

Andrzej Grzędziela¹

Problemy logistyczne w diagnostyce okrętowych układów napędowych

Wstęp

Ocena stanu obiektu, lokalizacja i separacja uszkodzeń a także wnioskowanie o przyszłym stanie obiektu jest podstawowym zadaniem diagnostyki technicznej. Eksploatacja okrętowych układów napędowych obejmuje następujące procesy obsługi:

- genelowanie – ocena przyczyn zmiany stanu technicznego;
- diagnozowanie – identyfikacja aktualnego stanu technicznego;
- prognozowanie – przedstawienie prognozy w zakresie dalszej eksploatacji.

W procesie obsługi podjęcie świadomej decyzji o wyłączeniu obiektu z użytkowania wiąże się z ryzykiem podjęcia błędnej decyzji, której konsekwencje mogą w znacznym stopniu wpłynąć na koszty eksploatacji. Z drugiej strony, potwierdzenie stanu zdatności obiektu, w przypadku słabo zauważalnego stanu przedawaryjnego, może doprowadzić do poważnych uszkodzeń zespołu urządzeń, a tym samym do jeszcze większych nakładów finansowych. Dlatego też, najbardziej istotnym zadaniem diagnostyki technicznej jest sformułowanie diagnozy i prognozy o jak najwyższym poziomie ufności.

Eksploatacja okrętów nie posiadających nowoczesnych systemów diagnozowania stanu technicznego, powinna być oparta na założeniach monitoringu typu off-line. Dotychczasowe badania potwierdzały słusność diagnostyki wielosymptomowej w eksploatacji siłowni okrętowych. Niekiedy jednak decyzję o dopuszczeniu obiektu do pracy lub przedłużeniu jego czasu użytkowania wymusza konieczność podjęcia natychmiastowej, trafnej decyzji diagnostycznej. Aktualnie, powszechnie stosowane w okrętownictwie metody diagnostyczne nie mogą spełnić tego oczekiwania ze względu na konieczność czasochłonnej obróbki danych lub na zbyt duże koszty obsługi technicznej. Istotnym problemem jest również zabezpieczenie logistyczne realizowanych badań.

Charakterystyka badań diagnostycznych

W odniesieniu do siłowni okrętowych badania diagnostyczne należy podzielić na pomiary realizowane permanentnie tzw. *on-line* (systemy monitoringu) oraz wykonywane doraźnie tzw. *off-line*. Ponadto, dla potrzeb normalizacji i powtarzalności procedur diagnostycznych, badania diagnostyczne można podzielić na realizowane w ruchu (w stanach ustalonych i nieustalonych) lub na postoju.

Ze względu na specyfikę oraz różnorodność występujących urządzeń w okrętowych układach napędowych badania diagnostyczne obejmują następujące procedury:

- analizę parametrów termo- gazodynamicznych tj. prędkości obrotowej, ciśnienia gazów i płynów, temperatury mediów itp.,
- analizę parametrów wibroakustycznych [2],
- analizę parametrów energetycznych i elektroenergetycznych,
- charakterystykę emisji pola cieplnego IR,
- badania endoskopowe,
- analizę zanieczyszczeń oleju smarowego,
- pomiary parametrów określających wzajemne położenie maszyn itp.

Bez względu na charakter przeprowadzonych badań realizowane czynności obsługowe są zwyczajowo uzgadniane indywidualnie ze stroną zamawiającą lub realizowane według procedur określonych w normach branżowych, obronnych lub międzynarodowych. Zakres prowadzonych badań oraz charakterystyczne, morskie warunki użytkowania determinują potrzebę precyzyjnego przygotowania się do pomiarów oraz realizacji analiz na co znaczący wpływ mają m.in. czynniki logistyczne. Biorąc pod uwagę, że najkrótsze 3 godzinne diagnostyczne wyjście w morze okrętem klasy fregata generuje koszt paliwa nie mniejszy niż 150 000 zł, należy zabezpieczenie logistyczne traktować na tym samym poziomie ważności co same pomiary i analizy.

Właściwe przygotowanie badań, zabezpieczenie techniczne oraz organizacyjne jest czynnikiem, który w znaczący sposób wpływa na koszty pośrednie użytkowania okrętów. W zakresie problemów logistycznych należy odnieść się przede wszystkim do organizacji badań, metodyki badań w morzu oraz do problematyki prawnej, która

¹ dr hab. inż. Andrzej Grzędziela, Akademia Marynarki Wojennej, Wydział Mechaniczno Elektryczny.

w zakresie jedynie formalnym może przysporzyć wykonawcom wielu problemów.

