

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY RULES

PUBLIKACJA NR 2/P
PUBLICATION NO. 2/P

ALTERNATYWNE SYSTEMY NADZORU URZĄDZEŃ MASZYNOWYCH ALTERNATIVE SURVEY ARRANGEMENTS FOR MACHINERY

2015

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

Publications P (Additional Rule Requirements) issued by Polski Rejestr Statków complete or extend the rules and are mandatory where applicable.



GDAŃSK

Publikacja Nr 2/P – Alternatywne systemy nadzoru urządzeń maszynowych – 2015 została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 26 maja 2015 r. i wchodzi w życie z dniem 29 maja 2015 r.

Niniejsza *Publikacja* zastępuje *Publikację Nr 2/P – Alternatywne systemy nadzoru urządzeń maszynowych – 2009 ze zmianami*.

Publication No. 2/P – Alternative Survey Arrangements for Machinery – 2015 was approved by PRS Executive Board on 26 May 2015 and enters into force on 29 May 2015.

This *Publication* replaces *Publication No. 2/P – Alternative Survey Arrangements for Machinery – 2009 with amendments*.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2015

PRS/OP, 05/2015

ISBN 978-83-7664-135-5

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
2.2	Wykaz urządzeń objętych nadzorem CMS	6
2.3	Uznawanie przeglądów przeprowadzanych przez starszego mechanika.....	6
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.....	7
3.3	Odpowiedzialność armatora	7
3.4	Procedura i warunki uznania oraz ważności uznania systemu PMS	7
3.5	Audit wprowadzający i audyty roczne systemu PMS	10
4	System monitorowania stanu (System CM)	11
4.1	Postanowienia ogólne.....	11
4.2	Wdrożenie i utrzymanie Systemu CM	12
4.3	Wymagania dotyczące dokumentacji Systemu CM	12
4.4	Świadectwa Systemu CM.....	14
4.5	Metody monitorowania stanu technicznego	14
4.6	Pomiary wartości referencyjnych.....	18
4.7	Zakresy przeglądów monitorowania stanu.....	18

CONTENTS

page

1	General	23
1.1	Scope of Application.....	23
1.2	Definitions.....	23
1.3	General Requirements	23
2	Continuous Machinery Survey (CMS)	23
2.1	General	23
2.2	List of Items Covered by CMS	24
2.3	Acceptance of Surveys Performed by Chief Engineer.....	24
3	Survey Arrangement Based on Approved Planned Maintenance Scheme (PMS)	24
3.1	General	24
3.2	Survey of Machinery Covered by PMS.....	25
3.3	Ship Owner's Responsibility.....	25
3.4	Procedures and Conditions for Approval of PMS and for Approval Validity.....	25
3.5	Implementation Audit and Annual Audits for Machinery under PMS.....	28
4	Condition Monitoring System (CM System)	29
4.1	General.....	29
4.2	Implementation and Maintaining of CM System	29
4.3	Requirements for CM System Documentation.....	30
4.4	CM System Certificates	31
4.5	Condition Monitoring Methods.....	32
4.6	Reference Value Measurements.....	36
4.7	Condition Monitoring Survey Scopes	36

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Zakres zastosowania

1.1.1. Wymagania *Publikacji Nr 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.

2.2 Wykaz urządzeń objętych nadzorem CMS

2.2.1 Wykaz urządzeń objętych nadzorem CMS opracowywany jest przez armatora i podlega uzgodnieniu z PRS.

2.2.2 PRS może przyjąć, po przeprowadzeniu weryfikacji, wykaz wykonany przez armatora dla poprzedniego klasyfikatora.

2.3 Uznawanie przeglądów przeprowadzanych przez starszego mechanika

2.3.1 PRS może uznać przeglądy przeprowadzone przez aktualnego starszego mechanika danego statku, jeżeli spełnione są następujące warunki:

- .1** starszy mechanik posiada dyplom I klasy lub równoważny,
- .2** starszy mechanik jest zatrudniony na takim stanowisku co najmniej 1 rok,
- .3** przegląd został wykonany w morzu lub w porcie, w którym PRS nie ma swojego przedstawiciela,
- .4** przegląd został przeprowadzony przez starszego mechanika w okresie od ostatniego rocznego potwierdzenia klasy,
- .5** starszy mechanik dla uzyskania weryfikacji danego przeglądu przedstawił inspektorowi PRS:
 - .1** sprawozdanie zawierające następujące dane:
 - nazwę i dane urządzenia poddanego przeglądowi,
 - opis stanu technicznego, wyszczególnienie części wymienionych i naprawionych, z podaniem technologii naprawy oraz wyników prób,
 - datę i miejsce przeglądu,
 - imię i nazwisko starszego mechanika wraz z numerem jego dyplomu i datą jego wystawienia,
 - .2** zapisy w dzienniku maszynowym dokonane w związku z przeprowadzonym przeglądem,
 - .3** części zdemontowane z powodu nadmiernego zużycia lub wad, jeżeli jest to możliwe,
 - .4** metryki nowo zamontowanych części,
- .6** inspektor w trakcie weryfikowania przeglądu przeprowadził oględziny i próby w zakresie uznanym za niezbędny.

2.3.2 Urządzenia przeglądane w jednym 5-letnim cyklu przez starszego mechanika w następnym cyklu powinny być przedstawione do przeglądu inspektorowi PRS.

2.3.3 Starszy mechanik nie jest uprawniony do przeprowadzania przeglądu zbiorników ciśnieniowych oraz przekładni głównych i sprzęgieł.

2.3.4 Na statkach z podwójną klasą, PRS może ograniczyć uprawnienia starszego mechanika do przeprowadzania przeglądów urządzeń objętych nadzorem CMS.

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, nie podlegające 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 System PMS może być rozbudowany o komputerowy system diagnostyczny.

3.1.5 Przeglądy w ramach systemu PMS oparte są na cyklach obsługi technicznej, zalecanych przez producenta, doświadczeniu operatora oraz wykorzystaniu komputerowego systemu diagnostycznego, jeśli został zastosowany.

3.1.6 Polski Rejestr Statków 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 i komputerowego systemu diagnostycznego, jeśli został zastosowany,
- 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.

3.2.2 Jeśli ma zastosowanie komputerowy system diagnostyczny, PRS może wyrazić zgodę na wydłużenie cyklu przeglądu urządzeń.

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 oraz komputerowe systemy diagnostyczne podlegają zatwierdzeniu przez PRS według zasad określonych w *Publikacji Nr 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,
- .6 jeżeli zastosowany został komputerowy system diagnostyczny – wykaz urządzeń objętych tym systemem oraz ogólny opis tego systemu, określający podstawowe dane wyposażenia wchodzącego w jego skład.

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,
- .4 parametry pracy urządzeń i systemów wygenerowane przez komputerowy system diagnostyczny (jeśli zastosowano), od ich ostatniego przeglądu lub remontu, zgodnie z punktem 3.4.2.1.5.

