

Database of selected marine piston engines for diagnostic needs

Abstract: The paper has developed the elaborated an electronic database of selected marine piston combustion engines for diagnostic. The database was constructed for the largest craftition of the national shipowners. It serves to relate the measured parameters of a target engine operating conditions for the reference parameters. State of reference is a state capable engine, which was after its prouction, confirmed at the time of acceptance tests.

To be able to reasonably use the the most needed data, collected and cataloged them, allowing the simple search. For this purpose, drawn up a database based on the program, part of the Microsoft Office suite. The database search resolved data by type of vessel. The fields displayed include such names as year and place of construction, the parameters of the ship, flag, etc. For each vessel forms were developed main and auxiliary engines, which allow for easy and quick check of the necessary parameters during operation of the engine. The database contains some parameters of the main propulsion engines and auxiliary and characterization of reference to help determine the diagnosis, prognosis and genesis.

Key words: marine diesel engines, reference parameters, diagnostic.

Baza danych o wybranych okrętowych tłokowych silnikach spalinowych dla potrzeb diagnostyki

Streszczenie: W pracy przedstawiono opracowaną elektroniczną bazę danych o wybranych okrętowych tłokowych silnikach spalinowych dla potrzeb diagnostyki. Baza danych została wykonana dla jednostek pływających największego krajowego armatora. Służy ona do porównania mierzonych parametrów diagnozowanych silników w warunkach eksploatacji z parametrami odniesienia. Stan odniesienia to stan silnika zdanego, który był po jego wytworzeniu, potwierdzony w czasie prób odbiorczych.

Aby można było racjonalnie wykorzystywać potrzebne dane, zgromadzono je i skatalogowano, co pozwoliło na proste wyszukiwanie. W tym celu sporządzono bazę danych w oparciu o program, wchodzący w skład pakietu biurowego Microsoft Office. W bazie danych rozwiązano wyszukiwanie danych według rodzaju statku. W polach wyświetlanych znajdują się takie opisy jak: rok i miejsce budowy, parametry statku, bandera itp. Dla każdego statku opracowano formularze silniki główne i pomocnicze, które pozwolą na łatwe i szybkie sprawdzenie potrzebnych parametrów podczas eksploatacji danego silnika. Baza zawiera wybrane parametry silników napędu głównego i pomocniczych oraz charakterystyki wzorcowe, które ułatwią ustalenie diagnozy, prognozy i genezy.

Słowa kluczowe: okrętowe silniki spalinowe, parametry odniesienia, diagnostyka.

1. Wstęp

Diagnostyka techniczna występuje w różnych etapach istnienia obiektu i ma duże znaczenie w fazie eksploatacji, gdzie jest narzędziem podnoszenia jakości i niezawodności obiektów technicznych. Diagnostyka w obecnych czasach jest znaczącą dziedziną nauki, która ma wpływ na rozwój obiektów. Wyniki badań diagnostycznych przyczyniają się do oceny stanu technicznego, prognozy oraz genezy [18].

Istota diagnostyki technicznej polega na określeniu stanu maszyny w sposób pośredni, bez demontażu, w oparciu o pomiar symptomów diagnostycznych i porównanie ich z wartościami nominalnymi. Aby uprościć dostęp do wartości nominalnych i granicznych opracowuje się banki lub bazy danych, które można w sposób prosty przetwarzać i przeszukiwać. Bazy opracowane są za pomocą kartotek, segregatorów, teczek z dokumentami, itd.,

a ostatnio w formie elektronicznej. Jednym z podstawowych elementów współczesnych systemów informatycznych są również bazy danych [18].

Budowane są bazy danych, które mają na celu gromadzenie wiedzy na temat eksploatacji silników. Dzięki uzyskanej wiedzy, jak i zmieniającej się techniki, silniki cały czas są modernizowane. Producenci silników dzięki systemom gromadzenia informacji, mają ciągły napływ informacji na temat stanu technicznego danego silnika, a także prowadzone są badania na hamowni i podczas prób morskich. Praktycznie na niektórych statkach trudne jest, a nawet niemożliwe, dotarcie do materiałów z prób odbiorczych.

