

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY

PUBLIKACJA NR 28/P

PRÓBY SILNIKÓW SPALINOWYCH

2016

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



GDĄŃSK

Publikacja 28/P – Próby silników spalinowych – 2016, została zatwierdzona przez Zarząd Polskiego Rejestru Statków S.A. w dniu 16 maja 2016 r. i wchodzi w życie z dniem 1 lipca 2016 r.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2016

PRS/OP, 05/2016

SPIS TREŚCI

	Str.
1 Próba typu silników spalinowych	5
1.1 Postanowienia ogólne	5
1.2 Pomiary i zapisy	7
1.3 Etap A – wewnętrzne próby zakładowe	7
1.4 Etap B – próba klasyfikacyjna typu	8
1.5 Etap C – oględziny części silnika	10
2 Próby zdawczo-odbiorcze silników spalinowych	11
2.1 Postanowienia ogólne	11
2.2 Próby na stanowisku u producenta (odbiorcy fabryczne)	11
2.3 Zakres prób u producenta (obciążenia próbne)	12
2.4 Próby na statku	14

1 PRÓBA TYPU SILNIKÓW SPALINOWYCH

1.1 Postanowienia ogólne

1.1.1 Próba typu silnika spalinowego obejmuje zatwierdzenie dokumentacji (w zakresie wymaganym w 1.3.2, część VII), zatwierdzenie specyfikacji, sprawdzenie zgodności z produkcją, zatwierdzenie programu prób typu, przeprowadzenie prób typu silników, przegląd uzyskanych wyników oraz wystawienie Świadectwa uznania typu przez PRS.

1.1.2 Próba typu wymagana jest dla każdego nowego typu silnika przeznaczonego do zainstalowania na statku objętym nadzorem klasyfikacyjnym. Próba typu przeprowadzona dla określonego typu silnika w dowolnym miejscu jego wytwarzania będzie akceptowana dla wszystkich silników tego samego typu zbudowanego przez licencjobiorcę lub licencjodawcę, jeśli wytwórnia została zaakceptowana przez PRS.

1.1.3 Typ silnika określany jest poprzez:

- .1 średnicę cylindra i skok;
- .2 sposób wtrysku (bezpośredni lub pośredni);
- .3 działanie zaworu oraz wtrysku (sterowanie krzywkami lub elektroniczne);
- .4 rodzaj paliwa (płynne, płynne-gazowe, gazowe);
- .5 cykl pracy (4- suwowy, 2-suwowy);
- .6 system turbodoładowania (ciśnienie pulsacyjne lub stałe);
- .7 system chłodzenia powietrza doładowującego (np. z udziałem lub bez udziału chłodnicy międzystopniowej);
- .8 układ cylindrów (rzędowy lub widlasty)¹⁾;
- .9 moc cylindra, prędkość obrotowa i ciśnienie w cylindrze²⁾.

Uwagi:

¹⁾ Jedna próba typu będzie odpowiednia do objęcia zakresu różnych liczb cylindrów. Próba typu silnika z układem rzędowym nie zawsze może objąć wersję z układem widlastym. Pod warunkiem osobnej zgody poszczególnych towarzystw, mogą być wymagane osobne próby typu dla silnika w układzie widlastym. Z drugiej strony, próba typu silnika w układzie widlastym obejmuje silniki w układzie rzędowym, dla których średnie ciśnienie efektywne wyznaczone na hamowni (BMEP) nie jest wyższe.

²⁾ Silnik posiada zatwierdzenie typu w zakresie wartości parametrów mocy znamionowej i ciśnienia z próby (100% wartości odpowiadającej maksymalnej ciągłej mocy znamionowej (MCR)). Można zezwolić (przy zatwierdzonym projekcie*) na nieprzeprowadzenie nowej próby typu, pod warunkiem przedstawienia udokumentowanego dowodu pozytywnych doświadczeń eksploatacyjnych silników z klasyfikowanymi wartościami znamionowymi (100 %), jeśli zwiększenie niżej wymienionych wartości parametrów w porównaniu z wartościami dotyczącymi silnika poddanego próbom typu, mieści się w granicach:

- .1 5% maksymalnego ciśnienia spalania, lub
- .2 5% średniego ciśnienia efektywnego, lub
- .3 5% obrotów na minutę.

* dotyczy tylko obliczeń i rysunków wałów korbowych, jeśli zostały zmodyfikowane.

Jeśli moc maksymalna nie została zwiększona o więcej niż 10%, można zezwolić na zwiększenie wartości maksymalnej zatwierdzonej mocy bez nowej próby typu, pod warunkiem przedstawienia analizy technicznej oraz dowodu pozytywnych doświadczeń eksploatacyjnych w podobnych obszarach zastosowań (nawet jeśli nie podlegają klasyfikacji) lub przedstawienia dokumentacji zakładowego badania wewnętrznego, a zwiększenie wartości parametrów znamionowych, w porównaniu z wartościami dotyczącymi silnika poddanego próbom typu, mieści się w granicach:

- .1 10% maksymalnego ciśnienia spalania, lub
- .2 10% średniego ciśnienia efektywnego, lub
- .3 10% obrotów na minutę (rpm).

