



PRZEPISY
PUBLIKACJA 2/P

ALTERNATYWNE SYSTEMY NADZORU URZĄDZEŃ MASZYNOWYCH

lipiec
2020

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

GDAŃSK

Publikacja 2/P – Alternatywne systemy nadzoru urządzeń maszynowych – lipiec 2020 została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 29 czerwca 2020 r. i wchodzi w życie z dniem 1 lipca 2020 r.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2020

PRS/RP, 06/2020

SPIS TREŚCI

	Str.
1 Postanowienia ogólne	5
1.1 Zakres zastosowania	5
1.2 Określenia	5
1.3 Wymagania ogólne	5
2 Nadzór stały urządzeń maszynowych (nadzór CMS)	5
2.1 Zasady ogólne	5
3 Nadzór w oparciu o system planowego utrzymania urządzeń maszynowych (system PMS)	6
3.1 Zasady ogólne	6
3.2 Przeglądy urządzeń objętych systemem PMS	6
3.3 Odpowiedzialność armatora	6
3.4 Procedura i warunki uznania oraz ważności uznania systemu PMS	7
3.5 Audit wprowadzający i audyty roczne systemu PMS	9
4 System monitorowania stanu (system CM) i system utrzymania urządzeń maszynowych oparty na monitoringu stanu (CBM)	11
4.1 Postanowienia ogólne	11
4.2 Wdrożenie i utrzymanie systemu CM	13
4.3 Wymagania dotyczące dokumentacji systemu CM/CBM	15
4.4 Świadectwo systemu CM/CBM	16
4.5 Metody monitorowania stanu technicznego	17
4.6 Pomiary wartości referencyjnych	22
4.7 Zakresy przeglądów monitorowania stanu	22

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Zakres zastosowania

1.1.1 Wymagania *Publikacji 2/P – Alternatywne systemy nadzoru urządzeń maszynowych*, zwanej dalej *Publikacją*, są rozszerzeniem wymagań *Części I – Zasady klasyfikacji, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich*, w których *Publikacja* ta została przywołana, w zakresie nadzoru PRS nad urządzeniami maszynowymi.

1.2 Określenia

Alternatywne systemy nadzoru urządzeń maszynowych – systemy nadzoru klasyfikacyjnego, w których bezpośrednie przeglądy urządzeń maszynowych przez inspektora PRS są w określonym stopniu zastąpione innymi formami nadzoru.

Obsługa techniczna – czynności takie jak: przeglądy urządzeń przez załogę statku, konserwacja, planowe przeglądy zapobiegawcze, wymiana materiałów eksploatacyjnych.

Statek – każdy obiekt pływający klasyfikowany przez PRS, do którego mają zastosowanie wymagania niniejszej *Publikacji*

1.3 Wymagania ogólne

1.3.1 Polski Rejestr Statków może, na wniosek armatora, zastosować jeden z omówionych w niniejszej *Publikacji* alternatywnych systemów nadzoru urządzeń maszynowych, jeżeli zastosowane na statku zasady utrzymania urządzeń zapewniają:

- utrzymanie urządzeń w stanie należytej sprawności technicznej,
- prowadzenie dokumentacji niezbędnej do weryfikacji stanu technicznego urządzeń i dla planowania napraw,
- prowadzenie dokumentacji przydatnej do określenia przyczyn ewentualnych awarii.

1.3.2 Alternatywny system nadzoru może być wdrożony na każdym statku klasyfikowanym przez PRS.

1.3.3 Jeśli alternatywny system nadzoru został już wcześniej wdrożony na statku przez uznaną instytucję klasyfikacyjną poprzednio klasyfikującą ten statek, to PRS może kontynuować taki system nadzoru, jeżeli spełnia on wymagania niniejszej *Publikacji*.

1.3.4 Dokumenty dotyczące alternatywnych systemów nadzoru powinny być w zasadzie opracowane i prowadzone w języku angielskim. Za zgodą PRS dokumentacja może być prowadzona w obowiązującym języku państwa bandery lub w innym uzgodnionym języku.

1.3.5 Alternatywnym systemem nadzoru mogą być objęte poszczególne urządzenia maszynowe i elektryczne, mechanizmy, instalacje i systemy maszynowe i elektryczne oraz układy automatyki i sterowania.

2 NADZÓR STAŁY URZĄDZEŃ MASZYNOWYCH (NADZÓR CMS)

2.1 Zasady ogólne

2.1.1 Polski Rejestr Statków sprawuje nadzór CMS poprzez:

- weryfikację listy urządzeń, mechanizmów, instalacji, systemów, układów zgłoszonych przez armatora;
- wykonywanie przeglądów bezpośrednich poszczególnych urządzeń lub uznawanie przeglądów wykonanych przez starszego mechanika;
- prowadzenie zapisów na znajdującym się na statku wykazie urządzeń objętych nadzorem CMS.

2.1.2 Armator może zrezygnować z nadzoru CMS, informując o tym PRS.

2.1.3 PRS może zaprzestać nadzoru CMS w przypadku stwierdzenia, że stan urządzeń objętych nadzorem CMS wymaga przeprowadzenia przeglądów częściej niż co 5 lat.

2.1.4 W przypadku zaprzestania nadzoru CMS urządzenia maszynowe należy przedstawić do przeglądu dla odnowienia klasy w zakresie określonym w *Części I – Zasady klasyfikacji*. Przeglądy przeprowadzone w czasie nadzoru CMS, mogą zostać zaliczone, przy odnowieniu klasy, jeżeli zostały wykonane w okresie ostatnich 12 miesięcy.

3 NADZÓR W OPARCIU O SYSTEM PLANOWEGO UTRZYMANIA URZĄDZEŃ MASZYNOWYCH (SYSTEM PMS)

3.1 Zasady ogólne

3.1.1 Nadzór PRS nad urządzeniami maszynowymi, sprawowany poprzez nadzór nad systemem planowego utrzymania urządzeń maszynowych zwanym dalej „systemem PMS”, może być zastosowany jako alternatywa dla nadzoru CMS (opisanego w rozdziale 2).

3.1.2 System PMS ograniczony jest do urządzeń podlegających nadzorowi CMS.

3.1.3 Systemem PMS mogą być objęte również inne urządzenia niepodlegające nadzorowi klasyfikacyjnemu. Urządzenia te powinny być odpowiednio wyszczególnione w dokumentacji systemu PMS (np. za pomocą innego koloru na wykazie urządzeń objętych systemem PMS).

3.1.4 Każde urządzenie maszynowe nieobjęte systemem PMS powinno być poddawane przeglądom na zwykłych zasadach.

3.1.5 Przeglądy w ramach systemu PMS oparte są na cyklach obsługi technicznej zalecanych przez producenta, na doświadczeniu operatora.

3.1.6 PRS sprawuje nadzór nad systemem PMS poprzez:

- weryfikację wdrożenia i funkcjonowania systemu planowego utrzymania urządzeń maszynowych podczas auditów systemu PMS: wprowadzającego, rocznych i dodatkowych,
- analizowanie sprawozdań i raportów starszego mechanika,
- analizowanie zapisów programu komputerowego,
- przeglądy i próby działania urządzeń wykonywane w obecności inspektora PRS.

3.2 Przeglądy urządzeń objętych systemem PMS.

3.2.1 Cykl przeglądów urządzeń objętych systemem PMS nie powinien przekraczać cyklu określonego dla nadzoru CMS. PRS na wniosek armatora może wyrazić zgodę na wydłużony cykl przeglądu wybranych urządzeń lub systemów w oparciu o godziny ich pracy, uwzględniając zalecenia producenta.

3.3 Odpowiedzialność armatora

3.3.1 Osobą odpowiedzialną za działanie systemu PMS na statku jest starszy mechanik.

3.3.2 Starszy mechanik opracowuje i podpisuje dokumentację przeglądów w ramach systemu PMS.

3.3.3 Starszy mechanik lub inna upoważniona do tego osoba(y) ma wyłączny dostęp do programu komputerowego celem uzupełnienia i/lub aktualizacji danych i dokumentacji dotyczącej utrzymania urządzeń objętych systemem PMS.