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 uznania planowego utrzymania urządzeń maszynowych*

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 zaleceń wydanych przez PRS w wyniku przeprowadzonego auditu systemu PMS lub na podstawie raportu starszego mechanika o uszkodzeniu. Zalecenia 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 może, po uzyskaniu zadowalających wyjaśnień od starszego mechanika, 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, czy system PMS działa prawidłowo.

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, w przypadku gdy jest znana;
- .3 świadectwo planowego utrzymania urządzeń maszynowych;
- .4 świadectwo zatwierdzenia programu komputerowego lub komputerowego systemu diagnostycznego, jeżeli takie zatwierdzenie miało miejsce.

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 wpisywane jest odpowiednie zalecenie, zawierające 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 zaleceniu, o którym mowa w punkcie 3.5.2.9.

4 SYSTEM MONITOROWANIA STANU (SYSTEM CM)

4.1 Postanowienia ogólne

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

4.1.2 Proces wdrożenia systemu CM obejmuje zatwierdzenie *CM Armatora* i zatwierdzenie *CM Statku*. Na proces zatwierdzenia *CM Statku* składa się zatwierdzenie CMP oraz właściwe wdrożenie zatwierdzonego CMP na statku, potwierdzonego przeprowadzanym na statku przeglądem wdrożeniowym.

4.1.3 System CM może objąć następujące urządzenia:

- pompy,
- elektryczne maszyny wirujące (silniki, prądnice)
- turbiny,
- przekładnie redukcyjne,
- sprężarki,
- łożyska,
- inne urządzenia uzgodnione z PRS.

4.1.4 W przypadku zmiany armatora statku, System CM ulega automatycznemu unieważnieniu (*CM Armatora* i *CM Statku*).

4.1.4 Definicje

Analiza FFT – analiza szybkiej transformacji Fouriera.

Cepstrum – odwrotna transformata Fouriera.

CM Armatora – proces weryfikacji zdolności biura armatora do prowadzenia Systemu CM, potwierdzany wystawieniem *Świadectwa CM armatora*.

CM Statku – proces weryfikacji wyposażenia i przygotowania załogi statku do prowadzenia Systemu CM, potwierdzany wystawieniem *Świadectwa CM statku*.

Podręcznik Systemu CM – zatwierdzony *Program monitorowania stanu (CMP)*.

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

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

Przeгляд 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.

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;
- na statku powinno być w użyciu wyposażenie i oprogramowanie służące do wykonywania pomiarów i monitorowania stanu.

4.2.2 Podstawą procesu wdrażania Systemu CM są informacje zawarte w następujących dokumentach:

- strategia utrzymania urządzeń, opracowana i realizowana przez armatora statku,
- wykaz elementów lub urządzeń objętych Systemem CM,
- opisy metod diagnozowania urządzeń,
- wartości referencyjne parametrów diagnostycznych,
- zapisy dokumentujące wdrażanie elementów Systemu CM do PMS.

4.2.3 Przegląd wdrożeniowy ma za zadanie potwierdzić, że zatwierdzony CMP został na statku właściwie wdrożony. Zaleca się, aby CMP działał na statku przez co najmniej 6 miesięcy przed przeprowadzeniem przeglądu wdrożeniowego. W celu umożliwienia weryfikacji prawidłowych odczytów wartości referencyjnych oraz ogólnej wiedzy załogi, przegląd wdrożeniowy powinien być przeprowadzony w normalnych warunkach eksploatacyjnych statku (przegląd w czasie podróży).

4.2.4 Przegląd potwierdzający wykonuje się w celu utrzymania ważności wdrożonego Systemu CM i wykonywany jest w czasie okresowego przeglądu klasyfikacyjnego statku. Przegląd ten zastępuje okresowe przeglądy urządzeń maszynowych w odniesieniu do urządzeń objętych Systemem CM. W zakresie przeglądu potwierdzającego jest sprawdzenie i dokonanie oceny działania Systemu CM za okres od ostatniego przeglądu wdrożeniowego lub potwierdzającego.

Przegląd potwierdzający obejmuje sprawdzenie:

- wyników diagnozowania,
- oceny realizowania wymagań ujętych w dokumentach podanych w 4.2.2.

W przypadku gdy inspektor PRS uzna to za niezbędne, wymagane może być przedstawienie urządzenia w stanie otwartym lub poddanie go próbom.

4.3 Wymagania dotyczące dokumentacji Systemu CM

4.3.1 Postanowienia ogólne

4.3.1.1 Przed złożeniem do PRS wniosku o zatwierdzenie Systemu CM, 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 Armatora*, które umożliwia armatorowi danego statku wystąpić o zatwierdzenie *CM 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 potwierdzających, wykonywanych w celu potwierdzenia ważności *Świadectwa CM Statku*.

4.3.2 Dokumentacja wymagana do zatwierdzenia CM 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, 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 wykazującą 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 techniki 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 ze względu na stałe utrzymywanie wykwalifikowanego personelu na statku,
- kopie dokumentów potwierdzających uzyskanie kwalifikacji niezbędnych do pracy w Systemie CM statku.

4.3.3 Dokumentacja wymagana do zatwierdzenia CM 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:

4.3.3.1.1 Metody monitorowania stanu urządzeń z wartościami referencyjnymi parametrów diagnostycznych

W przypadku każdego urządzenia objętego Systemem CM należy przedstawić do zatwierdzenia następującą informację:

- szczegółowy opis zastosowanych technik monitorowania stanu,
- szkic rozmieszczenia punktów pomiarowych,
- wartości referencyjne,
- wartości alarmowe parametrów uzgodnione z producentem urządzenia,
- terminy realizacji obserwacji diagnostycznych,
- działania oparte o wyniki monitorowania stanu,
- kopie dokumentów potwierdzających kwalifikacje personelu wykonującego pomiary.

4.3.3.1.2 Informacja o wyposażeniu do monitorowania stanu

Należy przedstawić do zatwierdzenia w PRS:

- 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 do Systemu PMS statku

Wszystkie urządzenia podlegające Systemowi CM 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 Świadectwa Systemu CM

4.4.1 *Świadectwo CM 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.

4.4.2 *Świadectwo CM 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 Unieważnienia Świadectwa CM Armatora powoduje automatyczne unieważnienie wszystkich Świadectw CM Statku.