1.1.4 Silnik o obniżonych wartościach znamionowych

Jeśli dokumentacja silnika została zatwierdzona, a zakładowe próby wewnętrzne na etapie A zostały udokumentowane dla większej mocy znamionowej niż w próbach typu, zatwierdzenie typu może być rozszerzone do zwiększonej mocy/średniego ciśnienia efektywnego (mep)/obrotów rpm, po przedstawieniu Sprawozdania z prób silnika o zwiększonych parametrach znamionowych uwzględniającego pomiary parametrów pracy przy:

- .1 Próbie przy nadmiernej prędkości obrotowej (tylko w przypadku zwiększenia prędkości znamionowej),
- .2 Mocy znamionowej, tj. 100% mocy przy znamionowym (100 %) momencie obrotowym i znamionowej (100%) prędkości obrotowej mierzonej w punkcie pracy 1; 2 pomiary w odstępie jednej godziny;
- .3 Maksymalnym dopuszczalnym momencie obrotowym (zwykle 110%) przy znamionowej (100 %) prędkości obrotowej mierzonej w punkcie pracy 3 lub maksymalnej dopuszczalnej mocy (zwykle 110%) oraz przy prędkości obrotowej zgodnej z nominalną krzywą śrubową mierzonej w punkcie pracy 3a, w czasie pół godziny;
- .4 Mocy 100% przy maksymalnej dopuszczalnej prędkości obrotowej mierzonej w punkcie pracy 2, w czasie pół godziny.

1.1.5 Próba zintegrowania

Próba zintegrowania przeprowadzana jest w celu potwierdzenia, że reakcja kompletnego systemu mechanicznego, hydraulicznego i elektronicznego jest taka, jaka może być założona dla odbioru osobno zatwierdzanych podsystemów (turbodoładowania, sterowania silnikiem, zasilania dwupaliwowego, przetwarzania gazowych produktów spalania, itp.). Zakres tych prób powinien być zaproponowany przez projektanta/licencjodawcę, po uwzględnieniu ich oddziaływania na silnik.

1.1.6 Środki bezpieczeństwa

1.1.6.1 Przed wykonaniem rozruchu próbnego, producent/stocznia powinien udostępnić całe odpowiednie wyposażenie bezpieczeństwa personelu uczestniczącego w próbach, które powinno być sprawne, a prawidłowość jego funkcjonowania powinna być sprawdzona.

1.1.6.2 Powyższe dotyczy szczególnie zabezpieczeń przed wybuchem skrzyni korbowej, ale także zabezpieczeń przed nadmiernymi obrotami oraz wszelkich innych systemów wyłączów awaryjnych.

1.1.6.3 Przed wykonaniem próby należy także przeprowadzić inspekcję osłon przewodów paliwowych wysokiego ciśnienia oraz odpowiednio osłonić złącza rurowe (zgodnie z wymaganiami podanymi w 1.4.8.1).

1.1.6.4 Należy przeprowadzić także próbę blokady urządzenia obracającego, jeśli zostało zainstalowane.

1.1.7 Zakres próby typu

Próba typu podzielona jest na trzy etapy:

- .1 Etap A – wewnętrzne próby zakładowe.
- .2 Etap B – próby klasyfikacyjne typu, przeprowadzane na hamowni u producenta, w obecności inspektora PRS.
- .3 Etap C – oględziny części silnika, w zakresie wymaganych przez inspektora PRS.

1.1.8 Kompletny program prób typu podlega zatwierdzeniu PRS. Zakres uczestnictwa inspektora PRS w próbach powinien być w każdym przypadku uzgodniony, powinien on być jednak obecny co najmniej przy etapach B i C.

1.1.9 Próby przeprowadzane przed próbami zatwierdzenia typu (etap B i C) są także uznawane za część kompletnego programu prób typu.

1.1.10 Po zakończeniu kompletnego cyklu prób typu (etapy A do C), należy przedstawić PRS do przeglądu sprawozdanie z prób typu. Sprawozdanie to powinno zawierać:

- .1 Ogólny opis prób przeprowadzonych podczas etapu A. Kierownictwo zapewnienia jakości producenta powinno zachować zapisy w celu ich przedstawienia PRS;
- .2 Szczegółowy opis prób pod obciążeniem oraz prób funkcjonalnych przeprowadzonych podczas etapu B;
- .3 Wyniki przeglądu przeprowadzonego podczas etapu C.

1.1.11 Podczas etapu A zostaną zwykle przeprowadzone próby specjalne, takie jak niskocyklowe badania zmęczeniowe (LCF)¹⁾ oraz próby wytrzymałościowe.

Uwaga:

¹⁾ LCF- oznacza części, które będą poddane niskocyklowym badaniom zmęczeniowym, takie jak części "gorące", gdy często pracują w zakresach obciążeń od biegu jałowego przez pełne obciążenie do biegu jałowego (przy szybkim wzroście obciążenia).

1.1.12 Silniki wysokoobrotowe do zastosowań morskich powinny być zwykle poddawane próbie wytrzymałościowej przy pełnym obciążeniu trwającej 100 godzin. Można rozważyć pominięcie lub uproszczenie próby typu poza zakresami podanymi w 1.1.3 dla silników z długą praktyką eksploatacyjną w zastosowaniach niemorskich lub rozszerzenie takiej próby w przypadku silników dobrze znanego typu.

1.1.13 Silniki napędowe jednostek szybkich, które mogą doświadczać częstych zmian obciążeń od biegu jałowego do obciążenia pełnego powinny być zwykle podawane próbom przy co najmniej 500 cyklach (od biegu jałowego przez pełne obciążenie do biegu jałowego) przy najszybszym wzroście obciążenia na jaki pozwala system sterowania (lub zgodnie z podręcznikiem obsługi, przy braku sterowania automatycznego). Czas trwania powinien wystarczać do uzyskania stałej temperatury części gorących.

1.2 Pomiary i zapisy

1.2.1 Podczas wszystkich prób należy prowadzić zapisy dotyczące warunków otoczenia (temperatura powietrza, ciśnienie atmosferyczne i wilgotność).

