

Analiza możliwości bezpiecznej eksploatacji okrętowego silnika tłokowego w stanach awaryjnych na przykładzie wybranego statku

W pracy przedstawiono problematykę eksploatacji okrętowego silnika tłokowego w takich stanach awaryjnych, które w swej naturze nie są dyskwalifikujące dla jego dalszej pracy. Zakres obejmuje omówienie ogólnych zasad poprawnej eksploatacji silników okrętowych, analizę poszczególnych wybranych stanów awaryjnych, ocenę zdolności silnika do dalszej pracy, przykłady obliczeniowe oraz procedury przygotowania silnika do pracy w stanach awaryjnych na przykładzie napędu głównego statku m/v „New Hellas”.

Celem pracy było określenie możliwości realizacji bezpiecznej eksploatacji okrętowych silników tłokowych w wybranych stanach awaryjnych oraz opracowanie procedur przygotowania silnika napędu głównego statku m/v „New Hellas” do pracy w stanach awaryjnych.

Rozdział pierwszy poświęcony został na omówienie charakterystyki konstrukcji współcześnie produkowanych i eksploatowanych silników okrętowych jak też ogólnych zaleceń i czynności eksploatacyjnych wraz z ich powszechnie stosowanym podziałem na czynności stanowiące obsługę bieżącą i te które stanowią utrzymanie zdolności i konserwację. Wskazano na poprawność eksploatacyjną sprowadzającą się nie tylko do jej technicznego rozumienia prowadzącego do bezawaryjnej eksploatacji silnika ale również poruszono aspekty bezpieczeństwa z nią związane. Szczególnie istotnym aspektem w tej części pracy było podjęcie wątku dotyczącego bezpiecznej eksploatacji silników w sytuacjach ich częściowej zdolności.

Rozdziały od drugiego do piątego stanowią szczegółowe rozwinięcie zagadnień podjętych w rozdziale pierwszym. Rozdział drugi dotyczy przypadku eksploatacji silnika okrętowego z wyłączonymi cylindrami. W rozdziale wskazano pokrótce na przyczyny prowadzące do konieczności wyłączenia części cylindrów okrętowego silnika tłokowego z pracy w praktyce eksploatacyjnej. W znacznie bardziej szczegółowy sposób scharakteryzowane zostały możliwe do zrealizowania techniczne warianty takiego wyłączania ze wskazaniem ich przyczyn jak i zakresu uszkodzeń, które determinują każdy z nich. Pośród omówionych wariantów znalazły się takie opcje jak: wyłączanie cylindra z pracy poprzez wyłączenie pompy wtryskowej,

poprzez wyłączenie pompy wtryskowej wraz z zaworem wylotowym w fazie otwarcia, poprzez wyłączenie pompy wtryskowej wraz z zaworem wylotowym w położeniu zamkniętym, wyłączenie cylindra z pracy dla przypadku silnika czterosuwowego. Dla każdego z przypadków dokonano analizy działań technicznych, wskazań i zaleceń eksploatacyjnych wynikających z odmiennej rzeczywistości eksploatacyjnej. W osobnym podrozdziale podobnej analizie poddany został przypadek uszkodzenia zespołu korbowo-tłokowego i wynikający z niego odmienny wariant wyłączenia układu cylindrowego z pracy silnika. W stosunkowo szerokim kontekście ogólnosiłownianym przeanalizowana została sekwencja czynności przygotowawczych do eksploatacji silnika z wyłączonymi cylindrami dla ww. wariantów. Zwrócono uwagę na aspekt minimalizowania ryzyka uszkodzeń komponentów silnika w przypadku pracy w takim stanie niepełnej sprawności. Podobnie osobnego i wieloaspektowego ujęcia doczekało się zagadnienie związane z potencjalnymi zidentyfikowanymi skutkami eksploatacji silnika okrętowego z wyłączonym cylindrem. W tym kontekście rozważone zostały zagadnienia pogorszenia procesów roboczych silnika, zmniejszonych mocy, zmian właściwości i zachowań dynamicznych silnika, zmiany obciążeń mechanicznych i cieplnych jego wewnętrznych elementów a także aspekt pogorszenia gotowości i niezawodności podczas rozruchu. Praca analityczna w tym rozdziale przeprowadzona została na wysokim poziomie a zaprezentowany sposób wnioskowania był nader poprawny.

Rozdział trzeci poświęcony został przypadkowi eksploatacji silnika okrętowego z uszkodzoną turbosprężarką. W części wstępnej rozdziału zostały scharakteryzowane systemy doładowania różnych typów stosowane współcześnie w siłowniach okrętowych. Wskazano na zalety takich rozwiązań jak i na zagrożenia związane z ich eksploatacją. Pokróctce zidentyfikowane zostały przyczyny prowadzące do powstawania ich uszkodzeń i awarii, czynniki eskalujące te zagrożenia jak również symptomy stanów awaryjnych. Zasadnicza część tego rozdziału skupiła uwagę na zagadnieniu eksploatacji silnika z wyłączoną turbosprężarką poczynając od analizy czynności towarzyszących wyłączeniu jednej turbosprężarki z pracy dokonanej w oparciu o zalecenia producentów silników okrętowych, poprzez charakterystykę specyfiki pracy silnika w takim stanie częściowej zdatności a na skutkach pracy silnika w opisanych warunkach kończąc. Wydaje się, że zakres analizy w tym aspekcie nie jest wyczerpujący. Niektóre zagadnienia jak zmniejszonej mocy, jakości procesu roboczego czy deklarowanych paramentów pracy zostały jedynie zasygnalizowane i nie doczekały się obszerniejszego komentarza.