Problemy organizacyjne

Organizacja i wykonawstwo badań diagnostycznych w zakresie okrętowych układów napędowych opiera się zwykle na akademickich zespołach naukowych lub specjalistycznych firmach eksperckich, których zakres działalności ma ograniczony charakter. Dość częstym problemem jest oczekiwany zakres czynności obsługowych będących przedmiotem zamówienia, które niekiedy oprócz zadań typowo diagnostycznych obejmują zadania regulacyjne a nawet naprawcze [1]. Taka sytuacja stwarza potrzebę tworzenia konsorcjum w skład którego wchodzić będzie strona „pomiarowo – diagnostyczna” oraz „regulacyjno – naprawcza”. Pozornie taka sytuacja może się wydawać bardzo korzystna dla armatora jednakże obie strony występujące jako konsorcjum są ze sobą powiązane formalnie i finansowo co potencjalnie stwarza możliwość wykonania pomiarów fikcyjnie potwierdzających wykonanie czynności regulacyjnych spełniających wymagania określone dokumentacją producenta lub normami. Z drugiej strony problemem jest znalezienie odpowiedzialnego partnera, którego potencjał techniczny lub naukowy nie przysporzy drugiej stronie konsorcjum problemów a nawet kompromitacji. Rozwiązaniem bezpiecznym dla strony zamawiającej jest więc rozdział czynności naprawczych i diagnostycznych co stwarza możliwość niezależnej i rzetelnej oceny przeprowadzonej naprawy lub remontu.

Taka sytuacja powoduje na rynku dość wąski wachlarz dostępnych zespołów ekspertów, którzy mogą spełniać oczekiwania armatora. Doświadczone zespoły diagnostyczne w kalkulacji kosztów oprócz typowych pozycji na transport, akumulację aparatury, materiały, wynagrodzenia, zysk itp. ujmują środki na działania organizacyjne charakteryzujące proces pozyskiwania kontraktu, przygotowania bazy danych a nawet utrzymania etatów w gotowości do realizacji kolejnych, odległych w czasie badań.

Kolejnym problemem jest sam przebieg przygotowań do badań diagnostycznych. Najczęstszą jest sytuacja, w której zespół diagnostyczny jest wzywany na ostatnie dni pobytu okrętu na stoczni a jego udział w próbach zdawczych jest często kłopotliwy lub nawet sprzeczny z interesem stoczni. Problem przygotowań do badań obejmuje następujące zagadnienia:

- przygotowanie kompletu zastawu narzędzi diagnostycznych wraz z zapasem, którego awaria lub zużycie w trakcie prób morskich spowodować może przerwanie badań i kosztowny powrót do portu;

- montaż sprzętu diagnostycznego na statku lub okręcie.

Badania w porcie i w morzu

Większość publikacji dotyczących badań diagnostycznych okrętów, statków lub obiektów oceanotechnicznych podkreśla znaczenie zastosowanych procedur matematycznych, modelowania wirtualnego lub systemów analizy i przetwarzania danych. Za wszystkimi przedsięwzięciami stoją czynniki logistyczne i organizacyjne, o których rzadko się wspomina a znaczenie ich trudno przecenić. Podstawowymi czynnikami związanymi z zagadnieniami organizacji badań zarówno w porcie jak i w morzu są:

- doświadczenie zespołu diagnostycznego w zakresie planowania badań w porcie i w morzu w aspekcie problemów logistycznych tj. wykorzystania locji basenów portowych, warunków hydrometeorologicznych, przepisów dotyczących trybu, warunków a nawet wymogów czasu pracy a także wymagań w zakresie uprawnień do prowadzenia badań przez osoby uprawnione,
- zabezpieczenie transportowe, którego istota polega na braku pewności co do czasu, terminu i miejsca zakończenia badań,
- potrzeb dublowania aparatury, materiałów i przetworników, co niejednokrotnie znacząco zwiększa koszty,
- zabezpieczenia w materiały standaryzacyjne, normy oraz wymogi producentów diagnozowanego sprzętu,
- zabezpieczenia w zakresie certyfikatów bezpieczeństwa, kancelarii niejawniej oraz numerycznej ochrony baz danych,
- przygotowania organizacyjne w zakresie „zastormowania” sprzętu pomiarowego oraz zabezpieczenia alternatywnych źródeł energii.

Spełnienie powyższych postulatów dość często staje w sprzeczności z innymi wymaganiami technicznymi, organizacyjnymi a także ekonomicznymi. Podstawowym problemem jest utrzymanie równowagi pomiędzy założonym poziomem badań, ich zakresem, kompatybilnością i jakością a wymaganiami ekonomicznymi. To właśnie czynniki ekonomiczne najczęściej są przyczyną zawężenia zakresu badań co uniemożliwia postawienia trafnej prognozy dalszej degradacji stanu technicznego.

