

Tomasz Lus

PROBLEMY EKSPLOATACYJNE SILNIKÓW PRODUKCJI ZAKŁADÓW „ZVEZDA” W MARYNARCE WOJENNEJ RP

STRESZCZENIE

W pracy zostały przedstawione uwarunkowania eksploatacji i doświadczenia z użytkowania na okrętach Marynarki Wojennej RP dwóch rodzin silników produkcji zakładów „Zvezda”. Zostały również zaprezentowane tendencje rozwojowe, podstawowe parametry techniczne oraz kilka przykładów uszkodzeń i niesprawności tych silników.

WSTĘP

Kilkadziesiąt marynarek wojennych świata (około 60) eksploatuje ponad 3000 tzw. szybkich jednostek pływających o wyporności od 200 do 1000 ton, do których zalicza się między innymi kutry raketowe, kutry patrolowe, kutry desantowe oraz małe korwety raketowe, korwety wielozadaniowe i inne. Większość tych jednostek jest wyposażona w siłownię z tłokowymi silnikami spalinowymi średnio- i szybkoobrotowymi, choć rozwiązania z siłowniami kombinowanymi (silniki wysokoprężne i turbinowe – układy CODAG lub CODOG) oraz siłownie COGAG z silnikami turbinowymi są również spotykane.

Ze względów niezawodnościowych optymalnym rozwiązaniem układu napędowego wszystkich jednostek wojennych, w tym małych jednostek szybkich, jest układ napędowy dwuwałowy. Jednak dla uzyskania odpowiednio dużej prędkości pływania często stosuje się również układy trzy- i czterowałowe, co skutkuje instalowaniem na okręcie znacznej liczby silników. Przy ograniczonej wyporności takich jednostek bardzo istotnego znaczenia nabiera masa i gabaryty instalowanych silników. Wskaźniki masowe i objętościowe turbinowych silników spalinowych znacznie przewyższają w tym względzie silniki tłokowe, ale koszty ich zakupu i serwisowania skutecznie zniechęcają wielu eksploatorów do ich montażu na jednostkach.

Marynarka Wojenna RP eksploatuje aktualnie ogółem około 150 okrętów i pomocniczych jednostek pływających. Kilkanaście spośród nich można zaliczyć do wyżej wspomnianej grupy jednostek szybkich, które w swej większości wyposażone są w silniki tłokowe wyprodukowane w zakładach „Zvezda”. Silniki tej firmy są również eksploatowane na trałowcach i jednostkach pomocniczych.

Fabryka silników spalinowych „Zvezda” z St. Petersburga w swej produkcji utrzymuje tradycyjny strategiczny kierunek, jakim jest rozwijanie silników o lekkiej zwartej konstrukcji z szerokim wykorzystaniem stopów aluminium i stali stopowych. Silniki te charakteryzują się dużą prędkością obrotową wału korbowego i dużą liczbą cylindrów. Fabryka produkuje silniki o mocy od 500 do 7355 kW; wiele typów ma masę jednostkową niższą od 2,0 kg/kW. Silniki „Zvezdy” konkurują pod tym względem z silnikami okrętowymi takich firm jak MTU czy Deutz-MWM. Konstruktorzy z Petersburga starają się osiągnąć optymalną dla małych jednostek szybkich masę jednostkową silnika wynoszącą około 1,5 kg/kW drogą zwiększania liczby cylindrów i prędkości obrotowej.

Silniki produkcji zakładów „Zvezda” z St. Petersburga (Rosja) są eksploatowane w MW RP od kilkudziesięciu lat. Są to silniki dwóch rodzin – rodzinę silników CzN 18/20 stanowią silniki typów M50 i M401, natomiast rodzinę silników CzN 16/17 reprezentują silniki typów M503 i M520. Silniki rodziny CzN 18/20 to 12-cylindrowe jednostki o układzie cylindrów „V” i mocy około 1 MW instalowane na mniejszych jednostkach pływających w różnych konfiguracjach układu napędowego, najczęściej po trzy na siłownię. Silniki M503 i M520 to silniki o gwiazdowym układzie bloków cylindrów i mocy odpowiednio: około 3 i 4 MW. Silniki te są eksploatowane na dwóch typach okrętów – silniki M503 na okrętach typu 205, a silniki M520 na okrętach typu 660. Układ napędowy tych jednostek składa się z trzech silników napędzających trzy śruby napędowe o skoku stałym poprzez przekładnie redukcyjno-nawrotne.