3.3.4 Na statkach z podwójną klasą, PRS może ograniczyć uprawnienia starszego mechanika do przeprowadzania przeglądów urządzeń objętych systemem PMS.

3.4 Procedura i warunki uznania oraz ważności uznania systemu PMS

3.4.1 Wymagania dla systemu PMS

3.4.1.1 Prowadzenie zapisów dotyczących działania systemu PMS na statku powinno odbywać się w oparciu o system komputerowy. Od tego wymagania można odstąpić w wypadku już działających systemów PMS (jeżeli zastosowanie ma punkt 1.3.3).

3.4.1.2 Zastosowane programy komputerowe podlegają zatwierdzeniu przez PRS według zasad określonych w *Publikacji 9/P – Wymagania dla systemów komputerowych*. Od tego wymagania można odstąpić w przypadku zastosowania aplikacji opracowanych w oparciu o ogólnie dostępne oprogramowanie.

3.4.1.3 Program komputerowy powinien umożliwiać wykonywanie kopii zapisów podlegających regularnemu aktualizowaniu i archiwizowaniu np. na CD.

3.4.1.4 System PMS powinien jednoznacznie określać zasady prowadzenia zapisów dotyczących:

- .1 czasu pracy urządzeń,
- .2 podstawowych parametrów pracy,
- .3 usterek, uszkodzeń i napraw,
- .4 obsługi technicznej,
- .5 analiz materiałów eksploatacyjnych i czynników roboczych,
- .6 identyfikacji osób odpowiedzialnych za prowadzenie systemu PMS na statku wraz z datą przejęcia i zdania obowiązków,
- .7 identyfikacji osób upoważnionych do dokonywania zapisów w systemie PMS.

3.4.1.5 System PMS powinien być opracowany i uznany dla konkretnego statku określonego we wniosku, o którym mowa w punkcie 3.4.4.1.

3.4.2 Dokumentacja oraz informacje dodatkowe wymagane dla uznania systemu PMS

3.4.2.1 W celu uznania systemu PMS należy dostarczyć do PRS niżej wymienioną dokumentację oraz informacje dodatkowe zawierające:

- .1 ogólny opis systemu PMS określający zakres kompetencji i odpowiedzialności;
- .2 wersję zastosowanego programu komputerowego;
- .3 wykaz urządzeń objętych systemem PMS;
- .4 karty obsługi technicznej każdego urządzenia i systemu, określające zakres i harmonogram obsługi technicznej. Zaleca się, aby urządzenia powiązane funkcjonalnie miały wspólną kartę obsługi;
- .5 podstawowe parametry nominalnej pracy urządzeń i systemów objętych systemem PMS,

3.4.3 Dokumentacja i informacje, które powinny być dostępne na statku

3.4.3.1 Na statku powinny znajdować się i być dostępne:

- .1 wszystkie bieżąco aktualizowane dokumenty i informacje wyszczególnione w podrozdziale 3.4.2,
- .2 instrukcje obsługi urządzeń i systemów (producenta i stoczni),
- .3 zapisy wymienione w punkcie 3.4.1.4,

3.4.4 Tryb uznawania systemu PMS

3.4.4.1 Aby uzyskać uznanie systemu PMS, armator powinien wystąpić do PRS z pisemnym wnioskiem. Do wniosku powinny być dołączone dokumenty i informacje wyszczególnione w podrozdziale 3.4.2.

3.4.4.2 Po pozytywnym zweryfikowaniu wniosku, PRS umieszcza w statusie statku i przekazuje armatorowi informację o tymczasowym wprowadzeniu na statku systemu PMS, w uzupełnieniu do działającego systemu CMS.

3.4.4.3 W przypadku, gdy armator nie jest w stanie dołączyć do wniosku informacji wyszczególnionych w podrozdziale 3.4.2, weryfikacja tych informacji może zostać przeprowadzona przez inspektora PRS podczas auditu wprowadzającego system PMS.

3.4.4.4 W ciągu 12 miesięcy od daty tymczasowego wprowadzenia systemu PMS na statku, armator powinien zwrócić się do PRS o przeprowadzenie auditu wprowadzającego system PMS.

3.4.4.5 Po pozytywnym zweryfikowaniu przez Centralę PRS sprawozdania z auditu wprowadzającego system PMS, zostaje wystawione dla statku *Świadectwo uznania systemu planowego utrzymania urządzeń maszynowych* (określane dalej również jako *Świadectwo systemu PMS*), potwierdzające uznanie systemu PMS. PRS przekazuje armatorowi oryginał *Świadectwa systemu PMS* i jego kopię; oryginał powinien znajdować się na statku.

3.4.4.6 Z chwilą wystawienia *Świadectwa systemu PMS* system nadzoru stałego urządzeń maszynowych (nadzór CMS) zostaje zastąpiony systemem PMS.

3.4.4.7 W statusie statku oraz w *Świadectwie klasy* PRS umieszcza zapis o stosowaniu systemu PMS.

3.4.4.8 PRS może uzależnić wystawienie *Świadectwa systemu PMS* od wprowadzenia zmian w systemie PMS.

3.4.5 Ważność *Świadectwa systemu PMS*

3.4.5.1 *Świadectwo systemu PMS* jest wydawane bezterminowo.

3.4.5.2 Warunkiem utrzymania ważności *Świadectwa systemu PMS* jest:

- .1 pozytywny wynik corocznego auditu systemu PMS, który jest częścią przeglądu urządzeń maszynowych statku, zgodnie z punktem 3.5.2.2;
- .2 wykonywanie obsługi technicznej zgodnie z uznanym systemem PMS przez upoważnionego starszego mechanika lub pod jego nadzorem;
- .3 natychmiastowe powiadamianie PRS przez armatora o wszelkich awariach, uszkodzeniach urządzeń i o usterkach, które nie mogą być usunięte w ramach normalnych czynności obsługowych.

Awarie, uszkodzenia i usterki powinny być naprawione, w zależności od ich zakresu, przez:

- starszego mechanika lub pod jego nadzorem przez załogę,
 - firmę serwisową uznaną przez PRS,
 - firmę serwisową uznaną przez inną uznaną instytucję klasyfikacyjną, za każdorazową zgodą Centrali PRS;
- .4 wykonywanie w terminie **warunków klasy** wydanych przez PRS w wyniku przeprowadzonego auditu systemu PMS lub na podstawie raportu starszego mechanika o uszkodzeniu.

Warunki mogą zobowiązywać do przedstawienia urządzenia do przeglądu przez inspektora PRS przed, podczas lub po naprawie;

- .5 jeśli jest to możliwe – przechowywanie na statku, do czasu inspekcji PRS, części, która z powodu uszkodzenia została zastąpiona częścią zamienną;
- .6 prowadzenie uaktualnianych na bieżąco zapisów wymienionych w punkcie 3.4.1.4.

3.4.5.3 Świadectwo systemu PMS traci ważność w przypadku:

- .1 zmiany armatora,
- .2 zmiany wersji programu komputerowego,
- .3 przekroczenia uzgodnionych cykli obsługi,
- .4 złego stanu technicznego urządzeń i systemów objętych systemem PMS,
- .5 stwierdzenia podczas auditu rocznego niezgodności w zakresie obsługi systemu PMS.

3.4.5.4 Armator może zrezygnować z systemu PMS, informując o tym PRS w formie pisemnej. Armator powinien zadeklarować czy chce przywrócić nadzór CMS, czy rezygnuje całkowicie z alternatywnego systemu nadzoru urządzeń maszynowych.

3.4.5.5 PRS może nie wyrazić zgody na przywrócenie nadzoru CMS.

3.4.5.6 W przypadku przywrócenia nadzoru CMS przeglądy wykonane przez starszego mechanika w okresie od ostatniego auditu rocznego mogą zostać zaliczone przez PRS, zgodnie z punktem 2.3.1.

3.4.5.7 W przypadkach opisanych w punktach 3.4.5.3 oraz 3.5.2.10 Centrala PRS postępuje zgodnie z postanowieniami punktów 3.4.5.4 oraz 3.4.5.8, w zależności od stwierdzonych niezgodności.