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 wyladowań 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 bliższy 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 Próbką, 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 poprzez pomiary prze-

przewodzone 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 sprzężarek wymagana jest analiza FFT (*szybka transformata Fouriera*). Analiza taka powinna być wykonana przez specjalnie przeszkolony personel / specjalistów np. 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
1	2	3	4
Niewyważenie elementów obrotowych	$1 \times obr./s$	Promieniowy	Powszechna przyczyna nadmiernego poziomu drgań w urządzeniach
Nieosiowość i zgięcie wału	zwykle $1 \times obr./s$ często $2 \times obr./s$ czasami 3 i $4 \times obr./s$	Promieniowy i osiowy	Typowa usterka
Uszkodzony element toczny łożyska	Częstotliwość uderów 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 uderami. Częstotliwość uderów 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),

1	2	3	4
			PD – średnica podziałowa, n – liczba elementów tocznych (kulki, rolki), f_r – liczba obr./s bieżni wewn. wzgl. bieżni zewn.
Luz łożyska ślizgowego w obudowie	Podharmoniczne $obr./s$ wału, $\frac{1}{2}$ lub $\frac{1}{3} \times obr./s$	Głównie promieniowy	Poluzowanie może uwidaczniać się tylko przy eksploatacyjnej prędkości i temperaturze (np. maszyn turbiniowych)
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 histerezy	Krytyczna prędkość wału $obr./s$	Głównie promieniowy	Drgania wzbudzone przy przekraczaniu prędkości krytycznej wału utrzymują się przy wyższych prędkościach wału
Uszkodzona przekładnia zębata	Częstotliwość ząbienia ($obr./s$ wału \times liczba zębów) oraz harmoniczne.	Promieniowy i osiowy	Wstęgi boczne wokół częstotliwości ząbienia wskazują na modulacje (np. mimośród) z częstotliwością równą "odstępowi" wstęg bocznych. Zwykle wykrywalne tylko przy użyciu bardzo wąskopasmowej analizy i cepstrum
Luzy mechaniczne	$2 \times obr./s$		Zarówno podharmoniczne jak i interharmoniczne, jak przy luzach łożyska ślizgowego
Uszkodzona przekładnia pasowa	$1, 2, 3$ i $4 \times obr./s$ pasa	Promieniowy	Problem może być zwykle dokładnie zidentyfikowany wizualnie za pomocą stroboskopu
Drgania wzbudzone elektrycznie	$1 \times obr./s$ względnie 1 lub $2 \times$ 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 dotyczące 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 wyłączania, przyjmując to, które jest niższe) oraz prędkość obrotową,
- ciśnienie oleju smarowego.

Pomiary ciśnienia oleju smarowego należy przeprowadzać przy tym 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, w celu uniknięcia 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 odstąpienie 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

Przeładowi 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 dotyczące 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 opałowa 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 przypadku 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 obrotową 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.

ALTERNATIVE SURVEY ARRANGEMENTS FOR MACHINERY

1 GENERAL

1.1 Scope of Application

1.1.1 The requirements of *Publication No. 2/P – Alternative Survey Arrangements for Machinery*, hereinafter referred to as the *Publication*, are an extension of the requirements specified in *Part I – Classification Regulations of the Rules for Classification and Construction of Sea-going Ships* regarding PRS' survey of machinery where it has been referred to.

1.2 Definitions

Alternative machinery survey arrangements – classification survey arrangements in which direct machinery surveys, performed by PRS' Surveyor, are replaced, to a specified extent, by other methods of survey.

Maintenance work – overhauling and surveys of machinery performed by the crew, preservation, scheduled preventive maintenance or replacement of consumables.

Ship – any floating object classed with PRS to whom this *Publication* applies.

1.3 General Requirements

1.3.1 At the Owner's request, Polski Rejestr Statków may adopt one of alternative machinery survey arrangements mentioned in this *Publication*, provided that the machinery maintenance practice, applied on board, ensures:

- maintaining machinery in satisfactory operational condition,
- providing documents necessary for verification of machinery technical condition and for planning repairs,
- providing documents useful in possible failures analysis.

1.3.2 Alternative survey arrangement may be implemented on each ship classed with PRS.

1.3.3 If an alternative survey arrangement has been implemented on the ship by a recognized Classification Society, PRS may continue such a survey arrangement, provided it fulfils the requirements of this *Publication*.

1.3.4 Generally, alternative survey arrangement documents shall be prepared and the documentation shall be kept in English. Upon PRS consent, the documents may be prepared in the flag state or other language subject to PRS consent in each particular case.

1.3.5 Alternative survey arrangement may cover particular machinery and electrical equipment components, installations and systems as well as control systems.

2 CONTINUOUS MACHINERY SURVEY (CMS)

2.1 General

2.1.1 Polski Rejestr Statków conducts surveys under CMS by:

- verification of the list of equipment, machinery, installations and systems indicated by the ship owner,
- conducting direct surveys of particular machinery items or recognising surveys performed by the Chief Engineer,
- entering records on the list of items covered by CMS provided on board.

2.1.2 The Owner may cancel CMS notifying PRS in writing thereon.

2.1.3 PRS may cancel CMS if it has been found that the condition of machinery, covered by CMS, requires surveys to be performed at intervals shorter than 5 years.

2.1.4 In the case CMS has been cancelled, the machinery shall be submitted to Class Renewal Survey within the scope specified in *Part I – Classification Regulations*. Surveys performed under CMS may be credited for class renewal if they have been carried out during the last 12 months.

2.2 List of Items Covered by CMS

2.2.1 The list of items covered by CMS is prepared by the Owner and is subject to PRS agreement.

2.2.2 PRS may accept, subject to verification, the list of items prepared by the Owner for the previous Classification Society.

2.3 Acceptance of Surveys Performed by Chief Engineer

2.3.1 PRS may accept the surveys of machinery performed by the current Chief Engineer of the particular ship provided that:

- .1** the Chief Engineer holds the first class marine engineer licence or an equivalent,
- .2** he has been employed as Chief Engineer for at least 1 year,
- .3** the survey was performed at sea or in a port where PRS has no representative,
- .4** the survey was performed by the Chief Engineer within the period of validity of the latest annual confirmation of class,
- .5** for the purpose of the survey verification, the Chief Engineer has submitted, to PRS Surveyor, the following:
 - .1** report on the performed survey, containing:
 - name and particulars of the surveyed item,
 - description of its technical condition, list of parts replaced and repaired, including the repair methods and the test results,
 - date and place of survey,
 - full name of the Chief Engineer, No. and the date of issue of Chief Engineer Licence,
 - .2** records made in the engineer's log book concerning the performed survey,
 - .3** parts replaced by spare ones due to wear or damage, where possible,
 - .4** certificates of newly fitted parts,
- .6** PRS Surveyor, during survey verification, performed examinations and tests within the necessary scope.

2.3.2 Not more than 50% of Continuous Machinery Survey items may be surveyed by the Chief Engineer during a 5-year cycle.

2.3.3 Machinery items surveyed by the Chief Engineer during a 5-year cycle shall be submitted, during the next cycle, for the PRS survey.

2.3.4 The Chief Engineer is not authorized to perform, within Continuous Machinery Survey, the surveys of pressure vessels, main gears and couplings.

2.3.5 In dual classed ships, PRS may restrict the Chief Engineer's right to perform Continuous Machinery Survey.

3 SURVEY ARRANGEMENT BASED ON APPROVED PLANNED MAINTENANCE SCHEME (PMS)

3.1 General

3.1.1 PRS survey of machinery based on the planned maintenance arrangement (hereinafter referred to as 'PMS arrangement') may be applied as an alternative to the CMS (described in Chapter 2).