KONSTRUKCJA SILNIKÓW OKRĘTOWYCH RODZINY CZN 18/20

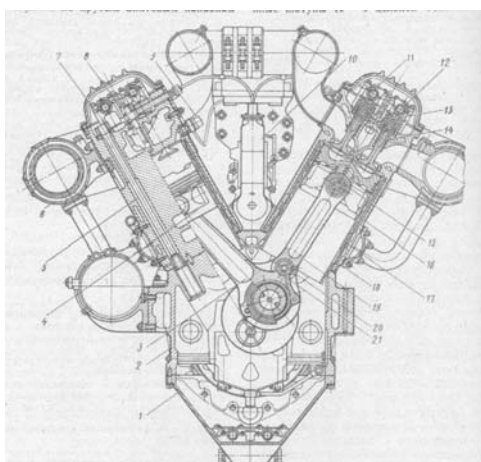
Silniki rodziny 12 CzN 18/20 są produkowane od 1946 roku. Pierwszą generację silników reprezentowały silniki typu M50. Aktualnie fabryka oferuje silniki drugiej generacji (typ M401A-2), a od 1994 silniki trzeciej generacji – typ M470. Nienawrotne silniki rodziny CzN 18/20 stosuje się do napędu jednostek szybkich. Obecnie produkowane silniki to turbodoładowane wersje silników typu M401A-2 i M470 o mocach zbliżonych do 1 MW przy prędkości obrotowej 1600 obr/min.

Wcześniej były produkowane silniki podobne typów M50 i M400 z doładowaniem mechanicznym.

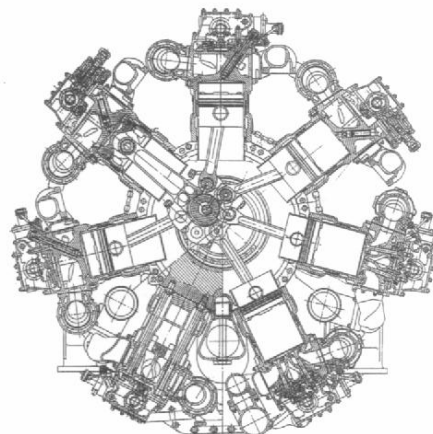
Tabela 1. Podstawowe parametry wybranych typów silników rodziny CzN18/20

Lp.	Podstawowe parametry	M50Φ 8	M401A-2	M470
1.	Liczba i układ cylindrów	12 „V”	12 „V”	12 „V”
2.	Moc na ograniczniku listwy paliwa [kW]	885	810	1100
3.	Moc wg ISO [kW]	736	736	990
4.	Prędkość obr. mocy nom. [obr/min]	1700	1550	1550
5.	Prędkość obr. mocy max [obr/min]	1850	1600	1600
6.	Jednostkowe zużycie paliwa [g/kWh]	226	201	200
7.	Masa silnika [kg]	1800	2100	2700
8.	Gabaryty LxBxH [mmxmmxmm]	2570x1205 x 1205	2825x1260 x 1250	2730x1150 x 1285
9.	Masa suchego silnika [kg]	1800	2200	2700

Silniki w zależności od wersji są doładowane mechanicznie sprężarką napędzaną od wału korbowego (M50 i M400) albo jedną bądź dwoma turbosprężarkami (M470 i M401). Powietrze doładowujące jest schładzane w chłodnicach między sprężarkami a kolektorami dolotowymi.



Rys. 1. Przekrój silnika rodziny CzN 18/20 [2]



Rys. 2. Przekrój silnika rodziny CzN 16/17 [1]