3.4.5.8 W przypadku całkowitej rezygnacji z alternatywnego systemu nadzoru urządzeń maszynowych należy je przedstawić do przeglądu dla odnowienia klasy w zakresie określonym w *Części I – Zasady klasyfikacji*. Przeglądy przeprowadzone w czasie działania systemu PMS mogą zostać zaliczone dla odnowienia klasy, jeżeli zostały wykonane w okresie ostatnich 12 miesięcy, po pozytywnym zweryfikowaniu przez inspektora PRS raportów z tych przeglądów.

3.4.5.9 W szczególnych przypadkach inspektor PRS, po uzyskaniu zadowalających wyjaśnień od starszego mechanika, może przesunąć wykonanie przeglądu urządzenia lub systemu objętego systemem PMS.

3.5 Audit wprowadzający i audyty roczne systemu PMS

3.5.1 Audit wprowadzający

3.5.1.1 Celem auditu wprowadzającego jest sprawdzenie, czy:

- .1 system PMS na statku działa zgodnie z wymaganiami niniejszej *Publikacji*,
- .2 system PMS jest odpowiedni do typu i stopnia złożoności zastosowanych na statku urządzeń i systemów,
- .3 w ramach systemu PMS są prowadzone i gromadzone zapisy określone w punkcie 3.4.1.4,
- .4 osoby upoważnione (zgodnie z punktem 3.3.3.) do prowadzenia zapisów w systemie PMS znają zasady funkcjonowania systemu PMS.

3.5.1.2 Inspektor PRS przeprowadzający audit wprowadzający przygotowuje sprawozdanie i przekazuje je do Centrali PRS celem weryfikacji.

3.5.1.3 Centrala PRS postępuje zgodnie z postanowieniami punktów 3.4.4.5. do 3.4.4.8.

3.5.2 Audit roczny

3.5.2.1 Celem auditu rocznego jest sprawdzenie prawidłowości działania systemu PMS.

3.5.2.2 Audit roczny przeprowadzany jest podczas przeglądu rocznego, pośredniego i przeglądu dla odnowienia klasy statku zgodnie z terminami określonymi dla tych przeglądów w *Części I – Zasady klasyfikacji*.

3.5.2.3 Audit roczny przeprowadzany jest przez inspektora PRS.

3.5.2.4 W przypadku statków z podwójną klasą, PRS może zlecić wykonanie auditu systemu PMS w jego imieniu przez drugą instytucję klasyfikacyjną, której klasę ma statek.

3.5.2.5 Następujące informacje i dokumenty powinny być przygotowane do weryfikacji przez inspektora PRS podczas auditu rocznego:

- .1 zapisy dotyczące wszystkich przeglądów i napraw bieżących urządzeń i systemów objętych systemem PMS, które miały miejsce od ostatniego auditu systemu PMS. Zapisy powinny zawierać wykaz wykorzystanych części zamiennych;
- .2 opis wszystkich awarii i uszkodzeń urządzeń i systemów objętych systemem PMS. Opis taki powinien określać przyczynę awarii jeśli jest znana;
- .3 *Świadectwo planowego utrzymania urządzeń maszynowych*;
- .4 *Świadectwo zatwierdzenia programu komputerowego*.

3.5.2.6 Inspektor PRS dokonuje weryfikacji przedstawionych informacji i dokumentów podanych w punkcie 3.5.2.5.

3.5.2.7 Jako część auditu rocznego inspektor PRS przeprowadza oględziny urządzeń i systemów, które były przeglądane i naprawiane od ostatniego auditu systemu PMS oraz przeprowadza w zakresie możliwym do zrealizowania próby działania tych urządzeń i systemów.

3.5.2.8 Inspektor PRS może zażądać przedstawienia do przeglądu w stanie rozmontowanym urządzenia lub systemu, które podczas oględzin lub próby działania wzbudzą wątpliwości co do ich należytego stanu technicznego.

3.5.2.9 Jeżeli podczas auditu rocznego zostaną wykazane drobne niezgodności w działaniu systemu PMS, inspektor PRS może zalecić wykonanie dodatkowego auditu systemu PMS. W takim przypadku w statusie statku wpisywany jest odpowiedni **warunek klasy**, zawierający wykaz niezgodności.

3.5.2.10 Centrala PRS po weryfikacji sprawozdania z auditu rocznego może unieważnić *Świadectwo systemu PMS*. W przypadku takiego unieważnienia, PRS niezwłocznie informuje armatora o tym fakcie i umieszcza odpowiedni zapis w statusie statku oraz w *Świadectwie klasy*.

3.5.2.11 Audit dodatkowy jest przeprowadzany w zakresie auditu rocznego ze szczególnym zwróceniem uwagi na niezgodności zapisane w **warunku klasy**, o którym mowa w punkcie 3.5.2.9.

4 SYSTEM MONITOROWANIA STANU (SYSTEM CM) I SYSTEM UTRZYMANIA URZĄDZEŃ MASZYNOWYCH OPARTY NA MONITORINGU STANU (CBM)

4.1 Postanowienia ogólne

4.1.1 System CM/CBM jest alternatywnym systemem nadzoru PRS nad urządzeniami maszynowymi statku, opierającym się na zatwierdzonym i wdrożonym *Programie monitorowania stanu* (CMP). System ten umożliwi armatorowi statku bieżącą analizę stanu technicznego objętych nim urządzeń maszynowych i na określenie ich indywidualnych terminów remontów, względnie ich przeglądów w stanie otwartym.

4.1.2 Proces wdrożenia systemu CM/CBM obejmuje zatwierdzenie CM/CBM armatora i zatwierdzenie CM/CBM Statku. Na proces zatwierdzenia CM/CBM statku składa się zatwierdzenie CMP oraz właściwe wdrożenie zatwierdzonego CMP na statku, potwierdzonego przeprowadzonym na statku przeglądem wdrożeniowym.

4.1.3 System CM/CBM może objąć następujące urządzenia:

- pompy,
- elektryczne maszyny wirujące (silniki, prądnice)
- turbiny,
- przekładnie redukcyjne,
- sprężarki,
- łożyska,
- inne urządzenia uzgodnione z PRS, np. urządzenia maszynowe będące w nadzorze stałym CMS.

4.1.4 W przypadku zmiany armatora statku, system CM/CBM ulega automatycznemu unieważnieniu (CM/CBM Armatora i CM/CBM Statku).

4.1.5 Definicje

Analiza FFT – analiza szybkiej transformacji Fouriera.

Cepstrum – odwrotna transformata Fouriera.

CM/CBM armatora – proces weryfikacji zdolności biura armatora do prowadzenia systemu CM/CBM, potwierdzany wystawieniem *Świadectwa CM/CBM armatora*.

CM/CBM statku – proces weryfikacji wyposażenia i przygotowania załogi statku do prowadzenia systemu CM/CBM, potwierdzany wystawieniem *Świadectwa CM/CBM statku*.

Podręcznik systemu CM/CBM – zatwierdzony *Program monitorowania stanu* (CMP).

Program monitorowania stanu (CMP) – opracowany przez armatora plan nadzoru technicznego komponentów objętych systemem CM.

Przegląd potwierdzający – przegląd, którego celem jest potwierdzenie, czy na statku funkcjonuje zatwierdzony *Program monitorowania stanu* (CMP).

Przegląd wdrożeniowy – pierwszy przegląd, którego celem jest sprawdzenie, czy na statku został wdrożony i czy funkcjonuje zatwierdzony *Program monitorowania stanu* (CMP).

Strategia utrzymania urządzeń – dokument zawierający ogół operacji i działań armatora skoncentrowanych na utrzymywaniu urządzeń maszynowych w stanie technicznym zgodnym z wymaganiami.

Wartość referencyjna – wartość parametru diagnostycznego pozwalająca na ocenę wyniku badania.

Monitoring stanu – pobór i przetwarzanie informacji oraz danych, które określają stan urządzenia w trakcie eksploatacji. Stan urządzenia pogarsza się, jeżeli pojawi się uszkodzenie lub awaria.

Diagnostyka – analiza symptomów i syndromów, która ma określić powód uszkodzeń i awarii.

Utrzymanie oparte na monitoringu stanu – utrzymanie urządzeń maszynowych oparte na programach monitorujących stan.