Rozdział czwarty podejmuje zagadnienie eksploatacji silnika okrętowego w warunkach deficytu zapasu paliwa. Nie jest to kanoniczny przypadek eksploatacji silnika w stanie

awaryjnym bo taka w tej sytuacji nie ma miejsca ale ten stan eksploatacyjny wykazuje duże podobieństwa do wcześniej opisanych i z tej uwagi został dołączony do zakresu pracy. Rozdział ten jest jedynie szkicem deklarowanej analizy wskazującym na ewentualne przyczyny prowadzące do takiej sytuacji i wynikające z niej ograniczenia, które należy zastosować podczas żeglugi dla zrealizowania celu transportowego przy zachowaniu wymaganego poziomu bezpieczeństwa.

Piąty rozdział to ciekawe uzupełnienie podjętej tematyki, które analizuje zagadnienie żeglugi statków w rejonach podbiegunowych na wodach pokrytych lodem i wynikające z tego ryzyka związane z uszkodzeniami układu przenoszenia napędu, zmniejszonej sprawności pracy silnika wynikającej z niewydolności układów chłodzenia a także zwiększonych naprężeń mechanicznych i termicznych silnika wynikających ze zbyt niskiej temperatury powietrza na dolocie do turbiny. W tym kontekście dokonana została analiza zaleceń eksploatacyjnych ograniczających poziom ryzyka takiej żeglugi.

Zasadniczą i najważniejszą część pracy stanowi rozdział szósty prezentujący opracowane przez autora procedury przygotowania silnika i turbosprężarki do pracy w stanach awaryjnych na przykładzie silnika napędu głównego statku m/v „New Hellas”. Procedury te zawierają sekwencyjny wykaz czynności jakie należy podjąć by zrealizować opisane w poprzednich rozdziałach wyłączenie z pracy pojedynczego układu cylindrowego dla wszystkich poruszonych wariantów technicznych tej operacji. Procedury te zostały uzupełnione o procedurę wyliczenia wraz z przykładem obliczeniowym i wyznaczeniem nowych ograniczonych mocy i prędkości obrotowych gwarantujących bezpieczną eksploatację silnika w warunkach częściowej sprawności. Podobne procedury zostały opracowane dla dwóch odmiennych technicznie przypadków wyłączenia turbosprężarki z dalszej pracy, tj. dla silnika wyposażonego w by-pass spalin i nie wyposażonego w taki by-pass. Osobne procedury zostały opracowane dla przypadku żeglugi z ograniczonym zapasem paliwa. Procedury te zaadresowane zostały z jednej strony do działań załogi maszynowej w celu minimalizowania ryzyka zaistnienia takiej sytuacji, z drugiej odnosiły się do wyznaczenia optymalnego stosunku prędkości statku względem przewidywanego czasu rejsu. Ta druga procedura wzbogacona została o przykład obliczeniowy wyznaczania zredukowanej prędkości obrotowej silnika głównego napędu statku dysponującym ograniczonym zapasem paliwa. Jako uzupełnienie tego zagadnienia został zaprezentowany także przykład procedury obliczeniowej realizacji założenia żeglugi ekonomicznej w warunkach eksploatacji silnika napędu głównego przy mocach częściowych. Wskazano na możliwe do realizacji w ten sposób istotne oszczędności w zużyciu paliwa przy zachowaniu bezpieczeństwa żeglugi.

Podsumowanie

Silnik okrętowy jako wysoce zaawansowany obiekt techniczny o złożonej konstrukcji stawia przed użytkownikiem szereg zadań mających na celu utrzymanie silnika w jak najlepszej kondycji technicznej. Niestety nawet poprawnie eksploatowany silnik okrętowy narażony jest na stosunkowo częste awarie, które powodują przerwy w jego działaniu. Istnieją natomiast stany awaryjne, które nie wykluczają jednostki napędowej statku z dalszego działania, jeśli tylko spełnione zostaną odpowiednie procedury przygotowujące silnik do pracy przy zredukowanych parametrach.

Jednym z takich stanów awaryjnych jest praca silnika z wyłączonym jednym lub wieloma cylindrami. Może to zostać rozwiązane na różne sposoby w zależności od potrzeb, ale każdy z nich negatywnie wpływa na pracę silnika, odbijając się na parametrach jego pracy. Pogorszeniu ulega między innymi przebieg procesu roboczego oraz pojawiają się silniejsze drgania spowodowane na przykład niewyrównoważeniem układu tłokowo-korbowego. Dalsza eksploatacja statku w takim stanie wymaga od załogi maszynowej odpowiedniego przygotowania siłowni i silnika do pracy w danym stanie awaryjnym, stosując się ściśle do obowiązujących procedur i zaleceń producenta silnika. Często awariom ulegają również układy doładowujące powietrza, a w szczególności turbosprężarki. Innym z kolei zagrożeniem dla bezpiecznej żeglugi jest na przykład ograniczona ilość zapasu paliwa na pokładzie statku czy żegluga w rejonach arktycznych, czyli pływanie w wodach pokrytych lodem.

Opracowane w tej pracy procedury przygotowujące silnik MAN 5S70MC do dalszej eksploatacji w wybranych, opisanych stanach awaryjnych stanowią przykład odpowiedniego postępowania w razie wystąpienia danej sytuacji. Oprócz uwzględnienia w procedurach informacji dotyczących wyłączania różnych podzespołów silnika z pracy, opisują one również działania związane z pływaniem w warunkach ograniczonego zapasu paliwa. Dla niektórych procedur konieczne było również wykonanie niezbędnych obliczeń, co we właściwych procedurach uwzględniono a obliczenia dla wybranego statku m/v „New Hellas” zrealizowano.