



# **PRZEPISY**

## **PUBLIKACJA 5/P**

### **WYMAGANIA DLA TURBOSPREŻAREK**

lipiec  
2024

Publikacje P (Przepisowe) wydawane przez Polski Rejestr Statków są uzupełnieniem lub rozszerzeniem Przepisów i stanowią wymagania obowiązujące tam, gdzie mają zastosowanie.

GDAŃSK

*Publikacja Nr 5/P – Wymagania dla turbosprężarek – Lipiec 2024, została opracowana na bazie Ujednoliconych Wymagań IACS M73.*

“Data wniosku o certyfikację” oznacza datę dowolnego dokumentu, wymaganego/akceptowanego przez PRS jako wniosek lub zlecenie certyfikacji nowego typu turbosprężarki lub takiego jej typu, który został poddany znacznym modyfikacjom w porównaniu do typu już zatwierdzonego, lub wniosek o odnowienie zatwierdzenia typu którego świadectwo zatwierdzenia wygasło.

*Publikacja niniejsza została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 11 czerwca 2024 r. i wchodzi w życie z dniem 1 lipca 2024 r.*

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2024

# SPIS TREŚCI

	Str.
<b>1 Zakres</b> .....	5
<b>2 Wymagana dokumentacja</b> .....	5
2.1 Kategoria A:.....	5
2.2 Kategorie B oraz C: .....	5
2.3 Kategoria C:.....	6
<b>3 Wymagania projektowe i próby typu</b> .....	6
3.1 Zagadnienia ogólne.....	6
3.2 Układ zabezpieczający urządzenia w obudowie .....	6
3.3 Osadzenie skurczowe tarcza – wał.....	7
3.4 Próby typu.....	7
<b>4 Sposób nadzoru</b> .....	8
<b>5 Sygnalizacja alarmowa i kontrolna</b> .....	9



## 1 ZAKRES

**1.1** Wymagania tej publikacji mają zastosowanie do turbosprężarek, w zakresie zatwierdzania ich konstrukcji, prób typu i wydawania dokumentów z nadzoru oraz ich powiązania z silnikami.

Turbosprężarki powinny być typu uznanego, albo osobno albo jako część silnika. Wymagania dotyczą turbosprężarek napędzanych gazami spalinowymi, ale mogą być w zasadzie stosowane także do turbosprężarek napędzanych przez układ odbioru mocy od silnika (PTO – Power Take Off).

**1.2** Wymagania zwiększają się wraz z rozmiarem turbosprężarek. Parametrem określającym rozmiar urządzenia jest moc silnika (maksymalna stała moc) dostarczana przez zespół cylindrów obsługiwanych przez daną turbosprężarkę, (np. w przypadku silnika o układzie widlastym z jedną turbosprężarką dla każdego rzędu cylindrów, rozmiar określony jest przez połowę całkowitej mocy silnika).

**1.3** Turbosprężarki podzielono na trzy kategorie w zależności od mocy obsługiwanej przez grupy cylindrów:

- Kategoria A:  $\leq 1000$  kW
- Kategoria B:  $> 1000$  kW oraz  $\leq 2500$  kW
- Kategoria C:  $> 2500$  kW

## 2 WYMAGANA DOKUMENTACJA

### 2.1 Kategoria A:

Na życzenie:

- Sprawozdanie z próby zabezpieczenia urządzenia w obudowie.
- Rysunek przekroju zawierający podstawowe wymiary oraz nazwy części.
- Program prób.

### 2.2 Kategorie B oraz C:

- Rysunek przekroju zawierający podstawowe wymiary oraz materiały części składowych obudowy w celu oceny zabezpieczenia w niej urządzenia.
- Dokumentację układu zabezpieczającego urządzenia w obudowie w przypadku pęknięcia tarczy, patrz 3.2.
- Dane oraz ograniczenia eksploatacyjne :
  - Maksymalne dopuszczalne obroty eksploatacyjne (rpm)
  - Poziom alarmowy przekroczenia dozwolonych obrotów
  - Maksymalna dopuszczalna temperatura spalin na dolocie do turbiny
  - Poziom alarmowy temperatury spalin na dolocie do turbiny
  - Minimalne ciśnienie dopływu oleju smarowego
  - Wartość nastawy alarmu minimalnego ciśnienia dopływu oleju smarowego
  - Maksymalna temperatura wypływu oleju smarowego
  - Wartość nastawy maksymalnego poziomu temperatury wypływu oleju smarowego
  - Maksymalne dopuszczalne poziomy drgań, generowane samoistnie lub przez czynniki zewnętrzne.

(Poziomy alarmowe mogą pokrywać się z wartościami dopuszczalnymi, ale nie mogą być osiągnięte przy pracy silnika z mocą równą 110% lub przy jakimkolwiek okresowym przeciążeniu powyżej 110%.)