3.1.2 PMS is limited to components and systems covered by CMS.

3.1.3 PMS arrangement may also cover other components and systems which are not subject to classification survey. In that case, they shall be properly indicated in the documentation of PMS (e.g. designated by a specific colour on the list of equipment covered by PMS arrangement).

3.1.4 PMS arrangement may be extended by a computerised diagnostic system.

3.1.5 Surveys within PMS are based on maintenance cycles recommended by the manufacturer, operator's experience and a computerised diagnostic system, if provided.

3.1.6 Polski Rejestr Statków performs survey of PMS arrangement through:

- verification of the implementation and operation of the planned maintenance system at the PMS implementation, annual and additional audits,
- analysis of the Chief Engineer's reports,
- analysis of records of computer programs and computerised diagnostic systems, if provided,
- surveys and tests of machinery performed in the presence of PRS Surveyor.

3.2 Survey of Machinery Covered by PMS

3.2.1 The cycle of surveys of the machinery covered by PMS shall not exceed that specified for CMS. Upon the Owner's request, PRS may accept longer intervals of survey for specific components and installations based on the running hours' records taking into account the manufacturer's recommendations.

3.2.2 Where a computerised diagnostic system is provided, PRS may accept a prolonged cycle of surveys.

3.3 Ship Owner's Responsibility

3.3.1 The Chief Engineer is the responsible person on board in charge of the PMS.

3.3.2 Documentation on overhauls of items covered by the PMS shall be prepared and signed by the Chief Engineer.

3.3.3 Access to computer programs for updating of PMS documentation and maintenance program shall only be permitted to the Chief Engineer or other authorised person(s).

3.3.4 In dual classed ships, PRS may restrict the Chief Engineer's right to perform overhauls of items covered by PMS.

3.4 Procedures and Conditions for Approval of PMS and for Approval Validity

3.4.1 Requirements for PMS

3.4.1.1 Records of PMS operation on board the ship shall be maintained using a computer system. This requirement, however, may be waived in the case of current schemes (provided that the requirements specified in 1.3.3 are applicable).

3.4.1.2 Computer programs and computerised diagnostic systems applied are subject to PRS approval in accordance with the requirements specified in *Publication No. 9/P – Requirements for Computer Based Systems*. This requirement may be waived in the case where applications based on publicly available software are used.

3.4.1.3 Computer program shall enable making back-up copies, e.g. on CDs, which shall be updated at regular intervals.

3.4.1.4 PMS shall explicitly determine principles for maintaining records concerning:

- .1 machinery running hours,
- .2 basic operating parameters,
- .3 cases of defects, damage and repair,
- .4 maintenance,

- .5 test results for consumables and working media,
- .6 identification of persons in charge of PMS on board as well as the dates of assuming and relaying the duties,
- .7 identification of persons authorised to enter records on the list of items covered by PMS.

3.4.1.5 PMS shall be prepared and approved for a ship specified in the request mentioned in 3.4.4.1.

3.4.2 Documentation and Additional Information Required for Approval of PMS

3.4.2.1 Approval of PMS requires the following documentation and additional information to be submitted to PRS:

- .1 organization chart identifying areas of responsibility,
- .2 version of applied software,
- .3 listing of equipment to be considered by classification in PMS,
- .4 preventive maintenance sheets – specifying listing and schedule of preventive maintenance procedures – for the machinery and systems. It is recommended that the components connected functionally be provided with a common preventive maintenance sheet,
- .5 specification of basic technical data and operating parameters determining the normal running parameters for components and installations to be considered by classification in PMS,
- .6 where a computerised diagnostic system has been applied, listing of the components and installations covered by that system including basic technical data of the system components.

3.4.3 Documentation and Information to be Available on Board

3.4.3.1 The following documentation and information shall be available on board:

- .1 all up-to-date documents and information specified in sub-chapter 3.4.2;
- .2 maintenance instructions for the machinery and systems (manufacturer's and shipyard's);
- .3 information specified in 3.4.1.4.
- .4 operating parameters of the machinery and systems generated by the computerised diagnostic system (where applied) for the period from the latest overhauling or repair in accordance with the requirements specified in 3.4.2.1.5.

3.4.4 PMS Approval Procedure

3.4.4.1 The Owner shall request, in writing, the approval of PMS from PRS. The documents and information specified in sub-chapter 3.4.2 shall be enclosed to the request.

3.4.4.2 Following the satisfactory result of the request verification, PRS enters – in the ship's survey status – acknowledgment of provisional implementation of PMS in addition to CMS and notifies the Owner thereof.

3.4.4.3 Where the Owner is unable to enclose the information specified in sub-chapter 3.4.2, such information shall be verified by PRS Surveyor during PMS Implementation Audit.

3.4.4.4 Within 12 months from provisional implementation of PMS on a ship, the Owner shall request PRS to perform the PMS Implementation Audit.

3.4.4.5 Following the satisfactory result of verification, by PRS Head Office, of report on the Implementation Audit, *Certificate of Approval for Planned Maintenance Scheme* (also referred to as *PMS Certificate*) is issued for the ship to confirm approval of PMS. PRS provides the Owner with the original and a copy of *PMS Certificate*. The original of *PMS Certificate* shall be available on board.

3.4.4.6 Upon the issuance of *PMS Certificate*, the CMS is replaced by PMS.

3.4.4.7 In the ship's survey status and *Certificate of Class*, PRS enters a record on PMS implementation.

3.4.4.8 PRS may condition the issuance of *PMS Certificate* on introduction of amendments to PMS.

3.4.5 Validity of *Certificate of Approval for Planned Maintenance Scheme*

3.4.5.1 *PMS Certificate* is issued without time limit.

3.4.5.2 To maintain *PMS Certificate*, the following conditions shall be fulfilled:

- .1** satisfactory result of PMS annual audit, which is a part of the machinery survey in accordance with the requirements specified in 3.5.2.2;
- .2** maintenance performed, by the authorised Chief Engineer or under his supervision, in accordance with the approved PMS;
- .3** PRS shall be immediately notified, by the Owner, of any machinery breakdown, damage or defect which cannot be repaired within normal maintenance work.
Breakdown, damage or defect, depending on their extent, shall be repaired by:
 - the Chief Engineer or crew under the Chief Engineer’s supervision,
 - service supplier approved by PRS,
 - service supplier approved by other recognised Classification Society subject to PRS Head Office acceptance in each particular case,
- .4** recommendations, issued by PRS as a result of the performed PMS audits or on the basis of the Chief Engineer’s damage report, shall be implemented in due time. The recommendations may require that the machinery item be submitted to PRS Surveyor’s inspection prior to, during or after repair,
- .5** if practicable, any component which has been replaced due to damage, shall be retained on board until examined during PRS survey,
- .6** ongoing keeping up-to-date records mentioned in 3.4.1.4.