KONSTRUKCJA SILNIKÓW OKRĘTOWYCH RODZINY CZN 16/17

Fabryka „Zvezda” produkuje silniki rodziny CzN 16/17 od 1956 roku. Silniki tej rodziny charakteryzują się dużą liczbą układów cylindrowych – 42, 56 i 2 x 56 cylindrów w zależności od typu silnika. Silniki oznaczane 42ЧНП i 42ЧНП 16/17 typów А, Б, В i Г są wykorzystywane jako silniki napędu głównego (typ Б do napędu śrub o skoku nastawnym). Są to silniki czterosuwowe, gwiazdowe, 42-cylindrowe z turbodoładowaniem. Średnica cylindra wynosi 160 mm, a skok tłoka z korbowodem głównym 170 mm. Do tunelowego karтеру silnika zamocowanych jest gwiazdowo siedem bloków cylindrowych wykonanych wraz z głowicami. Sześciocylindrowe bloki odlane ze stopu aluminium mają wprasowane stalowe tuleje cylindrowe typu mokrego. Wał korbowy silnika jest kuty typu tarczowego, ma sześć czopów korbowych, a ramiona stanowią jednocześnie czopy główne osadzone w łożyskach tocznych. W każdej z gwiazd znajduje się korbowód główny ze zdejmowaną pokrywą i sześć korbowodów przyczepnych. Tłoki wykonane są ze stopu aluminium. Każdy z cylindrów ma po dwa zawory dolotowe i wylotowe. Pompy paliwowe wysokiego ciśnienia z otworami przelewowymi montowane są parami w specjalnym korpusie. Turbosprężarka składa się z jednostopniowej turbiny osiowej napędzanej spalinami silnika i jednostopniowej sprężarki promieniowej, których wał ma dodatkowo mechaniczne połączenie z wałem korbowym silnika. Silniki modeli А, В i Г są wyposażane w sprzęgła nawrotne z układem pneumatycznego sterowania sprzęgłem. Silniki modelu Б mają tylko sprzęgło rozłączne zapewniające jedynie bieg naprzód i bieg jałowy. Modele А i Г mają jednostopniowe, a modele В i В dwustopniowe przekładnie.

Tabela 2. Podstawowe parametry wybranych silników rodziny CzN 16/17

Lp.	Podstawowe parametry	M503A, 42S 42ЧНП16/ 17	M520, 56S 56ЧНП16/ 17	M534
1.	Liczba i układ cylindrów	42 gwiazda	56 gwiazda	56 gwiazda
2.	Moc na ograniczniku listwy paliwa [kW]	2940	3970	3676
3.	Moc wg ISO [kW]	2425	3600	–
4.	Prędkość obr. mocy nom. [obr/min]	2000	1900	–
5.	Prędkość obr. mocy max [obr/min]	2200	2000	2000
6.	Jednostkowe zużycie paliwa [g/kWh]	211	210	205
7.	Masa silnika [kg]	5450	7300	7230
8.	Gabaryty LxBxH [mmxmmxmm]	3700x1555 x1560	4400x1676 x1655	4400x1676x1 655
9.	Resurs do pierwszego przeglądu [h]	1 000	2 000	4 000
10	Resurs do końca eksploatacji [h]	2 500	5 000	10 000

56-cylindrowe silniki M520 są modyfikacją i rozwinięciem 42-cylindrowych silników M503, które od wielu lat są eksploatowane na okrętach typu 205. Silniki M520 w stosunku do silników M503, oprócz zwiększonej liczby cylindrów, a co za tym idzie zwiększonej mocy, cechują się między innymi zastosowaniem chłodzenia powietrza doładowującego, nowej zautomatyzowanej procedury rozruchu, zmniejszającej ryzyko wystąpienia uszkodzeń w czasie rozruchu oraz wydłużeniem okresu międzyremontowego z 1000 do 1500 godzin.