Obecnie systemy gromadzenia informacji są prowadzone przez wyspecjalizowane zespoły badawcze, które wprowadzają informacje do elektronicznych baz danych.

2. Zadania diagnostyki technicznej

Diagnostyka, jako dziedzina wiedzy zajmuje się rozpoznawaniem badanego stanu technicznego przez zaliczenie go do znanego typu, przez przyczynowe i ilościowe wyjaśnienie tego stanu, określenie jego fazy obecnej oraz przewidywanego dalszego rozwoju [17, 18].

Diagnostyka techniczna to zorganizowany zbiór metod i środków do oceny stanu technicznego (jego przyczyn, ewolucji, i konsekwencji) systemów technicznych [18]. Diagnostyka techniczna może badać cały obiekt, zespół, podzespół, a nawet pojedynczy element. Ocena taka polega na porównaniu mierzonych parametrów z wartościami wzorcowymi, uzyskanymi dla danego stanu obciążenia silnika podczas prób u wytwórcy lub prób morskich [12, 16].

Opracowane charakterystyki służą do oceny właściwości techniczno-eksploatacyjnych w całym zakresie ich pracy. Stosuje się następujące grupy charakterystyk [15, 16]:

- charakterystyki prędkościowe,
- charakterystyki obciążeniowe,
- charakterystyki regulacyjne,
- charakterystyki ogólne.

Silnik spalinowy znajduje się w stanie zdatności, jeżeli wartości mierzalnych parametrów opisujących ten obiekt w danej chwili t , nie przekracza wyznaczonych wartości granicznych:

$$S_z \Leftrightarrow \bigcap_{i=1}^{i=n} y_{imin} \leq y_i \leq y_{imax} \quad (1)$$

gdzie:

- y_i – i -ty parametr diagnostyczny,
- y_{imax} – górna wartość graniczna i -tego parametru diagnostycznego,
- y_{imin} – dolna wartość graniczna i -tego parametru diagnostycznego.

Zdatność obiektu to stan występujący wówczas, gdy każdy z istotnych symptomów diagnostycznych s_i przyjmuje wartości z przedziału określonego zależnością (1), gdzie stanowi nadrzędny wektor stanów technicznych elementów obiektu.

Dla prowadzenia diagnozowania okrętowych silników spalinowych w fazie eksploatacji, wymagane jest porównanie mierzonych bieżących parametrów ze stanem odniesienia. Stan odniesienia to stan silnika zdatego, który był po jego wytworzeniu. Takich szczegółów charakterystyki nie zawierają dokumentacje techniczno-ruchowe, a wyniki prób zdawczych najczęściej są podawane w postaci tabelarycznej, trudnej do interpretacji [12].

3. Istniejące bazy danych

Obecnie pojawiła się potrzeba gromadzenia danych pochodzących z różnych źródeł, ich przechowywania i analizy. Baza danych w ogólnym ujęciu to zbiór wzajemnie powiązanych danych, za pomocą, których wykonuje się operacje logiczne, mate-

matyczne lub tekstowe. Jest to dobrze zorganizowany zbiór danych, który można w sposób szybki przeszukiwać, przetwarzać i aktualizować. Powinien posiadać on zdolność elastycznej i adekwatnej adaptacji do zmieniających się celów i zadań użytkowych.

Szczególną rolę we współczesnej diagnostyce technicznej pełnią systemy odkrywania wiedzy [18 rozdz. 23]. Przebieg pozyskiwania wiedzy może być rozumiany, jako ciąg złożonych działań, które zachodzą między źródłami wiedzy, inżynierem wiedzy lub zespołem inżynierów wiedzy oraz użytkownikami baz wiedzy, będącymi właściwymi adresatami wyników tego procesu. Proces ten jest wspomagany przez różnorodny zespół odpowiednich środków wspomagających, jeśli są takie możliwości.