4.1.6 Monitoring stanu (CM)

4.1.6.1 Tam, gdzie uznany system monitoringu stanu jest zmontowany, możliwe jest zaliczenie przeglądu na podstawie pozytywnych wyników monitoringu stanu urządzeń. Wyniki monitorowania stanu powinny zostać poddane przeglądowi podczas rocznych auditów.

4.1.6.2 Wartości graniczne powinny być oparte na wytycznych producenta danego urządzenia lub na międzynarodowych standardach.

4.1.6.3 System monitorowania stanu powinien dostarczyć informacji równoważnych bądź bardziej miarodajnych od tradycyjnych technik przeglądowych.

4.1.6.4 System monitorowania stanu powinien być zatwierdzony zgodnie z procedurami PRS.

4.1.6.5 System monitorowania stanu może być używany w celu lepszego poznania stanu technicznego urządzeń, a system utrzymania opartego na monitoringu stanu – w celu utrzymania stanu technicznego urządzeń maszynowych na wyższym poziomie. PRS powinien wyrazić zgodę na zmianę tradycyjnego systemu utrzymania urządzeń maszynowych na CM/CBM.

4.1.6.6 Oprogramowanie może używać złożonych algorytmów, sztucznej inteligencji i wiedzy na temat eksploatacji danego urządzenia na całym świecie w celu zgromadzenia informacji, które pomogą podjąć decyzję o konieczności remontu albo dalszej eksploatacji bez napraw. To oprogramowanie może być niezależne od wytycznych producenta na temat konserwacji urządzenia. Uznanie takiego oprogramowania powinno bazować na wytycznych producenta, standardach przemysłowych i doświadczeniu PRS.

4.1.6.7 PRS rezerwuje sobie prawo do prób ruchowych i przeglądu w stanie rozmontowanym, jeżeli inspektor przeprowadzający przegląd uzna to za stosowne.

4.1.7 System utrzymania urządzeń maszynowych oparty na monitoringu stanu (CBM)

4.1.7.1 Tam, gdzie armator chce zastosować system CBM, musi on być zgodny z wymogami *Kodeksu ISM*.

4.1.7.2 Tam, gdzie PMS i CBM mają zastosowanie, interwały międzyprzeglądowe (zgodne z CMS lub inne) mogą być powiększone, bazując na wytycznych producenta i pozytywnych wynikach monitoringu stanu.

4.1.7.3 Wartości graniczne (alarmy i ostrzeżenia) powinny bazować na wytycznych producenta lub na uznanym międzynarodowym standardzie.

4.1.7.4 System CBM powinien zapewnić równoważny bądź lepszy stan techniczny urządzeń maszynowych niż tradycyjne techniki utrzymania urządzeń maszynowych.

4.1.7.5 System CBM powinien być zatwierdzony zgodnie z procedurami PRS.

4.1.7.6 Oprogramowanie może używać złożonych algorytmów, sztucznej inteligencji i wiedzy na temat eksploatacji danego urządzenia na całym świecie w celu zgromadzenia informacji, które

pomogą podjąć decyzję o konieczności remontu albo dalszej eksploatacji bez napraw. To oprogramowanie może być niezależne od wytycznych producenta na temat konserwacji urządzenia. Uznanie takiego oprogramowania powinno bazować na wytycznych producenta, standardach przemysłowych i doświadczeniu PRS.

4.1.8 Odpowiedzialność na burcie

4.1.8.1 Starszy mechanik jest odpowiedzialny za system CM/CBM.

4.1.8.2 Dokumentacja z przeglądów/napraw urządzeń podlegających CM/CBM muszą być raportowane przez starszego mechanika.

4.1.8.3 Dostęp do oprogramowania CM/CBM i oprogramowania powiązanego, a także do oprogramowania służącego do aktualizacji CM/CBM, może mieć tylko starszy mechanik, osoba przez niego upoważniona, albo osoba upoważniona przez armatora.

4.1.8.4 Cały personel obsługujący CM/CBM powinien posiadać odpowiednie kwalifikacje.

Uwaga: System monitorowania stanu nie zastępuje rutynowego nadzoru i nie zwalnia starszego mechanika z odpowiedzialności za podejmowane przez niego decyzje.

4.1.9 Wymagania dotyczące urządzeń i systemu

4.1.9.1 System CM musi być zatwierdzony przez PRS.

4.1.9.2 Schemat CM/CBM i zakres jego zastosowania na danym statku musi być zatwierdzony przez PRS.

4.1.9.3 System CBM powinien być w stanie wygenerować raport na temat stanu urządzeń, jak i zalecenia dotyczące wymaganej konserwacji urządzeń.

4.1.9.4 Należy zapewnić archiwizację zmian wartości granicznych (alarmów i ostrzeżeń) w systemach CM/CBM.

4.1.9.5 Jeżeli CM/CBM używa zdalnego monitoringu i diagnostyki (np. dane są transferowane ze statku w inne miejsce i tam analizowane), to w takim razie system musi spełniać wymogi bezpieczeństwa cybernetycznego. System CM/CBM musi zachować swoją funkcjonalność w przypadku utraty komunikacji ze swoimi zewnętrznymi komponentami.

4.1.9.6 System CBM powinien uwzględniać uszkodzenia i niespodziewane awarie, które nie zostały wykryte przez system CM.

4.1.9.7 Systemy muszą być wyposażone w tak zwany backup danych, zapisywany w regularnych odstępach.

4.2 Wdrożenie i utrzymanie systemu CM

4.2.1 Przed złożeniem wniosku o wdrożenie systemu CM muszą zostać spełnione następujące warunki:

- urządzenia maszynowe statku muszą być objęte systemem *Planowego utrzymania urządzeń maszynowych* (PMS);
- opracowany przez armatora *Program monitorowania stanu* (CMP) powinien być częścią PMS;
- podczas montażu na burcie urządzeń CM/CBM należy przeprowadzić przegląd instalacyjny, który ma potwierdzić zgodność komponentów systemu z zatwierdzoną dokumentacją i należy dokonać pierwszego odczytu monitorowanych danych.

4.2.2 Informacje zawarte w poniższych dokumentach są podstawą do wdrożenia systemu CM:

- strategia utrzymania wyposażenia opracowana i stosowana przez armatora,
- wykaz elementów urządzeń objętych systemem CM,
- opisy metod oceny stanu elementów urządzeń maszynowych,
- wartości referencyjne,
- zapisy dotyczące uwzględnienia elementów systemu CM w systemie planowego utrzymania (PMS).

4.2.3 Przegląd wdrożeniowy

4.2.3.1 Przegląd wdrożeniowy musi być przeprowadzony przez PRS nie wcześniej niż 6 miesięcy po przeglądzie instalacyjnym i nie później niż podczas pierwszego przeglądu okresowego.

4.2.3.2 Podczas przeglądu wdrożeniowego następujące rzeczy muszą być sprawdzone:

- CM/CBM jest wdrożony zgodnie z zatwierdzoną dokumentacją, włączając w to porównanie z danymi bazowymi;
- system wytwarza informacje wymagane podczas rocznego auditu;
- wymagania dotyczące przeglądów i prób potrzebnych do utrzymania klasy są spełnione;
- personel jest zaznajomiony z obsługą systemu;
- zapisy z ewentualnych modyfikacji wartości granicznych (alarmy i ostrzeżenia);
- zapisy z ewentualnych awarii nadzorowanych urządzeń; jeżeli miało to miejsce, to należy się upewnić, że system jest efektywny.

4.2.3.3 Po zakończeniu przeglądu wdrożeniowego z pozytywnym wynikiem należy sporządzić raport i przesłać go do Centrali PRS. System może być dopuszczony po tym do eksploatacji.

4.2.4 Audit roczny

4.2.4.1 Audit roczny powinien być przeprowadzony razem z przeglądem rocznym.

4.2.4.2 Celem tego auditu jest upewnienie się, że system jest obsługiwany prawidłowo i że urządzenia maszynowe pracują prawidłowo od czasu poprzedniego auditu. Należy sprawdzić, czy nie dokonano zmian wartości parametrów granicznych. Oględziny ogólne urządzeń maszynowych podlegających CM/CBM powinny zostać przeprowadzone.