1.2.2 Należy prowadzić pomiary i zapisy co najmniej następujących parametrów silnika:

- .1 Prędkość obrotowa;
- .2 Moment obrotowy;
- .3 Maksymalne ciśnienie spalania dla każdego cylindra¹⁾;
- .4 Średnie ciśnienie indykowane dla każdego cylindra¹⁾;
- .5 Ciśnienie i temperatura powietrza doładowującego;
- .6 Temperatura gazów wylotowych;
- .7 Położenie listwy paliwa lub podobny parametr związany z obciążeniem silnika;
- .8 Prędkość turbodoładowarki;
- .9 Wszystkie parametry silnika, które są wymagane w celu sterowania i kontroli parametrów pracy (napędu, mechanizmów pomocniczych i awaryjnych).

Uwagi:

¹⁾ W przypadku silników, których standardowe głowice cylindrów nie są konstrukcyjnie przystosowane do takich pomiarów, można zastosować specjalną głowicę przystosowaną do tego celu. W takim przypadku pomiary mogą być prowadzone jak dla etapu A i powinny być one odpowiednio dokumentowane. Jeśli uznano to za niezbędne, np. w przypadku silników z zasileniem dwupaliwowym, pomiar maksymalnego ciśnienia spalania oraz średniego ciśnienia indykowanego może być przeprowadzony przy użyciu metod pośrednich, pod warunkiem że udokumentowano wiarygodność metody pomiaru.

Nadzorujący inspektor PRS powinien otrzymać do przeglądu zapisy dotyczące kalibracji przyrządów użytych do uzyskania danych wymienionych powyżej.

W związku z oceną konstrukcji mogą być wymagane dodatkowe pomiary.

1.3 Etap A – wewnętrzne próby zakładowe

1.3.1 Podczas prób zakładowych silnik powinien być poddany próbom działania w punktach pracy istotnych dla projektanta, a odpowiednie wartości parametrów pracy powinny zostać udokumentowane zapisami. Próby stanów obciążeń powinny obejmować także próby podane w mającym zastosowanie programie prób.

1.3.2 Praca normalna

Praca normalna obejmuje próby przynajmniej dla następujących obciążeń:

- punkty pracy przy obciążeniu wynoszącym 25%, 50%, 75%, 100% i 110% maksymalnej znamionowej mocy silnika dla pracy ciągłej, leżące na nominalnej (teoretycznej) krzywej śrubowej oraz przy stałej prędkości obrotowej dla silników głównych (przy stosowanym trybie pracy, tj. przy napędzie

- śrub ze skokiem zmiennym) i przy stałej prędkości obrotowej dla silników zespołów prądotwórczych włącznie z próbą bez obciążenia przy prędkości znamionowej;
- punkty graniczne dopuszczalnego zakresu pracy. Punkty te powinny być określone przez producenta silnika;
 - dla silników wysokoobrotowych – próba przy pełnym obciążeniu i czasie trwania 100 godzin oraz niskocyklowa próba zmęczeniowa, wymagane w związku z oceną konstrukcji;
 - specyficzne próby części silnika wymagane przez PRS lub podane przez projektanta.

1.4 Etap B – próba klasyfikacyjna typu

Próby w podanym niżej zakresie powinny być przeprowadzone w obecności inspektora PRS. Wyniki prób należy zapisać w sprawozdaniu z prób, które powinno być podpisane przez nadzorującego inspektora po zakończeniu prób.

Przed próbami na hamowni producent powinien przedłożyć inspektorowi PRS obliczony błąd pomiaru mocy silnika na hamowni, świadectwo uwierzytelnienia hamulca oraz pozostałych przyrządów pomiarowych. Jeżeli tego świadectwa nie ma, należy dokonać sprawdzenia hamulca w obecności inspektora PRS w sposób podany przez producenta hamulca.

Parametry i ustawienia silnika powinny być zgodne z podanymi w instrukcji obsługi.

W sprawozdaniu powinny być ujęte parametry paliwa i olejów smarowych użytych podczas próby.

1.4.1 Należy przeprowadzić próbę zwiększonej prędkości obrotowej (nadobrotów), która powinna wykazać, że silnik nie zostanie uszkodzony poprzez zatrzymanie w zakresie nastawy nadobrotów. Próba może być przeprowadzona zgodnie z życzeniem producenta z obciążeniem lub bez obciążenia podczas zadawania nadobrotów.

1.4.2 Punkty pracy

Punkty pracy, według których silnik ma pracować na hamowni, są wskazane na wykresie mocy w funkcji prędkości obrotowej (patrz rys. 1.4.5).

Wielkości zmierzone w czasie prób silnika w różnych punktach pracy powinny zawierać wszystkie parametry niezbędne podane w 1.2.

Czas pracy silnika w każdym punkcie pracy zależy od wielkości silnika (konieczność osiągnięcia przez silnik przy pomiarze stanu stabilnej pracy) i od czasu niezbędnego dla dokonania odczytów na wszystkich przyrządach pomiarowych. W zasadzie czas ok. 0,5 godz. jest wystarczający dla każdego punktu pracy, należy jednak przeznaczyć wystarczający czas na oględziny inspektora.