- Układ systemu smarowania, wszystkie warianty w danym zakresie
- Sprawozdanie z prób typu
- Program prób

## 2.3 Kategoria C:

- Rysunki obudowy oraz części wirujących, włącznie ze szczegółami zamocowania łopatek wirników.
- Specyfikacje materiałowe (skład chemiczny oraz właściwości mechaniczne) wszystkich wyżej wymienionych części.
- Szczegóły dotyczące spawania oraz procedury spawania wyżej wymienionych części, jeśli ma to zastosowanie.
- Dokumentacja<sup>1)</sup> bezpiecznego przenoszenia momentu, w przypadku gdy tarcza złączona jest z wałem jako połączenie skurczowe, patrz 3.3.
- Informacja o oczekiwanym okresie użytkowania, z uwzględnieniem zjawiska pełzania oraz zmęczenia nisko- i wysokocyklowego.
- Podręczniki obsługi i konserwacji<sup>1)</sup>.

## 3 WYMAGANIA PROJEKTOWE I PRÓBY TYPU

### 3.1 Zagadnienia ogólne

**3.1.1** Konstrukcja turbosprężarek powinna umożliwiać ich eksploatację zgodnie z warunkami podanymi w *Przepisach klasyfikacji i budowy statków morskich PRS*, w Części VI – rozdz. 1.6 oraz w Części VII – rozdz. 2.1. Okres użytkowania części oraz poziomy alarmowe dotyczące obrotów powinny być ustalone przy działaniu przy temperaturze dolotu powietrza 45°C.

**3.1.2** Na wlocie powietrza do turbosprężarek należy zainstalować filtr.

### 3.2 Układ zabezpieczający urządzenia w obudowie

**3.2.1** Turbosprężarki powinny spełniać wymagania dotyczące układu zabezpieczającego w obudowie w przypadku rozerwania wirnika. Oznacza to, że po rozerwaniu wirnika, żadna z jego części nie może przedostać się przez obudowę turbosprężarki lub przez wlot powietrza. W celach dokumentacyjnych (próby/obliczenia) należy założyć najgorszy z możliwych przypadek rozpadu tarczy.

**3.2.2** W przypadku kategorii B i C, układ zabezpieczenia w obudowie powinien być udokumentowany próbami. Na podstawie prób jednostkowych można uznać, że wymaganie to zostało spełnione przez typoszereg turbosprężarek<sup>2</sup>. Zaleca się poddanie próbom dużej jednostki ze względu na to, że może ona być uznana za reprezentatywną dla całego typoszeregu. W każdym przypadku należy udokumentować (np. poprzez obliczenia), że wybrana jednostka próbna jest rzeczywiście reprezentatywna dla całego typoszeregu.

**3.2.3** Minimalnymi próbnymi prędkościami obrotowymi, w odniesieniu do maksymalnych dopuszczalnych prędkości eksploatacyjnych, są:

- W przypadku sprężarki: 120%.
- W przypadku turbiny: 140% lub własna prędkość rozrywająca, przyjmując wartość mniejszą.

**3.2.4** Próby układu zabezpieczającego w obudowie należy przeprowadzać w temperaturze, która nie jest niższa od maksymalnej dopuszczalnej temperatury turbosprężarki, podanej przez producenta.

<sup>1)</sup> Dotyczy dwu rozmiarów typoszeregu turbosprężarek

<sup>2)</sup> Typoszereg oznacza serię turbosprężarek tego samego projektu, ale różnych rozmiarów.

**3.2.5** Producenci powinni określić czy istnieją sytuacje bardziej krytyczne ze względu na bezpieczeństwo układu zabezpieczającego niż te, które przedstawiono w 3.2.3 oraz 3.2.4. Jeśli zidentyfikowano takie przypadki, należy także dla nich udokumentować bezpieczeństwo układu.

**3.2.6** Zamiast praktycznej próby układu zabezpieczającego można zaakceptować analizę liczbową (symulację), np. za pomocą metody elementów skończonych (FEM), dostatecznej integralności obudowy w oparciu o obliczenia z użyciem modelu symulacji, pod warunkiem że:

- Liczbowy model symulacji został poddany próbom, a jego odpowiedność/dokładność została wykazana poprzez bezpośrednie porównanie wyników obliczeń z wynikami praktycznej próby obudowy w przypadku podobnego zastosowania (referencyjna próba układu zabezpieczającego w obudowie). Producent powinien co najmniej raz przeprowadzić taką próbę w celu akceptacji zastąpienia próby praktycznej metodą liczbową.
- Odpowiadająca symulacja liczbowa układu zabezpieczającego w obudowie przeprowadzana jest przy tych samych prędkościach obrotowych, jakie podano w przypadku próby praktycznej.
- Do symulacji liczbowej należy stosować właściwości materiałów charakterystyczne przy deformacjach związanych z wysokimi obrotami. Należy uzasadnić korelację pomiędzy właściwościami normalnymi, a właściwościami związanymi z odnośną prędkością deformacji.
- Konstrukcja turbosprężarki w aspekcie geometrycznym i kinematycznym powinna być podobna do tej, którą zastosowano w przypadku referencyjnej próby układu zabezpieczającego w obudowie.