TENDENCJE ROZWOJOWE SILNIKÓW NA SZYBKIE OKRĘTY WOJENNE – SPECYFIKA WARUNKÓW EKSPLOATACJI

Warunki eksploatacji silników spalinowych na okrętach wojennych są specyficzne i odbiegają od warunków ich eksploatacji w typowych zastosowaniach transportowych. Najbardziej charakterystyczna jest duża zmienność widma obciążeń i długotrwała praca z małymi obciążeniami i małymi prędkościami obrotowymi. Ze względu na typ zadań przewidzianych dla szybkich okrętów wojennych, w ciągu wielu lat ich eksploatacji z różnymi typami uzbrojenia utarło się przekonanie, że widmo obciążeń układu napędowego tych jednostek cechuje się właśnie dużą liczbą godzin pracy na małych obciążeniach i stosunkowo małą liczbą godzin pracy na obciążeniach znamionowych i maksymalnych. Po przystąpieniu Polski do struktur NATO niektóre typy okrętów szybkich zaczęły pływać w ramach ćwiczeń w zespołach okrętów i wykonywać zadania, które zakłóciły ich dotychczasowy rozkład widma obciążeń. Jednostki te muszą spędzać w morzu większą liczbę godzin, a ich silniki powinny w związku z tym mieć dłuższe okresy międzyremontowe, co nie było brane pod uwagę w okresie tzw. „zimnej wojny”, kiedy to bardziej liczyła się liczba okrętów niż ich zdolność do długotrwałego przebywania z dala od baz. Inne też było wówczas podejście do strategii eksploatacji i kosztów remontów okrętów. Godzono się na często wykonywane remonty i wymiany silników po wypracowaniu stosunkowo krótkich resursów docelowych.

Eksploatację silników na okrętach szybkich dodatkowo cechuje instalowanie po dwa lub więcej silników w jednej siłowni, a to powoduje duże zagęszczenie przedziału różnymi urządzeniami, z czego wynika utrudniony dostęp do silników. W siłowniach wielosilnikowych, przy występowaniu bardzo wysokiego natężenia hałasu i drgań, przy dużym zagęszczeniu i nasyceniu siłowni różnorodnymi urządzeniami pomocniczymi nawet najlepiej przygotowana załoga może popełniać błędy

w obsłudze silników. Rolą konstruktorów i producentów silników i okrętów jest takie modernizowanie silników i ich instalacji, aby do minimum ograniczyć możliwość występowania uszkodzeń w wyniku różnych błędów, w tym błędów obsługi. Rozwijanie systemów automatyki, sterowania i diagnozowania silników jest jedną z dróg rozwiązywania takich problemów.

Eksploatacja niemal każdego typu silnika spalinowego wymaga permanentnego kontaktu z dostawcą lub chociażby warsztatem obsługowym. Od charakteru tego kontaktu, dostępności serwisu, przepływu informacji pomiędzy eksploatatorem a producentem, wzajemnego zaufania i wielu innych czynników zależy w dużej mierze poziom eksploatacji silnika i zadowolenie eksploatatora. Producenci silników zabiegają o jak najszersze informowanie o ewentualnych problemach eksploatacyjnych swoich wyrobów, aby użytkownicy nabierali umiejętności w ich obsłudze i zaufania do dostawców. Ukrywanie braków czy błędów podyktowane krótkowzrocznymi korzyściami kontraktowymi na dłuższą metę przynosi znacznie więcej szkód niż pożytku. Walka producentów o akceptację odbiorcy silnika nie ogranicza się jedynie do fazy wchodzenia z wyrobem na rynek i zdobycia kontrahenta. Proces ten jest ciągły i podlega stale modyfikacjom i doskonaleniu. Jest to tym ważniejsze, że w segmencie rynku producentów silników średnio- i szybkoobrotowych występuje duża konkurencja. Inaczej jest w segmencie rynku silników wolnoobrotowych, który został podzielony pomiędzy trzech dużych licencjodawców. Aby utrzymać się w czołówce dostawców, należy sprostać coraz wyższym wymaganiom.

W przypadku jednostek szybkich coraz większego znaczenia nabierają następujące zagadnienia [4] dotyczące całego okrętu, a układu napędowego i silników głównych w szczególności:

- zwiększenie niezawodności;
- wydłużenie międzyremontowego i docelowego czasu eksploatacji, a przez to obniżenie kosztów utrzymania okrętu;
- obniżenie kosztów eksploatacji poprzez zmniejszenie zużycia paliwa i oleju;
- obniżenie natężenia pól fizycznych okrętu;
- poprawienie warunków bytowych załogi;
- zapewnienie serwisu.