1.4.3 Parametry pracy silnika należy mierzyć w poniższych punktach pracy, zaznaczonych na rys. 1.3.1.

- 1** moc znamionowa (MCR), tj. 100% mocy przy znamionowym (100%) momencie obrotowym i znamionowej (100%) prędkości obrotowej – punkt 1; zwykle przez 2 godziny z zapisywaniem danych i z przerwą 1 godziny. Jeśli wymagana jest praca silnika w zakresie określonym przez jego specyficzny system alarmowy (np. przy poziomach alarmowych ciśnienia oleju smarnego i temperatury wlotu), próbę należy przeprowadzić dla tego zakresu.
- 2** 100% mocy przy maksymalnej dopuszczalnej prędkości obrotowej – punkt 2;
- 3** maksymalny dopuszczalny moment obrotowy (zwykle co najmniej 110%) przy pełnej znamionowej prędkości obrotowej – punkt 3 lub maksymalna dopuszczalna moc (zwykle co najmniej 110%) przy prędkości obrotowej 103.2%, zgodnie z teoretyczną krzywą śrubową – punkt 3a;
Punkt pracy 3a dotyczy silników napędu tylko pędników o stałym skoku lub pędników strugowodnych. Punkt pracy 3 dotyczy wszystkich innych zastosowań. Punkt pracy 3 (lub 3a jeśli ma zastosowanie) powinien być zastąpiony obciążeniem odpowiadającym określonemu przeciążeniu i czasowi trwania zatwierdzonym dla pracy przerywanej. Dotyczy to sytuacji, gdy wartość takiego przeciążenia przekracza 110% mocy znamionowej (MCR). W przypadku gdy zatwierdzona wartość przeciążenia przerywanego jest mniejsza niż 110% MCR, przedmiotowa wartość przeciążenia powinna być użyta zamiast punktu 100% MCR. W takim przypadku ma nadal zastosowanie punkt pracy przy 110% MCR.
- 4** minimalna dopuszczalna prędkość obrotowa przy znamionowym momencie obrotowym równym 100% – punkt 4;

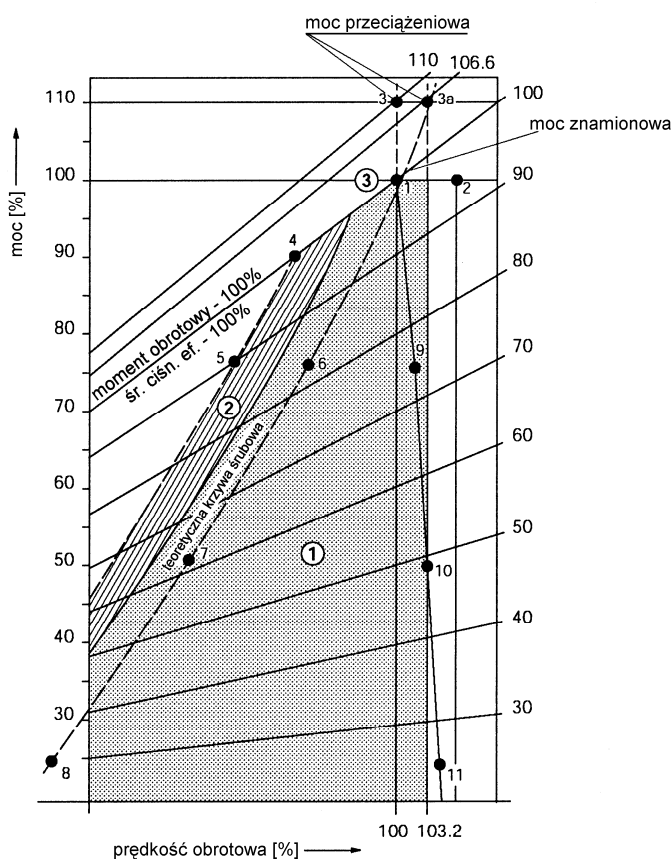
- .5 minimalna dopuszczalna prędkość obrotowa przy momencie obrotowym równym 90% znamionowego – punkt 5 (dotyczy tylko silników głównych);
- .6 moce częściowe, np. 75%, 50%, 25% mocy znamionowej przy prędkościach obrotowych, wynikających dla tych mocy z teoretycznej krzywej śrubowej (tj. 90.8%, 79.3% oraz 62.9%) przechodzącej przez punkty 6, 7 i 8 lub przy stałych ustawieniach prędkości obrotowych odpowiadających punktom 9, 10 oraz 11, w zależności od zamierzonego zastosowania silnika;
- .7 silniki wozdzikowe, co do których zastosowania z pędnikami o zmiennym skoku nie ma ograniczeń, powinny być poddawane próbom bez obciążeń przy maksymalnej dla danego silnika dopuszczalnej prędkości obrotowej.

1.4.4 W tych wszystkich punktach pracy parametry silnika powinny mieścić się w ustalonych i zatwierdzonych zakresach.

1.4.5 Praca z uszkodzoną turbosprężarką

1.4.5.1 Dla silników dwusuwowych, należy określić osiągalną moc stałą przy pracy z uszkodzoną turbosprężarką.

1.4.5.2 Silniki przeznaczone do pojedynczego napędu z pędnikiem o stałym skoku powinny być zdolne do pracy z prędkością obrotową wynoszącą 40% pełnej prędkości obrotowej wynikającą z teoretycznej krzywej śrubowej, gdy jedna z turbosprężarek jest niesprawna. (Próba może być przeprowadzona poprzez obejście turbosprężarki, unieruchomienie wału wirnika turbosprężarki lub przez wyjęcie wirnika).



- ① = zakres pracy ciągłej
- ② = zakres pracy przerywanej
- ③ = zakres krótkotrwałego przeciążenia

Rys. 1.4.1. Charakterystyka mocy w funkcji prędkości obrotowej

1.4.6 Próby funkcjonalne

- .1 Weryfikacja najniższej prędkości obrotowej silnika głównego zgodnie z teoretyczną krzywą śrubową, podanej przez projektanta silnika (mimo że silnik pracuje na hamulcu wodnym). Podczas tej próby nie powinien aktywować się alarm.
- .2 Próby rozruchów dla silników nienawrotnych i/lub próby rozruchu i nawrotu dla silników nawrotnych, w celu określenia minimalnego ciśnienia powietrza rozruchowego i jego zużycia.
- .3 Próby regulatora obrotów: należy przeprowadzić próby na zgodność z wymaganiami UR M 3.1 oraz UR M 3.2.