Problemy przetwarzania i archiwizacji danych

Jednym z istotnych czynników kształtujących finalny obraz diagnozy stanu technicznego jest organizacja danych pomiarowych oraz metody ich przetwarzania. Z organizacyjnego punktu widzenia badania w morzu można podzielić na eksperymenty czynno – bierne i bierne. Z punktu widzenia jakości pomiarów eksperymenty bierne są najmniej przydatne gdyż uzyskane wyniki badań są zazwyczaj niepowtarzalne a wartości pomiarowe mogą zostać odniesione jedynie do ogólnych nomogramów badanych parametrów. Najczęstszą formą pozyskiwania danych pomiarowych są eksperymenty czynno – bierne, w których jeden lub kilka z badanych parametrów są wartościami referencyjnymi a analiza pomiarowa dotyczy wytypowanych symptomów. Należy przy tym nadmienić, że wiarygodną diagnozę zapewniają jedynie wielosymptomowe badania diagnostyczne, których zakres z wysokim prawdopodobieństwem zapewnia podjęcie właściwej decyzji eksploatacyjnej lub obsługowej. Podstawowymi elementami w zakresie przetwarzania i archiwizacji danych wpływającymi na czynnik jakościowy są:

- dublowanie danych pomiarowych w trakcie badań oraz weryfikacja ich poprawności zapisu na poziomie analogowym lub numerycznym,
- przygotowanie dedykowanego oprogramowania do przetwarzania i analizy sygnałów,
- przygotowanie bazy danych oraz oprogramowania do jej przetwarzania np. w postaci analiz trendów,
- zabezpieczenie sieci Ethernet lub Internet dla przesyłu numerycznych danych oraz raportowania w trybie *on-line* lub *off-line*,
- zabezpieczenie dla potrzeb systemu monitoringu z uwzględnieniem satelitarnej transmisji danych do brzegowych punktów diagnostycznych,
- koordynacja dostępu danych, diagnoz i prognoz stanu technicznego pomiędzy diagnostą, eksploatorem a właścicielem (armatorem) okrętu lub statku.

Przetwarzanie i archiwizacja danych jest istotnym elementem współczesnych systemów diagnostyki technicznej. Uzyskanie wiarygodnej diagnozy jest obecnie funkcją czterech podstawowych czynników jakimi są poprawność przeprowadzenia pomiarów i obróbki danych, przeprowadzenie modelowania wirtualnego, identyfikacja uzyskanego modelu poprzez dostrojenie a następnie porównanie wyników modelowania i analiz oraz przetwarzanie wyników pomiarowych w funkcji czasu celem uzyskania analiz trendu symptomów diagnostycznych.

Wnioski

Zagadnienia logistyczne w diagnostyce technicznej morskich obiektów pływających są czynnikiem decydującym o poprawności działania całego systemu. W ich skład wchodzi znacząca liczba czynników, których występowanie może mieć charakter stochastyczny determinując poziom wiarygodności diagnozy. Pomijanie znaczenia czynników logistycznych prowadzi najczęściej do bałaganu w zakresie użytkowania sprzętu pomiarowego, błędów w procedurach pomiarowych oraz luk w bazach danych. Pomimo tak znaczącego wpływu czynników logistycznych w literaturze częściej znaleźć można publikacje ograniczające się do zagadnień z zakresu organizacji badań a nie kompleksowego podejścia do logistyki.

Streszczenie

Eksploatacja okrętowych układów napędowych wymaga stałego nadzoru technicznego, nazywanego monitoringiem lub diagnostyką techniczną. W referacie przedstawiono problemy w zakresie zabezpieczenia logistycznego na poziomie generowania, diagnozowania oraz prognozowania zmian stanu technicznego. Odniesiono się do zagadnień zabezpieczenia materiałowego, organizacji procesu eksploatacji i szkoleń a także problemów natury administracyjnej i prawnej.

Abstract

Logistical issues of the diagnosis marine propulsion systems are crucial to proper of the operation of the systems. The process includes a significant number of factors, whose existence may be of a stochastic determine a level of reliability of diagnosis. Skipping the importance of the logistical factors usually leads to inconsistency in the use of measuring equipment, measurements errors and gaps in the database.

Literatura

1. Bursztyński A., *Logistyka Marynarki Wojennej*, Wyd. AMW, Gdynia 2009.
2. Grządziela A. Deuzkiewicz P, Dobrociński S. Dziurdź J, Flis L., Pakowski R., Specht C, *Diagnostyka wibroakustyczna okrętowych turbinowych silników spalinowych*, Biblioteka Problemów Eksploatacji ITE, Radom 2009.