Wynikająca ze sposobu użytkowania jednostek szybkich praca silników na obciążeniach częściowych powoduje pogarszanie się procesu roboczego ze wszystkimi tego konsekwencjami, tzn. odkładanie się nagaru na powierzchni ścian elementów tworzących komorę spalania, niższe ciśnienie oleju smarowego, przedo-

stawanie się części niespalonego paliwa do oleju itp. Taka sytuacja wymusza na konstruktorach okrętów i silników okrętowych działania optymalizacyjne, w celu dociążenia silnika pracującego na obciążeniach częściowych, polegające między innymi na:

- stosowaniu śrub nastawnych w układach napędowych, w celu bardziej elastycznego kształtowania wartości obciążenia silnika;
- stosowaniu pędników napędzanych elektrycznie, do pływania z małymi i bardzo małymi prędkościami, rzędu 3 – 8 w;
- stosowaniu pędników wodno-strumieniowych;
- stosowaniu śrub napędowych o skoku stałym współosiowych – przeciwbieżnych;
- stosowaniu prądnic wałowych i napędu urządzeń pomocniczych bezpośrednio od silników głównych lub wałów śrubowych;
- utylizacji ciepła w układach siłowni, co do niedawna było domeną siłowni jednostek handlowych.

W samych silnikach wzrost sprawności i oszczędności kosztów eksploatacyjnych uzyskuje się poprzez [6]:

- przystosowanie silników do wyłączania z pracy części cylindrów lub całych bloków cylindrów w silnikach widlastych lub gwiazdowych;
- doskonalenie układu wymiany ładunku i doładowania – wielostopniowe, sekwencyjne układy doładowania z chłodzeniem powietrza;
- doskonalenie układu wtrysku paliwa poprzez wzrost ciśnienia wtrysku i stosowanie elektronicznie sterowanych układów Common Rail;
- wzrost sprawności mechanicznej silników dzięki stosowaniu mniejszej liczby pierścieni tłokowych, dokładniejszej obróbce współpracujących elementów, doskonaleniu urządzeń pomocniczych oraz stosowaniu oleju o mniejszej lepkości.

USZKODZENIA SILNIKÓW W PROCESIE UŻYTKOWANIA

Konsekwencją trudnych warunków użytkowania, błędów w eksploatacji, konstrukcji i produkcji silników oraz całych siłowni są ich uszkodzenia.

Ogólnie uszkodzenia silników okrętowych dzieli się na:

- uszkodzenia wynikające z niewłaściwego projektowania silnika;
- uszkodzenia wynikające z niewłaściwego wytwarzania silnika;
- uszkodzenia wynikające z niewłaściwego eksploataowania silnika.

Uszkodzenia silników związane z eksploatacją można podzielić z kolei na:

- uszkodzenia spowodowane procesem obsługiwanania;
- uszkodzenia spowodowane procesem użytkowania.

Uszkodzenia związane z użytkowaniem można podzielić natomiast na:

- uszkodzenia związane z procesem rozruchu;
- uszkodzenia związane z warunkami obciążenia silnika;
- uszkodzenia związane z procesem chłodzenia silnika;
- uszkodzenia związane z procesem smarowania silnika;
- uszkodzenia związane z procesem zasilania silnika;
- uszkodzenia związane z procesem zatrzymania silnika.

Często nie sposób określić jednoznacznie, co jest pierwotną przyczyną wystąpienia uszkodzenia w tak złożonym obiekcie, jakim jest silnik spalinowy. Dlatego przedstawione niżej przykłady wybranych uszkodzeń silników obu rodzin należy traktować jedynie jako ilustrację kilku tez, którymi autor tego referatu chce się podzielić.

Uszkodzenia silników rodziny CzN 18/20

Uszkodzenia silników rodziny CzN18/20 były najczęściej związane z warunkami ich obciążenia i zakłóceniami w procesie chłodzenia, smarowania i zasilania paliwem lub powietrzem. Polegały one na przegrzaniu tłoków z powodu złej pracy układu zasilania paliwem lub/i z niedostatecznego przepływu wody chłodzącej przez przestrzenie tulei cylindrowych. Doprowadzało to w efekcie do zacierania tłoków, a w skrajnych przypadkach do ich rozerwania oraz do uszkodzenia tulei cylindrowej łącznie z blokiem silnika. Niewłaściwa jakość czynnika chłodzącego prowadząca do utrudnienia przepływu przez wąskie kanały może być jedną z pierwotnych przyczyn tego typu uszkodzeń. Innym z częstych uszkodzeń silników tej rodziny było zacieranie łożysk głównych ramowych i korbowych (rys. 3.) z powodu niedostatecznego smarowania, czego przyczyną była niska lepkość oleju smarowego rozcieńczonego niespalonym paliwem. Pierwotną przyczyną uszkodzeń mogła być długotrwała praca silników z małymi i bardzo małymi obciążeniami.