4.2.4.3 Działanie systemu, monitorowane parametry i zapisy z utrzymania muszą być sprawdzone, w celu weryfikacji czy urządzenia pracowały prawidłowo od ostatniego auditu, czy też zaistniała konieczność ingerencji w urządzenia spowodowane przekroczeniem wartości granicznych parametrów.

4.2.4.4 Zapisy z awarii lub nieprawidłowego funkcjonowania muszą być dostępne.

4.2.4.5 Należy – według uznania inspektora przeprowadzającego przegląd – przeprowadzić próby, przeglądy, wrywkowe odczyty parametrów urządzeń podlegających CM/CBM.

4.2.4.6 Powinno zostać sprawdzone zaznajomienie starszego mechanika i pozostałego personelu z systemem CM.

4.2.4.7 Należy sprawdzić ważność świadectw kalibracji czujników i wyposażenia podlegającego CM/CBM.

4.2.4.8 Należy sprawdzić, czy podczas analizy awarii dokonano oceny funkcjonowania systemu CM/CBM.

4.2.5 Uszkodzenia i naprawy

4.2.5.1 Uszkodzenia urządzeń maszynowych muszą być raportowane do PRS. Naprawy uszkodzeń muszą być prowadzone pod nadzorem PRS.

4.2.5.2 Szczegóły napraw i prac konserwacyjnych muszą być poddane analizie. Każda część, która została wymieniona na zapasową, powinna być zatrzymana na burcie do czasu oględzin przeprowadzonych przez PRS.

4.2.5.3 Dane dotyczące awarii i uszkodzeń powinny być poddane analizie, która powinna stwierdzić, czy wyniki monitoringu parametrów są właściwe. Tam, gdzie ma to zastosowanie, dane z analizy awarii powinny być użyte do aktualizacji systemu CM/CBM.

4.3 Wymagania dotyczące dokumentacji systemu CM/CBM

4.3.1 Postanowienia ogólne

4.3.1.1 Przed złożeniem do PRS wniosku o zatwierdzenie systemu CM/CBM, armator powinien postępować zgodnie z opracowaną przez siebie *Strategią utrzymania urządzeń*.

4.3.1.2 Zakres dokumentacji wymaganej do przedstawienia dla PRS podano w podrozdziałach 4.3.2 i 4.3.3. Dokumentacja ta powinna zawierać wszystkie umowy dotyczące zlecenia czynności pomiarowych podmiotom zewnętrznym, tj. prowadzenia pomiarów i/lub analizy drgań, analizy oleju itp.

4.3.1.3 Po zatwierdzeniu dostarczonej dokumentacji wystawiane jest *Świadectwo CM/CBM armatora*, które umożliwia armatorowi danego statku wystąpić o zatwierdzenie *CM/CBM statku*. Dla statku musi zostać opracowany indywidualny *Program monitorowania stanu* (CMP), który należy przedstawić do zatwierdzenia przed przeprowadzeniem na statku przeglądu wdrożeniowego.

4.3.1.4 Po przeglądzie wdrożeniowym przeprowadzonym z wynikiem pozytywnym wystawiane jest *Świadectwo CM statku*, w którym określone są warunki następnych przeglądów potwierdzających.

4.3.1.5 Zatwierdzony CMP jest dokumentem będącym podstawą dla przeglądów wykonywanych w celu potwierdzenia ważności *Świadectwa CM/CBM statku*.

4.3.2 Dokumentacja wymagana do zatwierdzenia CM/CBM Armatora

4.3.2.1 *Strategia utrzymania urządzeń*, która powinna obejmować:

- dokumentację zawierającą opis kwalifikacji załogi oraz personelu lądowego wykonującego codzienne czynności związane z systemem CM/CBM, dotyczące posiadanego wyposażenia do monitorowania, pomiaru i analizy stanu. W przypadku gdy analiza i/lub pomiar zostały zlecone kompetentnej trzeciej stronie, należy przedstawić do akceptacji umowę pomiędzy armatorem a trzecią stroną;
- kartę odpowiedzialności wskazującą osoby wyznaczone do monitorowania stanu, włącznie z osobami trzeciej strony, jeśli ma to zastosowanie;
- schemat/opis organizacji pracy i działań związanych z monitorowaniem stanu, włącznie z analizą i działaniami podejmowanymi po zasygnalizowaniu sytuacji alarmowej.

4.3.2.2 Program i plan szkoleń

Należy zapewnić stałą obsadę statku załogą posiadającą odpowiednie przeszkolenie w zakresie technik systemu CM. Należy wykonać plany, zapisy i szkolenia osób odpowiedzialnych.

Następujące dokumenty należy przedstawić do zatwierdzenia:

- plan kwalifikowania i szkolenia przyszłych członków załogi,
- krótki opis programu szkoleń,
- plan opisujący rotację załogi zaangażowanej w obsługę systemu CM/CBM ze względu na stałe utrzymywanie wykwalifikowanego personelu na statku,
- kopie dokumentów potwierdzających uzyskanie kwalifikacji niezbędnych do pracy w systemie CM/CBM statku.

4.3.3 Dokumentacja wymagana do zatwierdzenia CM/CBM statku

4.3.3.1 Program monitorowania stanu (CMP)

Zatwierdzona dokumentacja CM armatora stanowi integralną część dokumentacji CMP. Dodatkowo CMP powinien zawierać następujące dokumenty podlegające zatwierdzeniu przez PRS:

Dokumenty dostępne na burcie:

- instrukcje konserwacji (wydane przez stocznnię albo producenta),
- dane z monitoringu urządzeń, łącznie z historią monitoringu od ostatniego przeglądu w stanie rozmontowanym,
- dokumentacja z danymi referencyjnymi (z procedurami pozwalającymi monitorować trend zmian),
- zapisy z konserwacji, łącznie z historią napraw i wymian.

Szczegółowe informacje:

- szczegółowy opis zastosowanych technik monitorowania stanu,
- szkic rozmieszczenia punktów pomiarowych,
- wartości alarmowe parametrów, uzgodnione z producentem urządzenia,
- terminy realizacji obserwacji diagnostycznych,
- działania oparte o wyniki monitorowania stanu,
- karty danych wyposażenia monitorowania stanu (czujniki, mierniki drgań, kolektory i systemy analityczne),
- zestawienie kopii dokumentów dotyczących certyfikatów/świadectw kalibracji przyrządów pomiarowych.

4.3.3.2 Informacja o wdrożeniu systemu CM/CBM do systemu PMS statku

Wszystkie urządzenia podlegające systemowi CM/CBM powinny być objęte systemem PMS. Ponadto system PMS powinien umożliwiać wyznaczanie terminów oględzin urządzeń w zależności od wyników monitorowania stanu.

4.3.3.3 Procedury postępowania z wynikami monitorowania stanu

4.3.3.4 Procedury postępowania w przypadku uzyskania wyników, które są bliskie lub przekraczają wartości alarmowe

4.4 Świadectwo systemu CM/CBM

4.4.1 Świadectwo CM/CBM armatora wystawiane jest na okres do 5 lat. Warunkiem wystawienia Świadectwa na kolejne 5 lat jest pozytywny wynik wykonanej przez PRS analizy efektywności wdrożonego systemu CM/CBM.

4.4.2 Świadectwo CM/CBM statku wystawiane jest na 5 lat, nie dłużej niż do terminu przeglądu dla odnowienia klasy statku. Ważność Świadectwa jest potwierdzana w trakcie klasyfikacyjnych przeglądów okresowych statku. Warunkiem wystawienia Świadectwa na kolejne 5 lat jest pozytywny wynik przeglądów potwierdzających.

4.4.3 Unieważnienie Świadectwa CM/CBM armatora powoduje automatyczne unieważnienie wszystkich świadectw CM statku.

4.4.4 Ważność zatwierdzenia systemu

4.4.4.1 Aby zachować uznanie systemu CM/CBM należy przeprowadzić z wynikiem pozytywnym audit roczny CM/CBM.

4.4.4.2 PRS, po analizie zapisów z konserwacji czy też po oględzinach urządzeń maszynowych, może unieważnić zatwierdzenie systemu CM/CBM, jeżeli nie są przestrzegane wymagania.