3.4.5.3 *PMS Certificate* is cancelled in the case when:

- .1** the Owner has changed,
- .2** software version has been replaced,
- .3** accepted overhaul intervals have been exceeded,
- .4** unsatisfactory condition of the machinery and systems under PMS has taken place,
- .5** PMS has been verified, during the Annual Audit, as not being correctly operated.

3.4.5.4 The Owner may cancel the survey arrangement under PMS by informing PRS in writing thereon. The Owner shall declare whether they wish to have CMS reinstated or abandon the alternative survey arrangement for machinery.

3.4.5.5 PRS may refuse to reinstate CMS.

3.4.5.6 In the case of CMS being reinstated, surveys performed by the Chief Engineer since the latest Annual Audit may be credited – by PRS – as completed provided that the requirements specified in 2.3.1 are fulfilled.

3.4.5.7 In the cases mentioned in 3.4.5.3 and 3.5.2.10, PRS Head Office follows the requirements specified in 3.4.5.4 and 3.4.5.8, depending on the ascertained non-conformities.

3.4.5.8 In the case an alternative survey arrangement for machinery has been cancelled, the machinery shall be submitted to Class Renewal Survey within the scope specified in *Part I – Classification Regulations*. Surveys performed under PMS arrangement may be credited for class renewal if they have been performed during the last 12 months and found satisfactory as a result of verification, by PRS Surveyor, of the relevant survey reports.

3.4.5.9 In special cases, PRS Surveyor may, subject to satisfactory clarification by the Chief Engineer, postpone the survey of a machinery component or system covered by PMS.

3.5 Implementation Audit and Annual Audits for Machinery under PMS

3.5.1 PMS Implementation Audit

3.5.1.1 PMS Implementation Audit aims at verifying that:

- .1** PMS fulfils the requirements specified in this *Publication*,
- .2** PMS is suitable for the type and complexity of the machinery and installations on board,
- .3** within PMS, records specified in 3.4.1.4 are collected and maintained,
- .4** persons authorised to keep records within PMS (in accordance with the requirements specified in 3.3.3) are familiar with PMS principles.

3.5.1.2 PRS Surveyor performing PMS Implementation Audit makes a report and transfers it to PRS Head Office for verification.

3.5.1.3 PRS Head Office follows the procedure specified in paragraphs 3.4.4.5 to 3.4.4.8.

3.5.2 PMS Annual Audit

3.5.2.1 PMS Annual Audit aims at verifyin that the PMS is being correctly operated.

3.5.2.2 PMS Annual Audit is performed concurrently with the annual, intermediate and class renewal surveys of the ship in compliance with their schedule specified in *Part I – Classification Regulations*.

3.5.2.3 PMS Annual Audit is performed by PRS Surveyor.

3.5.2.4 In the case of dual classed ships, PRS may request the other Classification Society that the ship is classed with to perform PMS audit on PRS behalf.

3.5.2.5 The following information and documents shall be prepared for verification by PRS Surveyor within PMS Annual Audit:

- .1** performance and maintenance records concerning overhauls and running repairs to the machinery and systems covered by PMS since the previous PMS audit. The records shall include the list of spare parts used,
- .2** written details of any breakdown or malfunction of machinery and systems or installations covered by PMS, including the breakdown cause – if known,
- .3** *Certificate of Approval for Planned Maintenance Scheme*,
- .4** software approval certificate or computerised diagnostic system approval certificate, where they have been approved.

3.5.2.6 PRS Surveyor verifies the submitted information and documents specified in 3.5.2.5.

3.5.2.7 As a part of PMS Annual Audit, PRS Surveyor examines the machinery and installations which have been overhauled and repaired since the last PMS Annual Audit and performs their function tests as far as practicable and reasonable.

3.5.2.8 PRS Surveyor may require to dismantle a machinery component or installation to be submitted to inspection where they raise doubts concerning their reasonable technical condition.

3.5.2.9 Where minor non-conformities in PMS operation are shown during PMS Annual Audit, PRS Surveyor may recommend that an additional PMS audit be conducted. In that case, an appropriate recommendation including the list of non-conformities is entered in the ship's survey status.

3.5.2.10 After verification of PMS Annual Audit report, PRS Head Office may cancel *PMS Certificate*. In that case, PRS notifies the Owner thereof and enters an appropriate record in the ship's survey status and in the *Certificate of Class*.

3.5.2.11 Additional audit is performed in the scope of PMS Annual Audit with special attention paid to the non-conformities entered in the recommendation mentioned in 3.5.2.9.

4 CONDITION MONITORING SYSTEM (CM SYSTEM)

4.1 General

4.1.1 CM System is an alternative system for PRS survey of ship machinery based on the approved and implemented Condition Monitoring Programme (CMP). The system allows for the Owner's ongoing analysis of the technical condition of the machinery covered by such a system and for determining the individual machinery components' repair dates or their overhaul in the opened up condition.

4.1.2 CM System implementation process includes the approval of both the Owner's CM and Ship's CM. The Ship's CM approval process includes the approval of CMP and the correct implementation of the approved CMP on board the ship – to be confirmed by the implementation survey performed on board the ship.

4.1.3 CM System may cover the following:

- pumps,
- electrical rotating machinery (motors, generators)
- turbines,
- reduction gearing,
- compressors,
- bearings,
- other equipment subject to PRS consent in each particular case.

4.1.4 Where the Owner has changed, CM System is cancelled automatically, i.e. both the Owner's CM and Ship's CM are cancelled.

4.1.5 Definitions

Cepstrum – inverse Fourier transform

CM System Handbook – approved CMP.

Condition monitoring programme (CMP) – Owner-developed technical survey plan for the components covered by CM System.

Confirmation survey – survey aiming to confirm that the approved CMP is operational on board the ship.

Equipment maintenance strategy – document covering all the Owner's operations and activities focused on maintaining the machinery in the required technical condition.

FFT Analysis – fast Fourier transform analysis

Implementation survey – initial survey aiming to verify that the approved CMP is implemented and operational on board the ship.

Owner's CM – the process of verification of the Owner's office ability to maintain the CM System confirmed by the *Certificate of Owner's CM* issue.

Reference value – value of diagnostic parameter determining the machinery component condition assessment result.

Ship's CM – the process of verification of the equipment and crew preparation to maintain CM System; to be confirmed by the issue of the *Certificate of Ship's CM*.

4.2 Implementation and Maintaining of CM System

4.2.1 Before the request for CM System implementation has been submitted, the following conditions shall be fulfilled:

- ship machinery shall be covered by the *Planned Maintenance Scheme* (PMS) for machinery,
- Owner-developed CMP shall be a part of PMS,
- the equipment and software for measurements and condition monitoring shall be in operation on board the ship constantly.