Zastosowanie możliwości wyłączania z pracy jednego z bloków cylindrowych lub zastosowanie rozwiązania układu napędowego umożliwiającego zmianę widma obciążenia silników tej rodziny mogłoby doprowadzić do zwiększenia ich trwałości i niezawodności.

Uszkodzenia silników rodziny CzN 16/17

Ze względu na konfigurację cylindrów w gwiazdę silniki typu M503 ulegały najczęściej uszkodzeniom w czasie procesu rozruchu. Najbardziej charakterystyczny rodzaj uszkodzenia dla silników tej rodziny to tzw. „udar hydrauliczny” w cylindrach bloków skierowanych w dół. Zasklepienia pomiędzy tłokiem, tuleją i głowicą ciecz o małej ściśliwości w czasie uruchamiania silnika powoduje wystąpienie bardzo dużych nacisków w układach tłokowo-korbowych, które przy braku zaworów bezpieczeństwa w głowicach prowadzą do ugięcia się (wyboczenia) korbowodów. Czasami dodatkowo następuje pęknięcie tłoków i tulei oraz rozkalibrowanie piast sworzni tłokowych. Praca silnika ze zgiętym korbowodem prowadzi do jego zmęczeniowego pęknięcia i katastroficznego uszkodzenia całego silnika. Zdarzenie takie nazywane jest w języku potocznym mechaników okrętowych „hydroudarem” (z języka rosyjskiego). Pierwotnych przyczyn wystąpienia „hydroudaru” może być kilka. W wielu podobnych przypadkach, nawet podczas oględzin częściowo czy całkowicie zdemontowanych silników, ostatecznej przyczyny trudno było dociec. Mógł to być przeciek wody morskiej z kolektora spalin wylotowych, przeciek czynnika chłodzącego z popękanych lub nieszczelnych elementów silnika, mógł to być olej smarowy, który podczas dłuższego postoju silnika przy niewłaściwej pracy agregatów odpompowujących przedostał się do przestrzeni nadtłokowej. Mogły też wystąpić inne przyczyny i inna kolejność poszczególnych zjawisk. Producent wielokrotnie dokonywał modernizacji silników w celu ograniczenia częstości występowania tego typu uszkodzeń poprzez stosowanie otworów drenażowych w kolektorach, ich powiększanie, stosowanie specjalnych procedur rozruchowych itp.

Dotychczasowa eksploatacja silników nowego typu M520 zainstalowanych na okrętach PMW przyniosła również kilka przypadków uszkodzeń. W odróżnieniu od silników M503, gdzie najczęstszymi przyczynami uszkodzeń były „hydroudary” powodujące katastroficzne zmiany w najniższym, najczęściej pierwszym, licząc od przekładni, gwiazdowym układzie cylindrowo-tłokowym oraz uszkodzenia turbosprężarek, w silnikach M520 większość uszkodzeń dotyczyła układu mechanicznego silnika prawdopodobnie przeciążonego dwoma dodatkowymi gwiazdami. Uszkodzenia występowały w tzw. węźle przejściowym i korpusie sprężarki, tj. łączniku pomiędzy silnikiem a turbosprężarką, w którym znajdują się przekładnie i napędy układu rozrządu, regulatora prędkości obrotowej, turbosprężarki itd. W dwóch przypadkach objawem uszkodzenia silnika był brak przeniesienia napędu na mechanizm rozrządu zaworowego. W dwóch kolejnych przypadkach uszkodzenia skutkowały brakiem napędu agregatu pompowego i regulatora prędkości obrotowej. Mimo zastosowania nowych procedur rozruchu silników M520, wystąpiły również uszkodzenia korbowodów na V i na VIII gwieździe (rys. 4.).



Rys. 3. Uszkodzenie łożyska silnika M50



Rys. 4. Urwanie korbowodu w silniku M520

Producent silników wyciąga wnioski z doświadczeń eksploatacyjnych i w najnowszym oferowanym typie silników M534 rodziny CzN 16/17 wprowadził między innymi nowe wzmocnione dźwignie i wały w mechanizmie rozrządu, nowe wzmocnione koła zębate, pierścienie oporowe i wpusty wałów w węźle przejściowym. Dokonano również szeregu zmian w układzie paliwowym, turbosprężarce, konstrukcji pomp wody chłodzącej, regulatorze prędkości obrotowej. Dokonano zmian systemu drenażowego dolnych bloków w celu polepszenia odpływu oleju.