4.4.4.3 W przypadku zmiany operatora lub transferu klasy, zatwierdzenie CM/CBM podlega odrębnemu rozpatrzeniu.

4.4.4.4 Armator może w każdej chwili zrezygnować z CM/CBM w formie pisemnego wniosku. Elementy sprawdzone przez PRS podczas rocznego auditu, mogą być zaliczone do przeglądu okresowego, jeżeli inspektor PRS uzna to za stosowne.

4.5 Metody monitorowania stanu technicznego

4.5.1 Diagnostyka wibroakustyczna

4.5.1.1 Przegląd technologii

4.5.1.1.1 Do badania urządzeń zainstalowanych na statku mogą być wykorzystane ultradźwiękowe przyrządy pomiarowe. Typowymi zastosowaniami są: badanie łożysk, przekładni / skrzynek przekładniowych, pomp, silników elektrycznych, zaworów, wykrywanie przecieków w urządzeniach ciśnieniowych i podciśnieniowych, takich jak kotły, wymienniki ciepła, skraplacze, rurociągi, systemy hydrauliczne oraz badanie wyładowań łukowych w aparatach elektrycznych.

4.5.1.1.2 Istnieje wiele źródeł ultradźwięków. Łożyska generują inne dźwięki w normalnych warunkach pracy, a inne w przypadku powstania usterki. Rozchodzenie się ultradźwięków różni się od zwykłej fali dźwiękowej, ma postać kołową, co pozwala na precyzyjny pomiar oraz łatwe zlokalizowanie źródła odchylenia od normy.

4.5.1.1.3 Pomiar ultradźwiękowy składa się z czterech podstawowych parametrów: RMS, MAX RMS, PEAK i CREST FACTOR. Parametry te określają energię sygnału i jego amplitudę, informując o różnych nieprawidłowościach w pracy, np. łożyska.

4.5.1.1.4 Parametry możemy podzielić na statyczne i dynamiczne. Wyżej wymienione parametry należą do statycznych, podczas gdy parametry dynamiczne przedstawiają wykres dB μ V w funkcji czasu.

4.5.1.1.5 Metody pomiaru i analizy wyników powinny być weryfikowane przez PRS.

4.5.1.2 Dokumentacja techniczna

Dokumentacja wymagana przez PRS do akceptacji metody badania ultradźwiękami:

- opis techniczny przyrządu pomiarowego / przegląd systemu,
- opis funkcjonalny, podręcznik użytkownika,
- parametry i metoda zbierania danych,
- świadectwo kalibracji lub/i inne posiadane świadectwa i certyfikaty zgodności,
- miejsca pomiarowe,
- schematy elektryczne (włącznie z obwodami zasilania elektrycznego), jeśli ma to zastosowanie,

- metoda obliczeniowa,
- procedury badań/analizy,
- wyszczególnienie urządzeń (z opisem ich aktualnego stanu).

4.5.2 Diagnostyka termowizyjna

4.5.2.1 Przegląd technologii

4.5.2.1.1 Technologia analizy cieplnej pozwala na szybkie znalezienie nieprawidłowości w działaniu wielu urządzeń oraz instalacji maszynowych i elektrycznych. Zmiany w stanie cieplnym obiektu odzwierciedlają zmiany temperatury wewnątrz, ale także na zewnątrz urządzenia. Wolne zmiany cieplne mogą wskazywać na postępujący proces zużycia, podczas gdy szybkie zmiany będą wskazywały na bliski termin wystąpienia uszkodzenia.

4.5.2.1.2 Do skutecznego pomiaru w ramach analizy cieplnej wymagane jest, aby miał on charakter ciągły lub aby był jak najczęstszy. Diagnostyka w ramach tej metody może być podzielona na dwa etapy: pierwszy to analiza pojedynczych fotografii cieplnych (termogramów), drugi stanowi analiza zmian wybranych parametrów w czasie mikro (zmiany dynamiczne) i makro (zmiany działania).

4.5.2.1.3 Powszechnie stosowanymi urządzeniami przy tej metodzie są techniki termowizyjne. Pozwalają one na pomiar promieniowania podczerwonego. Konwertują sygnał promieniowania podczerwonego na obraz cieplny (termogram). Umożliwiają wybór wielu funkcji oraz ciągłą analizę zmian cieplnych, dając w konsekwencji wczesne wskazanie nieprawidłowego działania obiektu/elementu urządzenia.

4.5.2.1.4 Badanie obrazu cieplnego może być wprowadzone do systemu CM urządzeń maszynowych zainstalowanych na statku w celu wczesnego wykrycia nieprawidłowości w działaniu urządzenia.

4.5.2.1.5 Metody pomiaru/analizy powinny być zweryfikowane przez PRS.

4.5.2.2 Dokumentacja techniczna

Dokumentacja wymagana przez PRS do akceptacji metody badania obrazowaniem cieplnym:

- opis techniczny przyrządu pomiarowego / przegląd systemu,
- opis funkcjonalny, podręcznik użytkownika,
- świadectwo kalibracji lub / i inne posiadane świadectwa i certyfikaty zgodności;
- rejestracja wyników pomiarów i ich archiwizacja,
- miejsca pomiarowe,
- schematy elektryczne (włącznie z obwodami zasilania elektrycznego), jeśli ma to zastosowanie,
- metody obliczeniowe wykorzystywane przy ocenie wyników pomiarów,
- procedury badań/analizy,
- wyszczególnienie urządzeń (z opisem ich aktualnego stanu).

4.5.3 Analiza olejów

4.5.3.1 Przegląd technologii

4.5.3.1.1 Jednym z parametrów diagnozowania technicznego stanu urządzenia maszynowego jest zmiana własności fizycznych i chemicznych oleju. Olej jest środowiskiem łatwo przekazującym informację o zaistnieniu sytuacji awaryjnej, dlatego zmiany jego własności są istotnym wskaźnikiem pozwalającym na wczesne wykrycie uszkodzenia urządzenia.

4.5.3.1.2 Wykonywana jest fizyczna i chemiczna analiza następujących próbek oleju:

- hydraulicznego,
- smarowego,
- grzewczego,
- innych, w miarę potrzeb.

4.5.3.1.3 Próbkę oleju należy zbierać i przekazywać do analizy z częstotliwością określoną przez armatora, z uwzględnieniem zaleceń producenta wyposażenia oraz wymagań PRS.

4.5.3.1.4 Próbkę, która ma być reprezentatywna dla całej objętości oleju w instalacji, powinna być pobrana podczas działania urządzenia, z kurka spustowego oleju zainstalowanego na wylocie oleju (przed urządzeniem oczyszczającym olej), po wypuszczeniu pewnej ilości w celu uniknięcia zanieczyszczenia próbki. Zanieczyszczenie próbki może prowadzić do niewłaściwej oceny użyteczności oleju do dalszej obsługi.

4.5.3.1.5 Olej dostarczany jest na statek razem z pojemnikami na próbki zabezpieczonymi przed otwarciem przez osoby nieupoważnione, posiadającymi nalepki do opisu próbki oraz koperty / opakowania służące do wysyłki próbki pocztą.

4.5.3.1.6 Opis próbki oleju powinien zawierać następujące informacje:

- dane armatora,
- nazwę statku,
- nazwę urządzenia, z którego została pobrana próbka,
- typ oleju,
- datę pobrania próbki,
- okres pracy oleju po całkowitym napełnieniu,
- objętość oleju w instalacji,
- dodatkowe uwagi, jeśli to niezbędne,

i powinien być niezwłocznie przesłany razem z próbką do laboratorium producenta oleju lub posiadającego jego autoryzację.

4.5.3.1.7 Ocena laboratorium przesłana armatorowi powinna zawierać następujące wyniki (właściwe dla typu oleju):

- lepkość,
- gęstość,
- zawartość wody,
- zawartość chlorków (gdy możliwe jest wniknięcie wody morskiej),
- zawartość nierozpuszczalnych substancji zanieczyszczających,
- ogólna liczba zasadowa (TBN),
- ogólna liczba kwasowa (TAN),
- skład chemiczny zanieczyszczeń / produktów zużycia,
- temperatura zapłonu,
- inne parametry, gdy jest to niezbędne,
- ocena oleju i zalecenia (armator odpowiedzialny jest za podejmowanie decyzji dotyczącej dalszego użytkowania lub za podjęcie innych środków).

