 wykonanych w trakcie osiowania linii wałów na zbliżonej konstrukcyjnie jednostce pływającej.

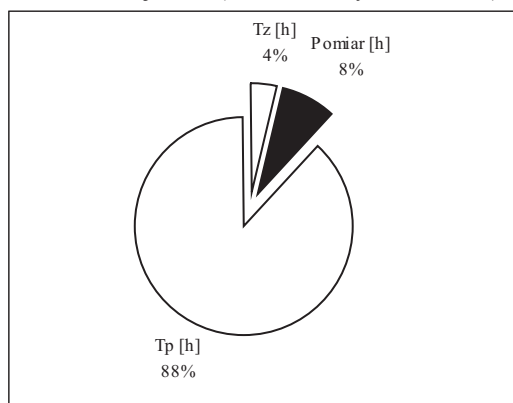
##### 4.1. Metoda osiowania przy użyciu struny stalowej

Czas przygotowawczy  $T_p$  pomiaru składa się z następujących czynności:

- wyznaczanie osi linii wałów do roztaczania otworów w odlewach wsporników wałów śrubowych teodolitem, oznakowanie przebiegu osi wizjerkami na stojakach),
- konstrukcja stojaków,
- rozmieszczenie i zamocowanie stojaków,
- rozciągnięcie struny.

W skład czasu prac zakończeniowych  $T_z$  wchodzi:

- demontaż struny,
- demontaż stojaków (odcięcie i wyszlifowanie).



Rys. 2. Osiowanie przy pomocy struny stalowej

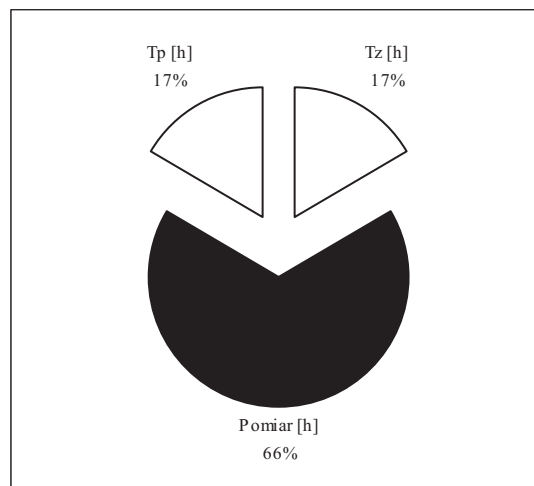
##### 4.2. Metoda osiowania przy użyciu urządzenia optycznego

W trakcie przebiegu procesu montażu układu napędowego mamy do czynienia z następującymi pomiarami wykonywanymi przy użyciu przyrządów optycznych:

1. Wyznaczenie osi linii wałów do roztaczania otworów w odlewach wsporników wałów śrubowych teodolitem ustawionym po stronie dziobowego końca fundamentu przekładni.
2. Wyznaczenie rzeczywistej osi montażu tulei.
3. Pomiary kontrolne po zgrubnym wytoczeniu.
4. Pomiary kontrolne współosiowości otworu w odlewie rufowym z otworem w odlewie dziobowym przed obróbką wykańczającą.
5. Pomiary współosiowości osi łożyska rufowego i dziobowego (środkowego) wału śrubowego.
6. Pomiary kontrolne po wylaniu tworzywa chemoutwardzalnego zamocowania tulei.

Przy pomiarach 2-6 wykorzystywany jest aliniometr.

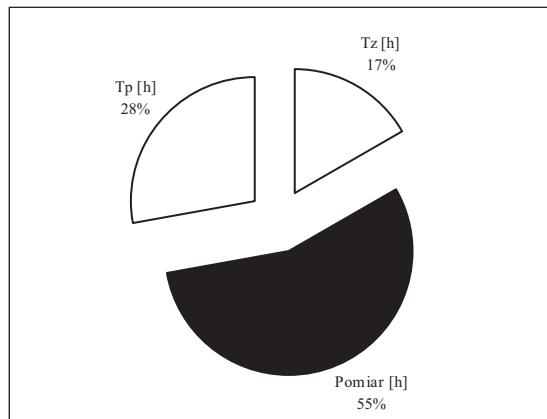
Na  $T_p$  składa się: rozstawienie przyrządu i jego stabilizacji w warunkach otoczenia (rys. 3).