4.2.2 The information contained in the following documents is the base for CM System implementation process:

- equipment maintenance strategy developed and used by the ship Owner,
- list of machinery components covered by CM System,
- descriptions of the methods for machinery components' condition diagnosing,
- reference values,
- records of the incorporation of CM System elements into PMS,

4.2.3 Implementation survey aims to confirm that the approved CMP has been correctly implemented on board the ship. It is recommended that CMP be in operation for at least 6 months before the implementation survey. To enable the verification of correct readings of reference values and the verification of the crew command of CMP, the implementation survey shall be performed in normal service conditions, i.e. during the voyage.

4.2.4 Confirmation survey – to be performed during the periodical ship classification survey – aims to maintain the validity of implemented CM System and is performed during the ship periodical survey. Confirmation survey is substituted for periodical surveys of the machinery in respect of the machinery components covered by CM System. Confirmation survey includes the verification and assessment of CM System performance over the period from the recent confirmation survey or implementation survey. Confirmation survey covers the verification of:

- diagnosing results,
 - assessment of the compliance with the requirements specified in the documents listed in 4.2.2.
- PRS Surveyor may require the equipment internal examination or its testing.

4.3 Requirements for CM System Documentation

4.3.1 General

4.3.1.1 Before the request for CM System approval has been submitted to PRS, the Owner shall follow the Equipment Maintenance Strategy developed by themselves.

4.3.1.2 The scope of documentation to be submitted to PRS is specified in paragraphs 4.3.2 and 4.3.3. The documentation shall include all the contracts for the outsourced measurements, i.e. the measurements and/or vibration analysis, oil analysis, etc.

4.3.1.3 After the submitted documentation has been approved, the *Owner's Certificate of CM* is issued to enable the ship Owner to request the approval of Ship's CM for the specific ship. Individual *Condition Monitoring Programme* (CMP) shall be developed for the specific ship and submitted for approval before the implementation survey has been performed.

4.3.1.4 Subject to the implementation survey positive result, the *Ship's Certificate of CM* is issued with the conditions for subsequent confirmation surveys endorsed.

4.3.1.5 The approved CMP is the base for confirmation surveys performed to confirm the *Ship's Certificate of CM* validity.

4.3.2 Documentation Required for Owner's CM Approval

4.3.2.1 *Equipment Maintenance Strategy* which shall include:

- documentation containing the description of the qualifications of the crew and shore personnel who perform daily activities within CM System regarding the available equipment for the condition monitoring, measurement and analysis. Where a competent third party has been commissioned for the analysis and/or measurement, the relevant contract shall be submitted for acceptance;
- responsibility file indicating the persons designated for the condition monitoring, including the third person's staff, if applicable;
- flow diagram/description of work organisation and activities connected with the condition monitoring including the analysis and actions taken after a critical condition alarm has been given.

4.3.2.2 Training Curriculum and Schedule

The ship shall be constantly manned by the crew duly trained in CM System techniques. Relevant plans, records and training courses for the persons responsible shall be provided.

The following documents shall be submitted for approval:

- crew qualification and prospective crew training plans,
- training curriculum outline,
- descriptive plan of the turnover of crew involved in CM System operation considering constant manning of the ship by duly qualified staff,
- copies of the relevant documents to confirm the qualifications necessary for the Ship's CM operation.

4.3.3 Documentation Required for Ship's CM Approval

4.3.3.1 Condition Monitoring Programme (CMP)

The approved Owner's CM is an integral part of CMP documentation. Furthermore, CMP shall include the following documents to be approved by PRS:

4.3.3.1.1 Equipment Condition Monitoring Methods together with Reference Values of Diagnostic Parameters

For each equipment component covered by CM System, the following information shall be provided for approval:

- detailed description of the condition monitoring techniques applied,
- arrangement sketch of measurement points,
- reference values,
- alarm triggering values agreed with the equipment manufacturer,
- the schedule of diagnostic check-ups,
- condition monitoring result-based actions,
- copies of the relevant documents to confirm the qualifications of measurement-taking personnel.

4.3.3.1.2 Information on Condition Monitoring Equipment

The following shall be submitted to PRS for approval:

- condition monitoring equipment data files (sensors, vibration meters, data collectors and analytical systems,)
- set of calibration and functional certificates for measuring instrumentation.

4.3.3.2 Information on CM System Incorporation into Ship's PMS

All the equipment covered by CM System shall also be covered by PMS. Furthermore, PMS shall enable determining of the testing schedule for specific machinery components depending on the condition monitoring results.

4.3.3.3 Condition Monitoring Result Follow-up Procedures

4.3.3.4 Operating Procedures for Results Nearly, or Exceeding, Alarm Triggering Values

4.4 CM System Certificates

4.4.1 The *Certificate of Owner's CM* is issued for the period not exceeding 5 years. The issue of such a Certificate for further 5 years is subject to the positive result of the implemented CM System analysis performed by PRS.

4.4.2 The *Certificate of Ship's CM* is issued for the period of 5 years, however not beyond the class renewal survey date. The Certificate validity is confirmed during periodical classification surveys of ship. The issue of such a Certificate for further 5 years is subject to the positive result of confirmation surveys.

4.4.3 Where the *Certificate of Owner's CM* has been cancelled, all the *Certificate of Ship's CM* are cancelled automatically.

4.5 Condition Monitoring Methods

4.5.1 Vibration and Acoustic Diagnostics

4.5.1.1 Technology Review

4.5.1.1.1 For the shipborne equipment testing, ultrasonic instruments may be used. Their typical applications are: testing of bearings, gears, pumps, electric motors, valves, leakage detection in pressure or vacuum equipment, such as boilers, heat exchangers, condensers, piping, hydraulic systems as well as arcing tests in the electrical apparatus.

4.5.1.1.2 There are a lot of ultrasound sources. In normal operation condition, bearings generate different sounds from those generated after the defect occurrence. Ultrasound propagation is different from a regular sound wave as it has a circular form which enables accurate measurement and easy determining of the location abnormality source location.

4.5.1.1.3 Ultrasound measurement is focused on the following four basic parameters: RMS, MAX RMS, PEAK and CREST FACTOR. These parameters determine the signal energy and amplitude thus providing information on various irregularities in operation of, for instance, a bearing.

4.5.1.1.4 The parameters may be divided into statical and dynamical. The above mentioned parameters are statical, whereas the dynamic ones are represented by the diagram $\text{dB}\mu\text{V}$ versus time.

4.5.1.1.5 The methods of measurement and analysis of results are subject to PRS verification in each particular case.

4.5.1.2 Technical Documentation

The following documentation shall be submitted to PRS for the ultrasonic testing method acceptance:

- measuring instrument specifications or system overview;
- functional description, user's manual,
- parameters and data collection method;
- calibration certificate and/or other certificates, including conformity certificates;
- measurement points;
- electrical installation diagrams (including power supply circuits), if applicable;
- calculation method;
- testing/analysis procedure;
- list of equipment components (including their present condition).

4.5.2 Thermal Imaging Diagnostics

4.5.2.1 Technology Overview

4.5.2.1.1 Thermal analysis technology enables quick detection of operations irregularities of various equipment components as well as both machinery and electrical installations. Variance in the object's thermal condition reflect the changes in their internal and external temperature. Slow thermal changes may testify to the wear and tear progress whereas fast changes will signify imminent damage.