1.4.7 Próba zintegrowania

1.4.7.1 W przypadku silników wysokoprężnych sterowanych elektronicznie próba zintegrowania powinna potwierdzić, że reakcja kompletnego systemu mechanicznego, hydraulicznego i elektronicznego jest taka jaką założono dla wszystkich przewidywanych trybów pracy. Zakres tych prób powinien być uzgodniony z PRS dla wybranych przypadków, w oparciu o analizę stanów awaryjnych i ich skutków (FMEA) wymaganych w UR M44.

1.4.8 Środki ochrony przeciwpożarowej

1.4.8.1 Silniki należy poddawać przeglądom w celu sprawdzenia:

- .1 obudowy przewodów paliwowych wysokiego ciśnienia, włącznie z systemem wykrywania przecieków oraz właściwej osłony połączeń rurowych w przewodach przewodzących ciecz palną;
- .2 właściwej izolacji gorących powierzchni podczas pracy silnika przy pełnym (100%) obciążeniu, alternatywnie przy przeciążeniu zatwierdzonemu dla pracy przerywanej. Odczyty temperatur powierzchni należy prowadzić przy użyciu sprzętu termograficznego pracującego na podczerwień. Uzyskane odczyty należy wrywkowo weryfikować przy użyciu termometrów kontaktowych.

1.5 Etap C – oględziny części silnika

1.5.1 Należy mierzyć ugięcie wału korbowego w warunkach określonych przez projektanta (z wyjątkiem silników, dla których nie określono takich warunków).

1.5.2 Silniki wysokoobrotowe do zastosowań morskich powinny być zwykle rozebrane do całkowitego przeglądu po próbie typu.

1.5.3 Dla wszystkich pozostałych silników, po zakończeniu prób, należy przedstawić do oględzin następujące części jednego cylindra dla silników o układzie rzędowym i dwu cylindrów dla silników o układzie widlastym (w przypadku silników z długą praktyką eksploatacyjną w zastosowaniach niemorskich zakres ten może być zredukowany):

- .1 tłok wymontowany i rozłożony;
- .2 łożysko wodzikowe, rozłożone;
- .3 płaszczyzny prowadnic;
- .4 łożyska korbowodu (duży i mały koniec) rozłożone (z szczególnym uwzględnieniem ząbkowania oraz korozji ciernej na powierzchniach styku ze ściankami łożysk);
- .5 łożysko główne, rozłożone;
- .6 tuleję cylindrową, bez demontażu;
- .7 głowicę cylindrową, przy zdemontowanych zaworach;
- .8 elementy napędu wału rozrządu, wał rozrządu i skrzynię korbową ze zdjętymi pokrywami. (Powinno być możliwe obracanie silnika obracarką w celu przeprowadzenia oględzin)

1.5.4 W przypadku silników o układzie widlastym, cylindry do przeglądu należy wybrać z obu rzędów i z różnych wykorbień.

1.5.5 Inspektor może uznać za niezbędne dalsze rozmontowanie silnika.

2 PRÓBY ZDAWCZO-ODBIORCZE SILNIKÓW SPALINOWYCH

2.1 Postanowienia ogólne

2.1.1 Przed rozpoczęciem prób silniki powinny być poddane wstępnemu rozbiegowi zgodnie z instrukcjami producenta silnika.

2.1.2 Należy zapewnić warunki stanowiska prób (hamowni) odpowiednie dla obciążeń wymaganych w 2.3. Wszystkie ciecze stosowane do prób, takie jak paliwa, oleje smarne i woda chłodząca powinny być odpowiednie do założonego zadania, np. powinny być czyste, wstępnie podgrzane jeśli jest to niezbędne i nie powodować uszkodzeń części silnika. Dotyczy to wszystkich cieczy stosowanych w próbach okresowo lub wielokrotnie.

2.1.3 Próby składają się z prób u producenta i prób na statku (na nabrzeżu i w morzu).

2.1.4 Silniki należy poddać przeglądowi w celu sprawdzenia:

- .1 osłon przewodów paliwowych wysokiego ciśnienia, włącznie z systemem wykrywania przecieków;
- .2 właściwej osłony połączeń rurowych w przewodach przewodzących ciecze palne;
- .3 właściwej izolacji gorących powierzchni poprzez odczyty temperatury przeprowadzane wyrzykowo, które należy porównywać z odpowiadającymi odczytami uzyskanymi podczas prób typu. Należy to przeprowadzać przy silniku pracującym z mocą znamionową. Stosowanie termometrów kontaktowych jest dopuszczalne za zgodą inspektora uczestniczącego w próbach. W przypadku gdy izolacja została zmodyfikowana po próbie zatwierdzenia typu PRS może wnioskować o pomiar temperatury zgodnie z wymaganiami 1.4.8.1.2.

2.1.5 Przeglądy te zwykle powinny być przeprowadzane podczas prób u producenta przez producenta oraz inspektora nadzorującego, ale za zgodą PRS część z tych przeglądów może być przełożona do czasu prób na statku.

2.2 Próby na stanowisku u producenta (odbiorczy fabryczne)

Próby na stanowisku u producenta są końcowym etapem nadzoru PRS nad produkowanym silnikiem, a po pomyślnym ich zakończeniu PRS wystawia metrykę silnika.

Próby na stanowisku u producenta należy przeprowadzić w zakresie podanym w 2.3. Zmniejszenie zakresu prób wymaga zgody PRS.

2.2.1 Należy prowadzić zapisy dotyczące poniższych warunków prób środowiskowych

- .1 temperatury otoczenia;
- .2 ciśnienia atmosferycznego otoczenia;
- .3 wilgotności atmosferycznej.