**3.2.7** W przypadkach gdy przyjmowany jest całkowicie nowy projekt\*\*\*) turbosprężarki, dla której wnioskowano o certyfikację zatwierdzenia typu, należy przeprowadzić nowe referencyjne próby układu zabezpieczającego.

\*\*\*) Całkowicie nowy projekt oznacza że zasadnicze różnice między nową turbosprężarką a poprzednimi dotyczą konstrukcji urządzenia w aspekcie geometrycznym i kinematycznym. Turbosprężarki uważa się za objęte całkowicie nowym projektem, jeśli zmieniono konstrukcję i/lub materiał ich obudów lub zmieniono co najmniej którekolwiek z poniższych parametrów w stosunku do poprzedniego projektu:

- Maksymalna dopuszczalna temperatura spalin
- Liczba łożysk
- Liczba łopatek turbiny
- Liczba kół turbiny i/lub kół sprężarki
- Kierunek wlotu powietrza i/lub spalin (np. zgodny z osią turbiny, zgodny z promieniem turbiny)
- Typ napędu turbosprężarki (np. turbina osiowa, turbina promieniowa, turbina przepływu mieszanego).

### 3.3 Osadzenie skurczowe tarcza – wał

#### 3.3.1 Kategoria C

**3.3.1.1** W przypadku, gdy tarcza turbosprężarki połączona jest z wałem z pomocą połączenia skurczowego, należy wykazać poprzez obliczenia, bezpieczne przenoszenie momentu we wszystkich odpowiednich warunkach eksploatacyjnych, uwzględniających maksymalną prędkość obrotową, maksymalny moment oraz maksymalny gradient temperatury w połączeniu z minimalną stratą wymiarową po obkurczeniu.

### 3.4 Próby typu

**3.4.1** Wymagania tego podrozdziału dotyczą kategorii B i C.

**3.4.2** Próby typu typoszeregu turbosprężarek mogą być przeprowadzane albo z silnikiem (dla którego przewidziana jest turbosprężarka) albo na urządzeniu testowym.

**3.4.3** Turbosprężarki silników nisko-, średnio- i wysokoobrotowych powinny być poddane co najmniej 500 cyklom obciążeń w warunkach i przy ograniczeniach eksploatacyjnych. Od próby

można odstąpić w przypadku gdy turbosprężarka razem z silnikiem jest poddawana tego typu próbom niskocyklowym zgodnie z mającymi zastosowanie wymaganiami PRS dotyczącymi silników spalinowych, podanymi w *Publikacji PRS nr 28/P* (patrz także postanowienia zaktualizowanych IACS UR M71).

**3.4.4** Producent powinien wstępnie potwierdzić możliwość poddania turbosprężarki tego typu działaniom.

**3.4.5** Należy zmierzyć i odnotować charakterystykę drgań wirnika w celu zidentyfikowania ewentualnych drgań podsynchronicznych i rezonansów.

**3.4.6** Próba typu powinna być zakończona próbą rzeczywistego działania przy maksymalnej dopuszczalnej prędkości oraz maksymalnej dopuszczalnej temperaturze trwającą co najmniej godzinę. Po tej próbie, turbosprężarkę należy rozmontować w celu dokonania oględzin, ze szczególnym uwzględnieniem ewentualnego ścierania się elementów oraz stanu łożysk.

**3.4.7** PRS podejmuje decyzję dotyczącą zakresu obecności inspektora przy różnych częściach prób typu.

## 4 SPOSÓB NADZORU

**4.1** Producent powinien stosować system jakości w celu zapewnienia spełniania warunków technicznych projektanta i zgodności wytwarzania z zatwierdzoną dokumentacją techniczną.

**4.2** W przypadku urządzeń kategorii C powyższe powinno być zweryfikowane przez PRS poprzez okresowe audyty wyrobu w ramach alternatywnego systemu certyfikacji ([patrz publikacja 115/P \(UR Z26\)](#)), zgodnie z wymaganiami Publikacji PRS 115/P.