4.5.2.1.2 Continuous or as frequent as possible measurement within thermal analysis is the condition of the measurement effectiveness. Within that method, the diagnostics may be divided into two stages where the first consists in the analysis of individual thermal photos (thermograms), and the second consists in the analysis of the changes in the selected parameters in microintervals (dynamic changes) and macrointervals (functional changes).

4.5.2.1.3 Thermal imaging techniques are commonly used in that method. They enable infrared radiation measurement. They convert the infrared radiation signal into the thermal image (thermogram). They enable the selection of many functions and continuous analysis of thermal changes, consequently they provide for early detection of the incorrect operation of an object or its component.

4.5.2.1.4 Thermal image investigation may be included in the shipborne machinery installations' CM System for early detection of the equipment operation irregularities.

4.5.2.1.5 Measurement/analysis methods are subject to PRS verification in each particular case.

4.5.2.2 Technical Documentation

The following documentation shall be submitted to PRS for the thermal imaging method acceptance:

- measuring instrument specifications or system overview;
- functional description, user's manual,
- parameters and data collection method;
- calibration certificate and/or other certificates, including conformity certificates;
- recording and storage of measurements taken;
- measurement points;
- electrical installation diagrams (including power supply circuits), if applicable;
- calculation methods used for the assessment of measurements taken;
- testing/analysis procedure;
- list of equipment components (including their present condition).

4.5.3 Oil Analysis

4.5.3.1 Technology Overview

4.5.3.1.1 Variation of physical and chemical properties of oil is a machinery component technical condition diagnostic parameter. As oil is an environment easily communicating on the emergency occurrence, the changes of its properties are a significant indicator enabling early detection of the equipment component damage.

4.5.3.1.2 Physical and chemical analysis is performed for the samples of physical and chemical:

- hydraulic oil,
- lubrication oil,
- thermal oil,
- other types of oil, as necessary.

4.5.3.1.3 Oil samples shall be taken and transferred to be analysed at intervals specified by the Owner, taking account of the manufacturer's recommendations and PRS requirements.

4.5.3.1.4 Representative sample of the whole volume of oil in the installation shall be taken through the drain cock at the oil outlet (before the oil filter) while the equipment is in operation, after some oil has been drained to avoid the sample contamination which might result in the wrong assessment of further usefulness of oil.

4.5.3.1.5 The oil is delivered to the ship together with the sample containers protected against unauthorised opening and provided with labels for the sample description as well as envelope/packaging for the sample shipment by post.

4.5.3.1.6 Oil description shall include the following information:

- Owner's particulars,
- ship name,
- name of the equipment component from which the sample has been taken,
- oil type,
- sampling date,
- oil running hours since the installation was filled,

- volume of oil in the installation,
 - supplementary notes, if necessary,
- and shall be immediately transferred together with the sample to the oil manufacturer's laboratory or to another manufacturer-authorized laboratory.

4.5.3.1.7 The assessment made by the laboratory to be sent to the Owner shall include the following characteristics (as appropriate to the specific oil type):

- viscosity,
- mass density,
- water content,
- chlorides' content (where sea water penetration is possible),
- insoluble contaminants' content,
- total basicity number (TBN),
- total acidity number (TAN),
- chemical composition of contaminants/wear products,
- flash point,
- other parameters, where necessary,
- oil assessment and recommendations (the Owner is responsible for decision-making in respect of further use or taking other measures).

4.5.3.2 Technical Documentation

The following documentation shall be submitted to PRS for the lubrication oil testing method acceptance:

- equipment description (user's manual);
- parameters and data collection method;
- measurement points;
- testing/analysis procedures;
- list of approved laboratories.

4.5.4 Mechanical Vibration Analysis

4.5.4.1 Technology Overview

4.5.4.1.1 Vibration measurement is the method of machinery condition monitoring. Vibration is a harmful consequence of loads due to mechanical energy transmission which leads to the equipment wear and an increase in its failure frequency.

4.5.4.1.2 Periodically taken measurements facilitate detection of the deterioration of specific machinery component condition.

4.5.4.1.3 Measurements taken are compared with the parameters specified in standards or reference values set for each equipment component. The reference value shall be determined through the measurements taken by duly qualified personnel in specified operation conditions representative in view of further operation of such equipment.

4.5.4.1.4 The tendencies confirmed by regular vibration measurement readings enable the identification of defects, tracking their development and repair schedule planning.

4.5.4.1.5 The measurement of vibration intensity, i.e. its velocity and amplitude increase, is the base for the equipment component vibration assessment. The minimum requirements for measuring instruments are specified in standard ISO 10816 and they refer to the root mean square value and velocity [mm/s].

4.5.4.1.6 For turbines, gears, piston pumps and compressors fast Fourier transform analysis is required. This analysis shall be performed by personnel duly trained in vibration or vibration experts. Such specialists shall define, in agreement with PRS, measurement points considering the tested equipment

manufacture's recommendations. The measurement points shall be permanently marked so that subsequent measurements be taken in the same locations.

4.5.4.1.7 Periodical vibration measurements shall be taken by duly trained personnel. As a rule, machinery being in operation permanently shall be checked at intervals not exceeding one month, whereas the machinery being in operation periodically – at intervals not exceeding three months. It is recommended that periodical measurements be taken in the loaded condition as close to the reference values as possible.

4.5.4.1.8 Measurement/analysis methods are subject to PRS verification in each particular case.

4.5.4.2 Technical Documentation

The following documentation shall be submitted to PRS for the vibration testing method acceptance:

- measuring instrument specifications or system overview;
- functional description, user's manual;
- parameters and data collection method;
- measurement points;
- calculation methods;
- testing/analysis procedure;
- list of equipment components (including their present condition).

4.5.4.3 Relations between the exemplary defects and vibration occurring:

Defect type	Predominant vibration component frequency [Hz]	Direction	Notes
1	2	3	4
Revolving elements unbalanced	$1 \times rev./s$	Radial	Common reason for excessive vibration level in the equipment
Misalignment and deflection of shaft	usually $1 \times rev./s$; often $2 \times rev./s$ occasionally 3 and $4 \times rev./s$	Radial and axial	Typical defect
Bearing rolling element damaged	Impact frequency of single element of bearing. Also high-frequency vibration (2 to 60 kHz) often related to radial resonances of bearings	Radial and axial	Unstable vibration level, often with impacts. Impact frequency f (Hz): for damaged outer track of bearing $f = n/2 f_r (1 - BP/PD \cos \beta)$ for damaged inner track of bearing $f = n/2 f_r (1 + BP/PD \cos \beta)$ for damaged rolling element $f = PD/BD f_r [1 - (BD/PD \cos \beta)^2]$ where: β – contact angle, BD – rolling element diameter (ball, roller), PD – pitch diameter, n – number of rolling elements (balls, rollers), f_r – number of revolutions per second of inner track in relation to outer track
Slide bearing clearance in its housing	Subharmonic $rev./s$ of shaft, $1/2$ or $1/3 \times obr./s$	Predominantly radial	Clearance may manifest only at the operational speed and temperature (e.g. turbine machinery).
Oil whirl or run-out in slide-bearing	Slightly lower than half of shaft's $rev./s$	Predominantly radial	Occurs in high-speed machinery (e.g. turbines)
Hysteresis whirl	Critical shaft speed $rev./s$	Predominantly radial	Vibration excited at exceeding critical shaft speed lasts at higher shaft speeds.