2.2.2 Dla każdego wymaganego punktu pracy należy zwykle prowadzić zapisy następujących parametrów:

- .1 mocy i prędkości obrotowej;
- .2 indeks paliwa (lub parametr równoważny);
- .3 maksymalne ciśnienie spalania (tylko wówczas gdy konstrukcja zainstalowanych głowic cylindrów pozwala na taki pomiar);
- .4 temperatura gazów wylotowych przed turbiną i z każdego cylindra (w zakresie, w jakim wymagany jest monitoring w UR M73 oraz UR M35/36);
- .5 temperatura powietrza doładowującego;
- .6 ciśnienie powietrza doładowującego;
- .7 prędkość obrotowa turbodoładowarki (w zakresie, w jakim wymagany jest monitoring w UR M73).

2.2.3 Zapisy dotyczące kalibracji przyrządów pomiarowych należy przedstawić nadzorującemu inspektorowi PRS, na jego wniosek.

2.3 Zakres prób u producenta (obciążenia próbne)

Producent silnika powinien zmierzyć i odnotować odpowiednie parametry eksploatacyjne silnika poddanego próbom. Wszystkie wyniki powinny być zestawione w sprawozdaniu z prób, opracowanym przez producenta silnika.

W każdym przypadku wszystkie pomiary przeprowadzone dla różnych punktów pracy powinny być dokonane po osiągnięciu stanu stabilnej pracy silnika. Dla punktu pracy przy 100% mocy **znamionowej MCR** (**maksymalna stała** moc znamionowa przy znamionowej prędkości obrotowej) należy wykonać dwa odczyty parametrów w odstępie czasu **zwykle 30 minut**.

Poniższy zakres prób może ulec rozszerzeniu w zależności od zastosowania silnika, historii **eksploatacyjnej lub innych odpowiednich czynników**.

Uwaga: producent i PRS mogą uzgodnić próby alternatywne do prób szczegółowych, w przypadku gdy ogólny ich zakres można uznać za równoważny.

2.3.1 Silniki główne napędzające **tylko śrubę napędową lub wirnik**

Należy przeprowadzić próby ruchowe dla następujących punktów pracy:

- 1 100% mocy (moc **MCR**) – przy znamionowej prędkości obrotowej n_0 – co najmniej przez 60 min.;
- 2 110% mocy przy obrotach $n = 1,032n_0$: **zapisy należy dokonywać po 15 minutach lub po ustabilizowaniu pracy silnika, przyjmując czas krótszy**;

Uwaga:

Próba wymagana jest tylko raz dla każdej indywidualnej konfiguracji silnik/turbodoładowarka.

- 3 **Zatwierdzone przerywane przeciążenie** (jeśli ma zastosowanie): czas trwania uzgodniony z producentem;
- 4 90% (**lub normalna stała** moc eksploatacyjna), 75%, 50% i 25% mocy – zgodnie z teoretyczną krzywą śrubową, **kolejność powinna być dobrana przez producenta silnika**;
- 5 próbę nawrotów (jeśli ma zastosowanie)

Uwaga:

Po zakończeniu prób na hamowni układ podawania paliwa należy wyregulować tak, aby w czasie eksploatacji nie mogła być przekazywana moc przeciążenia, chyba że okresowe przeciążenie mocą jest zatwierdzone przez PRS. W tym przypadku układ podawania paliwa powinien być zablokowany do tej mocy.

2.3.2 Silniki napędzające **prądnice napędu elektrycznego**

Należy przeprowadzić próby ruchowe dla następujących punktów pracy:

- 1 100% mocy (moc znamionowa MCR) – przy **właściwej** prędkości obrotowej n_0 , – co najmniej 60 min.;
- 2 110% mocy – przy prędkości obrotowej n_0 : 15 minut – po osiągnięciu stanu stabilnej pracy silnika;
- 3 Należy przeprowadzić próby regulatora **obrotów** na zgodność z UR M3.1 oraz M3.2.
- 4 **75%, 50%, 25% mocy oraz nieobciążony, kolejność powinna być dobrana przez producenta silnika.**

Uwaga:

Po zakończeniu prób na hamowni układ podawania paliwa należy wyregulować tak, aby w czasie eksploatacji **po zainstalowaniu na statku** możliwe było obciążenie silnika pełną mocą z dodatkowym 10% marginesem na regulację przejściową. Wymagana jest zdolność do przejściowego przeciążenia tak, aby wymagane charakterystyki regulacji przejściowej były osiągnięte także przy pełnym (100%) obciążeniu silnika oraz aby system zabezpieczenia stosowany w elektronicznym systemie rozdziału mógł być aktywowany przed zgaśnięciem silnika.

2.3.3 Silniki napędzające **prądnice mechanizmów pomocniczych**

Próby należy przeprowadzić w zakresie takim, jak podano w 2.3.2.

2.3.4 Silniki główne napędzające dodatkowo prądnice pobierające moc (PTO)

- .1 100% mocy (moc znamionowa MCR) – przy właściwej prędkości obrotowej n_0 , – co najmniej 60 min;
- .2 110% mocy – przy prędkości obrotowej n_0 : 15 minut – po osiągnięciu stanu stabilnej pracy silnika;
- .3 zatwierdzone przerywane przeciążenie (jeśli ma zastosowanie): czas trwania uzgodniony z producentem;
- .4 90% lub normalna stała moc eksploatacyjna, 75%, 50% i 25% mocy – zgodnie z teoretyczną krzywą śrubową lub przy stałej prędkości n_0 , kolejność powinna być dobrana przez producenta silnika;

Uwaga: Po zakończeniu prób na hamowni układ dopływu paliwa należy wyregulować tak, aby w czasie eksploatacji po zainstalowaniu na statku możliwe było obciążenie silnika pełną mocą z dodatkowym marginesem na regulację przejściową. Wymagana jest zdolność do przejściowego przeciążenia tak, aby elektryczne zabezpieczenie elementów systemu dopływu paliwa mogło być aktywowane przed zgaśnięciem silnika. Można przyjąć margines 10% mocy silnika, ale nie mniej niż 10% mocy (PTO).