4.5.3.2 Dokumentacja techniczna

Dokumentacja wymagana przez PRS do akceptacji metody badania oleju smarnego:

- opis urządzeń (podręcznik użytkownika),
- parametry i metoda zbierania danych,
- miejsca pomiarowe,

- procedury badań / analiz,
- wykaz uznanych laboratoriów.

4.5.4 Analiza drgań mechanicznych

4.5.4.1 Przegląd technologii

4.5.4.1.1 Pomiary drgań są metodą monitorowania stanu technicznego urządzenia maszynowego. Drgania są szkodliwym następstwem sił przenoszenia energii mechanicznej, których wynikiem jest zużycie urządzeń oraz wzmożenie ich awaryjności.

4.5.4.1.2 Pomiary prowadzone okresowo pomagają wykrywać zmiany stanu technicznego określonego urządzenia mechanicznego.

4.5.4.1.3 Wyniki pomiarów porównywane są z wartościami z norm lub z wartościami referencyjnymi ustalonymi dla każdego urządzenia. Wartość referencyjna powinna być ustalona na podstawie pomiarów przeprowadzonych przez wykwalifikowany personel w określonych warunkach eksploatacyjnych, reprezentatywnych dla dalszej eksploatacji urządzenia.

4.5.4.1.4 Tendencje zmian potwierdzone przez regularne odczyty pomiarów drgań pozwalają na zidentyfikowanie wad, śledzenie ich rozwoju oraz na zaplanowanie harmonogramu napraw.

4.5.4.1.5 Podstawą do oceny drgań urządzenia w warunkach dynamicznych jest pomiar natężenia drgań, ich prędkości i narastania. Wymagania minimum dla przyrządów pomiarowych drgań podano w normie ISO 10816; dotyczą one średniej wartości skutecznej r.m.s. (*root mean square*) oraz prędkości [mm/s].

4.5.4.1.6 W przypadku turbin, przekładni zębatych, pomp tłokowych oraz sprężarek wymagana jest analiza FFT (*szybka transformata Fouriera*). Analizę taką powinien wykonać specjalnie przeszkolony personel / specjaliści z zakresu drgań. Specjaliści ci powinni określić punkty pomiarowe z uwzględnieniem zaleceń producenta urządzenia poddawanego próbom i po uzgodnieniu z PRS. Punkty pomiarowe powinny być oznaczone na stałe, tak aby kolejne pomiary były wykonywane w tych samych miejscach.

4.5.4.1.7 Okresowe pomiary drgań powinny być wykonywane przez przeszkolony personel. Należy przyjąć zasadę, że urządzenia maszynowe pracujące w ruchu ciągłym powinny być sprawdzane nie rzadziej niż raz w miesiącu, a urządzenia pracujące okresowo (np. takie, które znajdują się w stanie gotowości lub rezerwowe) powinny być sprawdzane nie rzadziej niż co 3 miesiące. Zaleca się, aby pomiary okresowe były wykonywane w warunkach obciążenia możliwie zbliżonych do wartości odniesienia.

4.5.4.1.8 Metody pomiaru/analizy powinny być zweryfikowane przez PRS.

4.5.4.2 Dokumentacja techniczna

Dokumentacja wymagana przez PRS do akceptacji metody badania drgań mechanicznych:

- opis techniczny przyrządu pomiarowego / przegląd systemu;
- opis funkcjonalny, podręcznik użytkownika,
- parametry i metoda zbierania danych;
- miejsca pomiarowe;
- metody obliczeniowe;
- procedury badań / analizy;
- wyszczególnienie urządzeń (z opisem ich aktualnego stanu).

4.5.4.3 Relacje pomiędzy przykładowymi usterkami a występującymi drganiami

Rodzaj usterki	Częstotliwość dominującej składowej drgania [Hz]	Kierunek	Uwagi
Niewyważenie elementów obrotowych	1 × obr./s	Promieniowy	Powszechna przyczyna nadmiernego poziomu drgań w urządzeniach
Nieosiowość i zgięcie wału	zwykle 1 × obr./s często 2 × obr./s czasami 3 i 4 × obr./s	Promieniowy i osiowy	Typowa usterka
Uszkodzony element toczny łożyska	Częstotliwość ударов pojedynczego elementu łożyska. Również drgania o wysokich częstotliwościach (2 do 60 kHz) często związane z radialnymi rezonansami łożysk	Promieniowy i osiowy	Niestabilny poziom drgań, często z udarami. Częstotliwość ударов f (Hz): przy uszkodzeniu bieżni zewnętrznej: $f = n/2 f_r (1 - BP/PD \cos \beta)$; przy uszkodzeniu bieżni wewnętrznej: $f = n/2 f_r (1 + BP/PD \cos \beta)$; przy uszkodzeniu elementu tocznego: $f = BP/PD f_r [1 - (BP/PD \cos \beta)^2]$; gdzie: β – kąt działania, BD – średnica elementów tocznych (kulki, rolki), PD – średnica podziałowa, n – liczba elementów tocznych (kulki, rolki), f_r – liczba obr./s bieżni wewnętrznej względem bieżni zewnętrznej
Luz łożyska ślizgowego w obudowie	Podharmoniczne obr./s wału, $\frac{1}{2}$ lub $\frac{1}{3}$ × obr./s	Głównie promieniowy	Poluzowanie może uwidaczniać się tylko przy eksploatacyjnej prędkości i temperaturze (np. maszyn turbinowych)
Wir olejowy lub bicie w łożysku ślizgowym	Nieco niższa niż połowa obr./s wału	Głównie promieniowy	Występuje w maszynach o dużej prędkości obrotowej (np. w turbinach)
Wir histerezowy	Krytyczna prędkość wału obr./s	Głównie promieniowy	Drgania wzbudzone przy przekraczaniu prędkości krytycznej wału utrzymują się przy wyższych prędkościach wału
Uszkodzona przekładnia zębata	Częstotliwość zazębienia (obr./s wału × liczba zębów) oraz harmoniczne.	Promieniowy i osiowy	Wstęgi boczne wokół częstotliwości zazębienia wskazują na modulację (np. mimośród) z częstotliwością równą "odstępowi" wstęg bocznych. Zwykle wykrywalne tylko przy użyciu bardzo wąskopasmowej analizy i cepstrum
Luzy mechaniczne	2 × obr./s		Zarówno podharmoniczne jak i interharmoniczne, jak przy luzach łożyska ślizgowego

Rodzaj usterki	Częstotliwość dominującej składowej drgania [Hz]	Kierunek	Uwagi
Uszkodzona przekładnia pasowa	1, 2, 3 i 4 × obr./s pasa	Promieniowy	Problem może być zwykle dokładnie zidentyfikowany wizualnie za pomocą stroboskopu
Drgania wzbudzone elektrycznie	1 × obr./s względnie 1 lub 2 × częstotliwość synchronizacji	Promieniowy i osiowy	Powinny zaniknąć po wyłączeniu zasilania

4.6 Pomiary wartości referencyjnych

4.6.1 Pomiary wartości referencyjnych powinny być wykonywane przez przeszkolony personel.

4.6.2 Pomiary powinny być przeprowadzane w dokładnie zdefiniowanych warunkach eksploatacyjnych.

4.6.3 Przed rozpoczęciem pomiarów należy zadbać o ustabilizowanie warunków pomiarów.

4.6.4 Należy dokonać oceny uzyskanych wyników w celu wykrycia stanów wadliwych. Wady należy skorygować przed ustaleniem wartości referencyjnej. W przypadku gdy urządzenie zostało poddane przeglądowi w stanie otwartym lub po jego wymianie, należy ustalić nowe wartości referencyjne. Należy określić wartości alarmowe parametrów diagnostycznych, obowiązujące pomiędzy przeglądami urządzenia w stanie otwartym.