Inżynier wiedzy jest to osoba, która bada daną dziedzinę wiedzy, identyfikuje pojęcia, które w tej dziedzinie wiedzy są istotne, oraz opracowuje dla tej dziedziny formalną próbę obiektów i relacji zachodzących między obiektami [18].

Specjalista jest istotnym uczestnikiem procesu pozyskiwania wiedzy. Może on występować w wielu etapach procesu pozyskiwania wiedzy. Specjalista jest niezastąpionym źródłem i weryfikującym podstawową wiedzę [18].

Istnieją bazy danych prezentowane na papierze, jak również elektroniczne systemy zarządzania bazami danych [5, 6, 18]. Wadą baz danych przechowywanych na papierze jest to, że wymagają poświęcenia dużej ilości czasu na organizowanie i koordynowanie informacji pochodzących z wielu źródeł i są przechowywane często w różnych miejscach.

W przeciwieństwie do baz danych prezentowanych na papierze, elektroniczne systemy zarządzania bazami danych umożliwiają przechowywanie informacji w jednym miejscu oraz ułatwiają dostęp do wybranych danych, z obszaru ogromnej liczby informacji [4]. Zaletą tego rodzaju bazy jest możliwość szybkiej zmiany formy prezentacji danych i porządkowanie danych według różnych kryteriów. Walorem jest również uzyskiwanie zestawów danych, jak również grupowanie danych i dokonywanie obliczeń.

Elektroniczne bazy danych znacznie skracają czas dołączenia, modyfikowania, uzupełniania i usuwania zestawów danych. Umożliwiają szybkie wyszukiwanie informacji według określonego kryterium nawet z bardzo dużego zbioru. Dobrze opracowana baza danych, umożliwia korzystanie ze wszystkich niezbędnych informacji za pomocą jednego pliku. W takim pliku informacje są podzielone według określonego klucza na zestawy danych i przechowywane w tabelach. Tabela jest zbiorem danych w naturalnej postaci i zawiera arkusze w fizycznych systemach [11].

Baza danych może zawierać jedną lub więcej tabel, w których połączone informacje będą prze-

chowywane. Tabela bazy danych, zwana również arkuszem danych, a podzielona jest na kolumny i wiersze. W każdym polu zapisywane są dane oddzielonej kategorii. Dzięki temu komputerowe bazy danych umożliwiają szybkie sortowanie rekordów według poszczególnych kategorii lub wyszukiwanie informacji w obrębie tylko wybranych pól. Do prezentacji i zarządzania danymi umieszczonymi w tabelach służą kwerendy, formularze i raporty.

Zadaniem ich jest pobieranie informacji z bazy danych oraz wstępne selekcionowanie danych przed ich wyświetleniem. Umożliwiają one zdefiniowanie grupy rekordów spełniających podane warunki. Po uruchomieniu kwerendy, uzyskany zbiór rekordów można wykorzystać w formularzu lub w raporcie. W ten sposób dostęp użytkownika może zostać ograniczony tylko do danych spełniających kryteria rekordów zwróconych przez kwerendę [9].

Bazę danych opracowano w Instytucie Nauk Podstawowych Technicznych Wyższej Szkoły Morskiej w Gdyni w postaci kart zawierających po kilkanaście informacji wejściowych. W rezultacie badań prowadzonych przy pomocy systemu INPT – A, gdzie wykorzystywano karty uszkodzeń i karty eksploatacji, możliwe było obliczenie informacji wtórnej przeznaczonej dla wielu adresów [1].

Z kilkunastu informacji wejściowych, przeniesionych z dokumentów statkowych przez inspektorów technicznych służb armatorów (Polskich Linii Oceanicznych i Polskiej Żeglugi Morskiej) na nośniki informacji wejściowych, uzyskano zbiory wskaźników i statystyk charakteryzujących silniki konstrukcji firmy Sulzer typu RD i RND, ich zespołów i elementów.