2.3.5 Silniki napędów pomocniczych

- .1 100% mocy (moc znamionowa MCR) – przy znamionowej prędkości obrotowej n_0 , – co najmniej 30 min;
- .2 110% mocy przy prędkości obrotowej n_0 : 15 minut – po osiągnięciu stanu stabilnej pracy silnika;
- .3 zatwierdzone okresowe przeciążenie (jeśli ma zastosowanie): czas trwania uzgodniony z producentem;
- .4 dla silników o zmiennych prędkościach obrotowych, 75%, 50% i 25% mocy zgodnie z teoretyczną krzywą śrubową lub przy stałej prędkości n_0 , kolejność powinna być dobrana przez producenta silnika.

Uwaga: Po zakończeniu prób na hamowni układ dopływu paliwa należy wyregulować tak, aby w czasie eksploatacji nie mogła być przekazywana moc przeciążenia, chyba że zatwierdzono okresowe przekazywanie takiej mocy. W takim przypadku układ dopływu paliwa powinien być zablokowany do tej mocy.

2.3.6 Dopasowanie turbodoładowarki do silnika

2.3.6.1 Turbodoładowarki powinny posiadać taką charakterystykę sprężarki aby silnik, do którego jest przeznaczona pracował bez niestateczności obrotów w każdych warunkach, a także po przedłużonym działaniu. W warunkach odbiegających od normy, nawet jeśli są dozwolone, takich jak brak zapłonu i nagły spadek mocy, nie powinna występować ciągła niestateczność pracy.

Uwaga: niestateczność pracy oznaczają zjawisko, które przejawia się drganiami o wysokiej częstotliwości na poziomie słyszalności lub wybuchu, podobnym do odgłosów z rejonu przedmuchu silnika. Ciągłość niestateczności obrotów oznacza, że występuje ona powtarzając się i niejednorazowo.

2.3.6.2 Turbodoładowarki kategorii C stosowane przy silnikach głównych należy sprawdzić pod względem bezpiecznego zapasu dla statecznej pracy podczas prób silników u producenta, w sposób podany niżej. Od prób tych można odstąpić w przypadku, gdy wcześniejsze próby przy identycznej konfiguracji silnika z turbodoładowarką zostały zakończone z wynikiem pozytywnym (włącznie z niektórymi pierścieniami dysz).

Uwaga: Parametrem kategorii turbodoładowarek (A, B, C) jest moc silnika (MCR) dostarczona przez grupę cylindrów obsługiwaną przez aktualną turbodoładowarkę (np. dla silnika w układzie widlastym z jedną turbodoładowarką na każdy rząd jest to połowa całkowitej mocy silnika). W przypadku turbodoładowarek kategorii C, moc silnika (MCR) dostarczona przez grupę cylindrów jest większa niż 2500 kW (patrz UR M73).

Dla silników czterosuwowych

Należy wykonać następujące działania bez wskazywania niestateczności pracy:

- .1 przy maksymalnej stałej mocy i prędkości obrotowej (100%), należy zmniejszyć prędkość przy stałym momencie obrotowym (wskaźnik paliwowy) do 90 % mocy;
- .2 przy 50% mocy i 80 % prędkości obrotowej (charakterystyka pędnika ze stałym skokiem), prędkość obrotową należy zmniejszyć do 72% utrzymując stały moment obrotowy (wskaźnik paliwowy).

Dla silników dwusuwowych

Zapas statecznej pracy powinien być wykazany przy pomocy co najmniej jednej z poniższych metod:

- .1 wykres charakterystyki pracy silnika ustalonej podczas jego prób u producenta powinien znaleźć się na mapie sprężarki (opracowanej dla turbodoładowarki na stanowisku prób). Należy przyjąć zapas statecznej pracy sprężarki co najmniej 10 % w zakresie obciążenia paliwem, tj. przepływ roboczy powinien wynosić 10% powyżej przepływu teoretycznego (wagowego) w granicy niestatecznej pracy (bez zmian ciśnienia);
- .2 nagłe odcięcie dopływu paliwa do co najmniej jednego cylindra nie powinno powodować ciągłej niestabilności przepływu a praca turbodoładowarki powinna być w ciągu 20 sekund ustabilizowana w nowym punkcie pracy. Dla zastosowań z więcej niż jedną turbodoładowarką dopływ paliwa powinien być odcięty do cylindrów, które znajdują się powyżej każdej turbodoładowarki i najbliższej niej.

Próba powinna być przeprowadzona przy dwu różnych obciążeniach silnika:

– maksymalna moc dopuszczalna przy braku zapłonu z jednego cylindra;
– obciążenie silnika odpowiadające ciśnieniu powietrza doładowującego około 0,6 bara (bez pracy dmuchaw pomocniczych);

- .3 nieciągła niestateczność pracy i turbodoładowarka powinna być w ciągu 20 sekund ustabilizowana w nowym punkcie pracy po nagłym zredukowaniu mocy ze 100% na 50% maksymalnej mocy ciągłej.

2.4 Próby na statku

2.4.1 Należy wykonać czynności rozruchowe, aby potwierdzić że czynniki rozruchowe mają zdolność wykonania wymaganej liczby rozruchów.