Rys. 3. Osiowanie przy użyciu urządzenia optycznego

##### 4.3. Metoda osiowania przy użyciu urządzenia laserowego

Wykorzystanie urządzeń laserowych zwiększa dokładność jak i prostotę wykonania procesu osiowania. Zastosowanie metody laserowej w zależności od uciążliwości i warunków montażu linii wałów stanowi 20% czasu potrzebnego do ustawienia maszyn metodami tradycyjnymi opartymi na czujnikach mechanicznych [2].



Rys. 4. Osiowanie przy użyciu urządzenia laserowego

## 5. PODSUMOWANIE

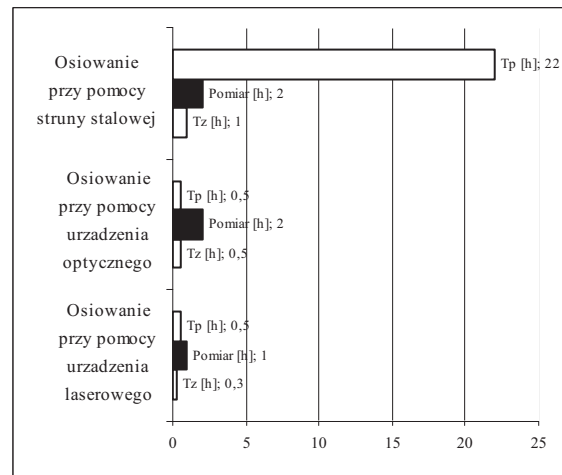
Poniżej przedstawiono zestawienie zebranych danych w formie tabelarycznej (Tabela 1) i formie graficznej (rys. 5).

Tabela 1. Zestawienie czasów wykonania pomiarów analizowanymi metodami

Metoda pomiaru	Tp [h]	Pomiar [h]	Tz [h]	Ilość osób potrzebna do wykonania pomiaru
Osiowania przy użyciu struny stalowej	22	2	1	6
Osiowanie przy użyciu urządzenia optycznego	0,5	2	0,5	2
Osiowanie przy użyciu urządzenia laserowego	0,5	1	0,3	2

Przeprowadzone pomiary można różnie interpretować w zależności od podejścia firmy do kosztów wytwarzania (koszt urządzenia a czas wykonania nim pomiarów). Biorąc pod uwagę stawkę godzinową naszych pracowników (specjaliści ds. pomiarów), w kontekście rozważanych kosztów najdroższym, a zarazem najmniej dokładnym pomiarem będzie pomiar przy użyciu struny stalowej. Pomiar ten jednak wykazuje się najmniejszym kosztem zakupu niezbędnych pomocy, czyli struny czy wykorzystanie materiałów znajdujących się na terenie (resztki) na wykonanie stojaków. Pomimo swojej czasochłonności i małej dokładności pomiaru jest to jedna z najczęściej stosowanych metod wstępnego wyznaczania osi linii wałów.

Zakup wyspecjalizowanego sprzętu, jakim są urządzenia optyczne czy laserowe zwraca się dopiero po kilku latach funkcjonowania przy takiej ilości wykonywanych nim pomiarów (stocznia woduje ok. 10 statków rocznie). Czasochłonność pomiaru przy wykorzystaniu urządzeń optycznych jest nieznacznie wyższa od przypadku urządzeń laserowych, lecz koszty użytkowania oraz utrzymania są niższe. W efekcie metoda ta jest najczęściej stosowana przy osiowaniu linii wałów.



Rys. 5 Zestawienie czasów pomiarów przedstawionych metod

## LITERATURA

- [1] Poradnik Prüftechnik Wibrem, *Osiowanie prostsze niż myślisz*.
- [2] Dwojak J., Rzepiela M., *Zastosowanie lasera do ustawiania maszyn, doświadczenia elektrowni Opolo*: Biuro GAMMA Warszawa 2001
- [3] Kraszewski J., *Osiowanie turbozespołów parowych*: ZRE Lublin 1987
- [4] Doerffer J., *Technologia wyposażania statków*, Wydawnictwo Morskie Gdańsk 1975



Mgr inż. **Eliza JARYSZ-KAMIŃSKA**. Jest słuchaczem studiów doktoranckich Politechniki Szczecińskiej Wydziału Inżynierii Mechanicznej i Mechatroniki na kierunku Budowa i Eksploatacja Maszyn.