Karta eksploatacyjna (KE) była chronologiczną historią życia silnika, z chwilą stwierdzenia uszkodzenia wypełniało się kartę uszkodzenia. Projekt ten nie został wdrożony, ponieważ była zbyt duża opisowość KE, z czego wynikało wiele nieporozumień, spowodowanych dowolną interpretacją zjawisk przez ankieterów i załogę, wypełniających materiały źródłowe. Niektóre opisywane zdarzenia nie dały się zakwalifikować do żadnego opracowanego zbioru.

A. Balcerski i Z. Kneba opracowali relacyjną bazę danych o rzeczywistych warunkach pracy silników okrętowych i możliwości jej wykorzystania dla diagnostyki. Przy kompletowaniu tego zbioru informacji wykorzystali charakterystyki i parametry pracy odnotowane w dziennikach okrętowych, sprawozdaniach i raportach kierownictwa statku przekazywanych armatorowi, raporty z bieżących badań i pomiarów przeprowadzonych przez ekipy stoczniowe i instytucje naukowe. Korzystali również ze sprawozdań z rejsów badawczo-eksploatacyjnych, a także ze sprawozdań z praktyk morskich studentów. Baza danych została zaprojektowana dla gromadzenia informacji charakteryzujących statek jako obiekt techniczny, jak też o sta-

nach i warunkach eksploatacji urządzeń siłowni takich, jak np. silniki [3].

Do opracowania bazy danych został wykorzystany program Fox Pro 2.5 dla Windows. Przy pomocy modułu budowy bazy danych Fox Pro wykonano szablony zbiorów typu dbf o nazwach: statki, wachty i manewry [3].

Zautomatyzowanie maszyn pozwala na wstępną ocenę, do jakiego uszkodzenia doszło, co ma miejsce np. w motoryzacji [18]. Inny charakter baza danych miała w technice lotniczej gdzie była sprzężona z systemem opracowania norm zużycia części wymiennych, opierając się o dokumentację magazynową. W latach 80. zainicjowano w Instytucie Technicznym Wojsk Lotniczych prace nad unowocześnieniem istniejącego systemu zbierania i przetwarzania informacji o uszkodzeniach statków powietrznych [8].

Problemem tym zajmował się również autor współpracując i opracowując bazy danych o statkach i okrętowych silnikach spalinowych dla potrzeb badania niezawodności [6]. W wykonaniu tego banku danych wykorzystano materiały udostępnione przez producentów silników spalinowych i statków, krajowego armatora oraz odczytywane z tabliczek znamionowymi obiektów zamontowanych na statkach cumujących w portach lub stoczniach.

Zbudowana elektroniczna baza danych gromadzi szeroki zakres wiedzy na temat eksploatacji silników spalinowych i ułatwia korzystanie z niej. Daje to możliwość analizy rozwoju całego przedsiębiorstwa, na podstawie wielkości pojemności statków lub ilości przewożonego ładunku. Praca wraz z elektroniczną bazą danych stanowi zbiór informacji o obiektach pływających, poddawanych systematycznie badaniom bezpieczeństwa i niezawodności [6].

Szczególą ważną rolę w diagnostyce okrętowych silników spalinowych, a zwłaszcza wnioskowania, spełniają inteligentne systemy doradcze [14, 18].

4. Ocena aktualnych baz

Opracowywanie systemów informacji jest bardzo ważnym elementem eksploatacyjnym każdego obiektu w zależności, czy jest to np. silnik okrętowy czy silnik statku powietrznego.

Bazy danych są opracowywane od kilkudziesięciu lat i cały czas są modernizowane, a rozwój informatyki temu sprzyja.

Dynamiczny rozwój techniki pozwala na opracowanie baz danych dla potrzeb diagnostyki silników okrętowych. Umożliwia to wykonywanie charakterystyk wzorcowych, do których można dodawać charakterystyki opracowane przy aktualnych kontrolach stanu technicznego silnika spalinowego.