2.4.2 Instalacje monitorowania i alarmu należy sprawdzić w pełnym zakresie dla wszystkich silników, z wyjątkiem elementów już sprawdzonych podczas prób u producenta.

2.4.3 Należy wykazać odpowiedniość silnika do pracy z użyciem paliw, które mają być stosowane.

Uwaga: na mocy przepisów konwencyjnych mogą być wymagane próby inne niż wymieniono poniżej (np. weryfikacja wskaźnika efektywności energetycznej EEDI).

2.4.4 Obciążenia próbne dla różnych zastosowań silnika podano poniżej. Dodatkowo, zakres prób może być rozszerzony w zależności od zastosowania silnika, doświadczeń eksploatacyjnych lub innych odpowiednich przyczyn. W przypadku potrzeby rozpatrzenia specjalnych warunków eksploatacyjnych, takich jak holowanie, trałowanie itp., zakres prób może ulec rozszerzeniu.

2.4.5 Silniki główne do napędu stałych śrub napędowych lub wirników

- .1 przy prędkości znamionowej n_o – przez co najmniej 4 godziny;
- .2 przy prędkości znamionowej $n = 1.032 n_o$ (jeśli pozwala na to regulacja silnika – patrz 2.3.1.2) – 30 minut;
- .3 przy zatwierdzonym przeciążeniu przerywanym (jeśli ma zastosowanie): czas trwania uzgodniony z producentem;
- .4 należy określić minimalną prędkość obrotową;
- .5 należy wykazać zdolność silników nawrotnych do pracy w kierunku odwrotnym.

Uwaga: Podczas próby zatrzymywania, dodatkowe wymagania w przypadku zakresu obrotów zabronionych patrz 2.4.9.

2.4.6 Silniki główne do napędu śrub ze skokiem zmiennym

- .1 przy prędkości znamionowej n_o przy skoku śruby prowadzącym do znamionowej mocy (lub do maksymalnej mocy uzyskiwanej jeśli 100% mocy nie może być osiągnięte) – przez co najmniej 4 godziny;

- .2 przy zatwierdzonym przeciążeniu przerywanym (jeśli ma zastosowanie): czas trwania uzgodniony z producentem;
- .4 przy skoku ujemnym odpowiednim do manewrowania, dodatkowe wymagania w przypadku zakresu obrotów zabronionych patrz 2.4.9;

2.4.7 Silniki napędzające prądnice przeznaczone do napędu elektrycznego i/lub głównego zasilania

- .1 przy mocy 100 % (znamionowa moc elektryczna prądnicy) – przez co najmniej 60 minut;
- .2 przy mocy 110% (znamionowa moc elektryczna prądnicy) – przez co najmniej 10 minut;

Uwaga:

Każdy silnik należy poddać próbie przy mocy elektrycznej 100% prądnicy przez co najmniej 10 minut. Może to być, jeśli to możliwe, wykonane podczas próby napędu elektrycznego, które powinno być poddane próbie przy 100% mocy napędu (tj. całkowitej mocy silnika elektrycznego) przez rozdział mocy na możliwie niewielką liczbę prądnic. Czas trwania tej próby powinien być wystarczający do uzyskania stałej temperatury pracy wszystkich urządzeń wirujących lub przez co najmniej 4 godziny. W przypadku gdy ze względu na niewystarczający czas niektóre z zespołów prądotwórczych nie mogą być poddane próbie podczas w/w badania systemu napędowego, próby te powinny być przeprowadzone oddzielnie.

- .3 wykazanie zdolności silników napędzających prądnice oraz regulatorów obrotów do poprawnej pracy przy różnych obciążeniach opisanych w UR M3.2.

2.4.8 Silniki napędu prądnic wałowych (PTO)

- .1 100% mocy silnika (moc znamionowa MCR) przy właściwej prędkości obrotowej n_0 , – co najmniej 4 godziny;
- .2 100% mocy pędnika przy prędkości obrotowej silnika n_0 : 2 godziny (jeśli nie zostało to już objęte próbami w .1);
- .3 100 % mocy PTO prądnicy wałowej przy prędkości obrotowej n_0 : co najmniej jedna godzina.

2.4.9 Silniki napędu urządzeń pomocniczych

- .1 100% mocy silnika (moc znamionowa MCR) przy właściwej prędkości obrotowej n_0 , – co najmniej 30 minut;
- .2 przy zatwierdzonym przeciążeniu przerywanym: czas trwania: zgodnie z zatwierdzeniem.

2.4.10 Drgania skrętne

2.4.10.1 W przypadku wymaganego zakresu obrotów zabronionych (barred speed range (bsr)), należy zademonstrować przejścia przez ten zakres zarówno przyspieszające jak i opóźniające. Uzyskane czasy należy zanotować i powinny one być równe lub mniejsze od tych czasów, które podano w zatwierdzonej dokumentacji, jeśli istnieją. Obejmuje to także przypadek przechodzenia przez zakres obrotów zabronionych w odwrotnym kierunku obrotów, szczególnie podczas próby zatrzymywania.

Uwaga: Dotyczy to zarówno ręcznych jak i automatycznych systemów przechodzenia przez ten zakres obrotów.

2.4.10.2 Należy odnotować zanurzenie i prędkość statku podczas wszystkich tych demonstracji. W przypadku śrub ze zmiennym skokiem, należy także odnotować skok śruby.

Silnik należy sprawdzić ze względu na stabilną pracę (stały wskaźnik paliwa) zarówno w górnej jak i dolnej granicy zakresu obrotów zabronionych. Stały wskaźnik paliwa oznacza zakres wahań poniżej 5% skutecznego skoku (w zakresie od biegu jałowego to pełnej mocy).