**4.3** W czasie auditu należy skoncentrować się na następujących elementach:

- Skład chemiczny materiału na części wirujące.
- Właściwości mechaniczne materiału próbki reprezentatywnej części wirujących i obudowy.
- Badanie ultradźwiękowe oraz wykrywanie wad części wirujących.
- Kontrola wymiarowa części wirujących.
- Wyważenie wirnika.
- Próba hydrauliczna przestrzeni chłodzących przy ciśnieniu do 4 barów lub 1,5 krotnym maksymalnym ciśnieniu roboczym, przyjmując wartość wyższą.
- Próba nadobrotów wszystkich kół sprężarki trwająca 3 minuty przy prędkości obrotowej 20% powyżej poziomu alarmowego w temperaturze otoczenia lub przy prędkości obrotowej 10% powyżej poziomu alarmowego w temperaturze dolotu 45°C przy zastosowaniu rzeczywistej obudowy oraz przy odpowiadającej wartości ciśnienia. W przypadku odkuwek kół, które podlegają osobnej kontroli przy zastosowaniu zatwierzonego badania nieniszczącego próbę nadobrotów można pominąć.

**4.4** Turbosprężarki powinny być dostarczane:

- W przypadku kategorii C, razem ze świadectwem PRS, które zawiera co najmniej informację o odpowiednim zatwierdzeniu typu PRS oraz zatwierdzeniu w ramach alternatywnego systemu certyfikacji, jeśli ma zastosowanie.
- W przypadku kategorii B, razem z certyfikatem producenta, informującym co najmniej o zastosowanym zatwierdzeniu typu i zawierającym ocenę produkcji.

**4.5** Powyższe ma zastosowanie także do wymiany części wirujących oraz obudowy.



**4.6** Alternatywnie do powyższych okresowych auditów wyrobu, za zgodą PRS można przeprowadzić indywidualną certyfikację turbosprężarki oraz jej części. W przypadku kategorii C, taka indywidualna certyfikacja turbosprężarki i jej części powinna być jednak prowadzona w oparciu o wymagania dotyczące prób podane w powyższych wyliczeniach.

## 5 SYGNALIZACJA ALARMOWA I KONTROLNA

**5.1** W przypadku wszystkich turbosprężarek kategorii B oraz C wymagane są wskazania i alarmy podane w poniższej tabeli.

**5.2** Wskazania mogą być podawane w miejscach instalowania urządzeń lub miejscach oddalonych.

Nr	Parametr monitorowany	Kategoria turbodmuchawy				Uwagi
		B		C		
		Alarm	Wskazanie	Alarm	Wskazanie	
1	Prędkość obrotowa	Wysoka <sup>(4)</sup>	X <sup>(4)</sup>	Wysoka <sup>(4)</sup>	X <sup>(4)</sup>	
2	Temperatura spalin na każdym dolocie turbosprężarki	Wysoka <sup>(1)</sup>	X <sup>(1)</sup>	Wysoka	X	Akceptowalne są alarmy wysokiej temperatury dla każdego cylindra silnika <sup>(2)</sup>
3	Temperatura oleju smarowego na wylocie z turbosprężarki			Wysoka	X	Jeśli nie jest to system wymuszony, temperatura oleju blisko łożysk
4	Ciśnienie oleju smarowego na dolocie do turbosprężarki	Niskie	X	Niskie	X	Tylko w przypadku smarowania wymuszonego <sup>(3)</sup>

- (1) W przypadku turbosprężarek kategorii B, alternatywnie można monitorować temperaturę spalin na wylocie turbosprężarki, jeśli poziom alarmu został ustalony w wartości bezpiecznej dla turbosprężarki oraz jeśli określona została korelacja między temperaturami dolotu i wylotu z turbosprężarki.
- (2) Można pominąć alarm oraz wskazanie temperatury spalin na dolocie do turbosprężarki jeśli dla każdego cylindra indywidualnie przewidziano alarm i wskazanie temperatury spalin oraz jeśli poziom alarmu ustalono w wartości bezpiecznej dla turbosprężarki.
- (3) Należy przewidzieć osobne czujniki jeśli instalacja oleju smarowego turbosprężarki nie jest zintegrowana z podobną instalacją silnika wysokoprężnego lub jeśli jest ona odizolowana od instalacji oleju smarowego silnika przepustnicą lub reduktorem ciśnienia.
- (4) W przypadku sekwencyjnego uruchamiania turbosprężarki monitorowanie prędkości w systemie turbodoładowania nie jest wymagane dla turbosprężarek uruchamianych jako ostatnie, pod warunkiem że wszystkie turbosprężarki mają ten sam filtr powietrza dolotowego i nie są one wyposażone w zawory upustu spalin.

### Wykaz zmian obowiązujących od 1 lipca 2024

Pozycja	Tytuł/Temat	Źródło
<a href="#">3.2.4, 3.2.5, 3.2.7</a>	Nowe wymagania	IACS UR M73 rev.2
<a href="#">3.2.6, 3.4.3, 4.2</a>	Aktualizacja wymagań	IACS UR M73 rev.2