1	2	3	4
Gear damaged	Meshing frequency (shaft's <i>rev./s</i> × number of teeth) and harmonics	Radial and axial	Side bands around meshing frequencies testify to modulations (e.g. eccentric) at frequency equal to the spacing of side bands. Usually detectable only by means of narrow-band analysis and cepstrum.
Clearances	$2 \times obr./s$		Both subharmonics and interharmonics, like at slide bearing slackness
Belt transmission damaged	1, 2, 3 and $4 \times rev./s$ of belt	Radial	The problem may usually be identified visually by means of stroboscope
Electrically-excited vibration	$1 \times rev./s$ or 1 or $2 \times$ synchronisation frequency	Radial and axial	Should fade after power supply shut-off.

4.6 Reference Value Measurements

4.6.1 Reference values shall be measured by duly trained personnel.

4.6.2 Measurements shall be taken in accurately defined operational conditions.

4.6.3 Prior to the commencement of measurements, care shall be taken to ensure stable conditions for measurements.

4.6.4 The obtained results shall be assessed to detect defective states. Defects shall be rectified before the reference value has been determined. Where the equipment is subjected to survey in opened up condition or it has been replaced, new reference values shall be determined. New alarm triggering values of diagnostic parameters shall be defined to be applied between surveys in opened up condition.

4.7 Condition Monitoring Survey Scopes

4.7.1 Machinery Components

4.7.1.1 General

Every machinery component included in the list of equipment covered by PMS System may be covered by CM System. Positive result of the component condition monitoring may allow the equipment component internal examination to be waived.

4.7.1.2 Implementation Survey

Reference value measurements for all the equipment covered by CM System shall be verified in its normal operation conditions.

Subject to survey and testing, where necessary, are the following:

- apparatus measuring functions and condition monitoring software,
- equipment/procedures for oil sampling and service,
- vibration measurement installation equipment,
- personnel skills at the operation of condition monitoring instrumentation,
- planned maintenance system and/or the documentation for equipment maintenance in accordance with the manufacturer's instructions.

4.7.1.3 Pumps

Pump reference value measurements shall include, where applicable, the following parameters:

- vibration parameters (vibration spectrum or complete) of all the relevant bearings,
- electric motor power consumption (record shall be entered during the pump operation in normal service conditions) and rotation rate,
- suction head and discharge pressure,
- rotor axial displacement, if applicable.

For installations with pump rotation rate control, all the reference values, including vibration measurements, shall be recorded at the maximum rotation rate.

4.7.1.4 Compressors

Compressor reference value measurements shall include, where applicable, the following parameters:

- vibration parameters (vibration spectrum) of all the relevant bearings,
 - electric motor power consumption (measurement shall be taken at the discharge pressure of 2 bar below the design pressure or below the recommended shut-off pressure, whichever is lower) and rotation rate,
 - lubrication oil pressure.
- Lubrication oil pressure shall be measured at the same discharge pressure.

4.7.1.5 Generators

Generator value measurements shall include, where applicable, the following parameters:

- vibration parameters (vibration spectrum) of all the relevant bearings,
 - rotation rate and power,
- Measurements shall be taken at idle speed to avoid interference in the interesting part of vibration spectrum by motor forces' induction.

4.7.1.6 Confirmation Survey

Essentially, the confirmation survey covers:

- review of planned maintenance system and equipment maintenance documentation,
- crediting those equipment components which were subjected to survey in opened up condition,
- the review of analyses and trends of vibration measurements' data and lubrication oil analyses obtained from the recent confirmation survey,
- verification of crew skills at the operation of condition monitoring equipment,
- equipment calibration status verification.

PRS Surveyor may require that other specific tests be performed.

4.7.2 Turbines

4.7.2.1 General

Monitoring of the condition of turbine and the associated equipment covered by CM System allows the internal examination to be waived. CM System aims to monitor the power transmission system (i.e. bearings, gearing) condition.

4.7.2.2 Implementation Survey

Subject to survey and testing, where necessary, are the following:

- apparatus measuring functions and condition monitoring software,
- equipment/procedures for oil sampling and service,
- vibration measurement installation equipment,
- personnel skills at the operation of condition monitoring instrumentation,
- planned maintenance system and/or the documentation for equipment maintenance in accordance with the manufacturer's instructions.

4.7.2.3 Steam Turbines

Reference values shall be measured in normal service conditions and shall include the following parameters:

- vibration parameters (spectrum) induced by all the relevant bearings,
- vibration parameters measured by permanently fixed monitoring equipment, if applicable,
- axial displacement of rotor, where applicable,
- steam pressure, flow rate and temperature between the inlet and outlet segments and the turbine gland,
- condenser pressure,

- lubrication oil pressure and controller oil pressure,
- rotation rate and torque.

4.7.2.4 Gas Turbines

Reference values shall be measured in normal service conditions and shall include the following parameters:

- atmospheric air temperature, pressure and humidity,
- fuel calorific value,
- vibration parameters (spectrum) of all the relevant bearings,
- parameters of vibration measured by permanently fixed monitoring equipment, where applicable,
- axial displacement of rotor(s),
- air temperature and pressure at the compressor inlet and outlet,
- combustion temperature,
- fuel flow rate,
- exhaust gas temperature and pressure at the inlets and outlets of the exhaust gas generator turbine and power turbine,
- lubrication oil pressure and oil pressure in the controller,
- rotation rate and torque.

4.7.2.5 Reduction Gearing

Reduction gearing reference value measurements shall cover, where applicable, the following parameters:

- vibration parameters (vibration spectrum) of all the relevant bearings to be measured at the sampling frequency at least twice the meshing frequency,
- shaft axial displacement (by means of built-in equipment), where applicable,
- lubrication oil pressure in bearings,
- rotation rate and torque.

4.7.2.6 Turbine-driven Generators

Reference value measurements shall cover:

- vibration parameters (spectrum) of all the relevant bearings,
- load (not less than 80% of rated power), and
- rotation rate.

4.7.2.7 Confirmation Survey

Essentially, the confirmation survey covers:

- review of planned maintenance system and equipment maintenance documentation,
- review of analyses and trends of vibration measurements' data and lubrication oil analyses obtained from the recent confirmation survey,
- verification of crew skills at the operation of condition monitoring equipment,
- equipment calibration status verification.

PRS Surveyor may require that other specific tests be performed.