Mimo to silniki obu rodzin wymagają dalszego doskonalenia systemów diagnostyki i monitoringu. Uzasadnione wydaje się wykorzystanie na szerszą skalę w bieżącej diagnostyce silników, obok już stosowanych metod analizy oleju i przeglądów endoskopowych, metod wibroakustycznych i termowizji. Wobec dużej zwartości konstrukcji i stosunkowo małej liczby przyrządów kontrolno-pomiarowych na silnikach wykorzystywanie tzw. procesów towarzyszących procesowi robocznemu wydaje się być ze wszech miar uzasadnione. Niezawodne i sprawdzone systemy diagnostyczne znacznie zwiększyłyby walory eksploatacyjne tych silników.

WNIOSKI

W liczących już ponad 50 lat zmaganiach pomiędzy silnikami tłokowymi a turbinami spalinowymi w zastosowaniu do napędu jednostek szybkich, oferta fabryki „Zvezda” stanowi wciąż ciekawą alternatywę. Zmiany sytuacji polityczno-ekonomicznej, które następują w rejonie Morza Bałtyckiego i w innych rejonach świata po zakończeniu „zimnej wojny” wpływają na system eksploatacji okrętów przez marynarki wojenne wielu krajów, w tym Polski. Następuje zauważalna rezygnacja z dużej liczby małych jednostek uderzeniowych na rzecz większych jednostek, o wysokiej zdolności do długotrwałego operowania z dala od baz morskich. To z kolei wymusza stosowanie innych układów napędowych i innych silników o długich okresach międzyobsługowych. Silniki napędzające takie jednostki muszą cechować się dużą niezawodnością, trwałością, podatnością obsługową i diagnostyczną.

Odpowiedzią fabryki „Zvezda” na wyzwania stojące przed flotami wojennymi mają być nowe silniki M470 i M534, o korzystnych wskaźnikach objętościowych i masowych. Konkurencyjne wydają się również ceny tych silników, na poziomie od 100 do 150 \$ za kilowat mocy. Od 2000 roku fabryka legitymuje się certyfikatami „Germanischer Lloyd” na niektóre swoje wyroby. O tym, czy światowe floty wojenne podejmą decyzję o wykorzystywaniu na nowo budowanych jednostkach silników produkcji zakładów „Zvezda”, zadecydują czynniki polityczno-ekonomiczne. W szczególności na te drugie oddziaływać będą doświadczenia z dotychczasowej eksploatacji silników rodzin CzN 18/20 i CzN 16/17 oraz nowe podejście producenta do zasygnalizowanych w referacie problemów.

BIBLIOGRAFIA

- [1] Ваншейдт В. А., Иванченко Н. Н., Коллеров Л. К., *ДИЗЕЛИ СПРАВОЧНИК, „МАШИНОСТРОЕНИЕ”*, ЛЕНИНГРАД 1977.
- [2] Гогин А. Ф., Кивалкин Е. Ф., Богданов А. А., *СУДОВЫЕ ДИЗЕЛИ, „ТРАНСПОРТ”*, МОСКВА 1988.
- [3] Бузанов А. А., Печатин А. А., *УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ МОТОРИСТА ВМФ, ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ*, МОСКВА 1971.

- [4] Иванов Р. А., НОВЫЕ РЕШЕНИЯ В ОБЛАСТИ ЭНЕРГЕТИКИ СКОРОСТНЫХ КОРАБЛЕЙ, ГНЦ ЦНИИ им. Акад. А. Н. Крылова г. Санкт-Петербург 1996.
- [5] JSC „ZVEZDA”, *Products selection guide*, St. Petersburg 2000.
- [6] Woodyard D., *Pounder’s Marine Diesel Engines*, 7th edition, Oxford, Boston 1998.

ABSTRACT

The paper presents the conditions of exploitation and experience gained from using two families of „Zvezda” engines in the Polish Navy ships. It also includes the development trends, basic technical parameters and a few examples of break-downs and failures of these engines.

Recenzent kmdr dr hab. inż. Zbigniew Korczewski