4.7 Zakresy przeglądów monitorowania stanu

4.7.1 Urządzenia maszynowe

4.7.1.1 Postanowienia ogólne

Każde urządzenie maszynowe znajdujące się na liście urządzeń objętych systemem PMS może być objęte systemem CM. Pozytywny wynik analizy monitorowania stanu komponentu może być podstawą do odstąpienia od oględzin urządzenia w stanie otwartym.

4.7.1.2 Przegląd wdrożeniowy

Należy zweryfikować pomiary wartości referencyjnych wszystkich urządzeń objętych systemem CM, które powinny być przeprowadzone w normalnych warunkach pracy urządzenia.

Przeglądowi oraz próbom, gdy jest to niezbędne, należy poddać:

- funkcje pomiarowe aparatury i program do monitorowania stanu,
- wyposażenie / procedury próbkowania oraz obsługi oleju,
- instalację wyposażenia służącego do pomiaru drgań,
- umiejętności personelu w zakresie obsługi oprzyrządowania do monitorowania stanu,
- planowy system utrzymania i / lub dokumentację utrzymania urządzeń zgodnie z instrukcjami producenta.

4.7.1.3 Pompy

Pomiary wartości referencyjnych pomp powinny zawierać następujące parametry, na ile ma to zastosowanie:

- parametry drgań (spektrum lub całkowite) wszystkich właściwych łożysk,

- zużycie energii silnika elektrycznego (zapis powinien być przeprowadzony w czasie pracy pompy w normalnych warunkach eksploatacyjnych) oraz prędkość obrotową,
- ciśnienie ssania i tłoczenia,
- przesunięcie osiowe wirnika, jeśli ma to zastosowanie.

W przypadku instalacji z regulacją prędkości pomp, wszystkie dane wartości referencyjnych, włącznie z pomiarami drgań, należy zapisywać przy maksymalnej prędkości.

4.7.1.4 Sprężarki

Pomiary wartości referencyjnych sprężarek powinny obejmować następujące parametry, na ile ma to zastosowanie:

- parametry drgań (spektrum) od wszystkich właściwych łożysk,
- zużycie energii silnika elektrycznego sprężarek (pomiar należy przeprowadzić przy ciśnieniu na wylocie 2 bary poniżej ciśnienia projektowego lub zalecanego ciśnienia wyłączenia, przyjmując to, które jest niższe) oraz prędkość obrotową,
- ciśnienie oleju smarowego.

Pomiary ciśnienia oleju smarowego należy przeprowadzać przy takim samym ciśnieniu na wylocie.

4.7.1.5 Prądnice

Pomiary wartości referencyjnych prądnic powinny obejmować następujące parametry, na ile ma to zastosowanie:

- parametry drgań (spektrum) od wszystkich właściwych łożysk,
- prędkość obrotowa i moc,

Pomiary należy przeprowadzać przy ruchu jałowym aby uniknąć zakrycia interesującej części spectrum drgań ze względu na wzbudzenie od sił silnika.

4.7.1.6 Przegląd potwierdzający

Podstawowy zakres przeglądu obejmuje:

- przegląd planowego systemu utrzymania oraz dokumentacji dotyczącej utrzymania urządzeń,
- zaliczanie urządzeń, które zostały poddane przeglądowi w stanie rozmontowanym,
- przegląd analiz historii i trendów danych pomiarów drgań oraz analiz oleju smarowego, zapisanych od ostatniego przeglądu dla potwierdzenia,
- weryfikację umiejętności załogi w zakresie obsługi urządzeń do monitorowania stanu,
- weryfikację statusu wzorcowania wyposażenia.

Inspektor PRS może wymagać przeprowadzenia innych szczególnych prób.

4.7.2 Turbiny

4.7.2.1 Postanowienia ogólne

Monitorowanie stanu turbiny oraz związanych urządzeń objętych systemem CM turbiny umożliwia odstępianie od ich oględzin w stanie rozmontowanym. System ten ma za zadanie monitorowanie stanu układu przeniesienia napędu (tj. łożysk i przekładni).

4.7.2.2 Przegląd wdrożeniowy

Przeglądowi oraz próbom, gdy jest to niezbędne, należy poddać:

- funkcje pomiarowe aparatury i program do monitorowania stanu,
- wyposażenie/procedury próbkowania oraz obsługi oleju,
- instalację wyposażenia służącego do pomiaru drgań,
- umiejętności personelu w zakresie obsługi instalacji do monitorowania stanu,

- planowy system utrzymania i/lub dokumentację utrzymania urządzeń zgodnie z instrukcjami producenta.

4.7.2.3 Turbiny parowe

Pomiary wartości referencyjnych powinny być wykonane w eksploatacyjnych warunkach pracy i obejmować następujące parametry:

- parametry drgań (spektrum) od łożysk,
- parametry drgań zmierzonych zainstalowanym na stałe wyposażeniem monitorującym, jeśli ma to zastosowanie,
- przesunięcie osiowe wirnika, tam gdzie ma to zastosowanie,
- ciśnienie, wydatek i temperaturę pary pomiędzy odcinkami wlotu i wylotu a dławikiem turbiny,
- ciśnienie w skraplaczu,
- ciśnienie oleju smarowego oraz oleju w regulatorze,
- prędkość obrotową i moment obrotowy.

4.7.2.4 Turbiny gazowe

Pomiary wartości referencyjnych powinny być wykonane w eksploatacyjnych warunkach pracy i obejmować następujące parametry:

- temperaturę, ciśnienie i wilgotność powietrza atmosferycznego,
- wartość opałowu użytego paliwa,
- parametry drgań (spektrum) od łożysk,
- parametry zmierzone zainstalowanym na stałe wyposażeniem monitorującym,
- przesunięcie osiowe wirnika / wirników,
- temperaturę i ciśnienie powietrza na wlocie i wylocie ze sprężarki,
- temperaturę spalania,
- wydatek paliwa,
- temperaturę i ciśnienie spalin na wlocie i wylocie turbiny wytwornicy spalin i turbiny napędowej,
- ciśnienie oleju smarowego oraz oleju w regulatorze,
- prędkość obrotową i moment obrotowy.

4.7.2.5 Przekładnie redukcyjne

W odniesieniu do przekładni redukcyjnych, pomiar wartości referencyjnych powinien obejmować:

- parametry drgań (spektrum) od łożysk, mierzone z częstotliwością próbkowania o wartości równej co najmniej dwukrotnej częstotliwości zazębienia,
- przesunięcie osiowe wału, tam gdzie ma to zastosowanie (za pomocą wyposażenia wbudowanego),
- ciśnienie oleju smarowego w łożyskach,
- prędkość obrotowa i moment obrotowy.

4.7.2.6 Prądnice napędzane przez turbinę

Pomiar wartości referencyjnych powinien obejmować:

- parametry drgań (spektrum) od wszystkich właściwych łożysk,
- obciążenie (nie mniej niż 80% mocy znamionowej), oraz
- prędkość obrotową.

4.7.2.7 Przegląd potwierdzający

Podstawowy zakres przeglądu obejmuje:

- przegląd planowego systemu utrzymania oraz dokumentacji dotyczącej utrzymania urządzeń,
- przegląd analiz historii i trendów danych pomiarów drgań oraz analiz oleju smarowego, zapisanych od ostatniego przeglądu dla potwierdzenia,
- weryfikację umiejętności załogi dotyczących obsługi aparatury do monitorowania stanu,
- weryfikację statusu wzorcowania wyposażenia pomiarowego.

Inspektor PRS może wymagać przeprowadzenia innych szczególnych prób.

Wykaz zmian obowiązujących od 1 styczeń 2020

<i>Pozycja</i>	<i>Tytuł/Temat</i>	<i>Źródło</i>
Rozdz. 4	System monitorowania stanu (CM) i system utrzymania urządzeń maszynowych oparty na monitoringu stanu (CBM)	IACS.UR Z27 (new July 2018)

Wykaz zmian obowiązujących od 1 lipca 2020

<i>Pozycja</i>	<i>Tytuł/Temat</i>	<i>Źródło</i>
różne pozycje	Zastąpienie określenia "zalecenie" określeniem "warunek"	Decyzja IACS (KDZ 3581)