Dostęp do baz danych umożliwiają również sieci Internetowe, które dla morskich jednostek pływających wykorzystują łączność satelitarną.

5. Metoda i obiekty opracowania

5.1. Okrętowe tłokowe silniki spalinowe eksploatowane przez armatora

Celem niniejszej pracy było opracowanie systemu informacyjnego, dotyczącego parametrów diagnostycznych okrętowych silników spalinowych. Zakres pracy obejmował okrętowe tłokowe silniki spalinowe, w które wyposażone są różne typy morskich jednostek pływających armatora. Na statkach badanego armatora dominują przede wszystkim silniki firmy MAN B&W oraz Wärtsilä Sulzer, które w latach dziewięćdziesiątych opanowały rynek światowy.

W czasie prób odbiorczych oraz na bieżąco w czasie eksploatacji dokonuje się oceny działania silników okrętowych za pomocą wybranych parametrów, różnych dla poszczególnych rozwiązań konstrukcyjnych statków i silników spalinowych. Zestaw mierzonych parametrów służy do określenia poprawności przebiegu procesu roboczego i oceny stanu technicznego silnika oraz mechanicznego i cieplnego obciążenia jego elementów [16].

W artykule przedstawione zostały podstawowe parametry z prób niektórych silników, które stosowane są na statkach armatora. Przykładowo silnik firmy MAN B&W typu 5S50MC-C zastosowany jako silnik główny zamontowany jest między innymi na wielu statkach armatora [6, 7].

W 1985 roku zostały wprowadzone do programu firmy Burmeister & Wein, aby zaspokoić zapotrzebowanie na bardzo niskie prędkości obrotowe śrub okrętowych, silniki serii S-MC w wersji 4–8 cylindrów [10]. Dzięki nadzwyczajnie długiemu skokowi silniki te dają możliwość zastosowania bardzo małej prędkości obrotowej śruby okrętowej ustanawiając nową erę ultradługoskokowych silników o stosunku skoku tłoka do średnicy cylindra $S/D = 3,82$ [10].

5.2. Opis opracowanej bazy danych

Baza danych została zaprojektowana dla gromadzenia informacji o wybranych okrętowych tłokowych silnikach spalinowych. W realizacji zbioru danych wykorzystano dokumentację udostępnioną przez tego armatora oraz uzyskane parametry pracy silników ze statków zawijających do portów lub stoczni w Szczecinie.

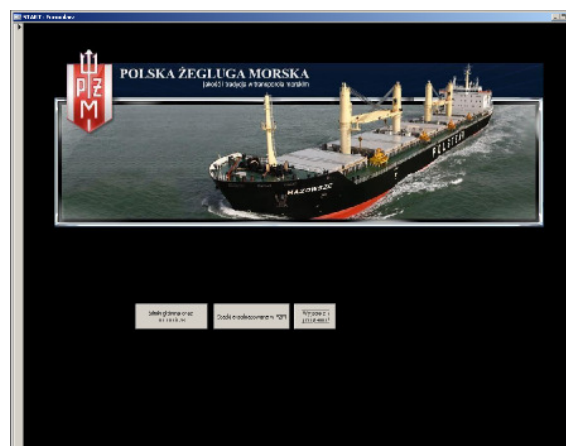
Do jej budowy wykorzystano programy pakietu Microsoft Office. Programy ten służą do budowania baz danych i zarządzania danymi znajdującymi się w tych bazach, a przede wszystkim wyszukiwania potrzebnych w danej chwili informacji. Przeszukiwanie baz danych oparte jest na opracowaniu odpowiednich kwerend. W wyniku uruchomienia

kwerendy otrzymywane są wybrane dane. Dla poprawy wprowadzania i przeglądania danych można opracować formularze, które ponadto zapewniają wygodny i estetyczny sposób pracy z bazami danych. Uzyskane dane można oglądać bądź wydrukować w raportach.

Dane bazy danych przechowywane są w tabelach. Tabela bazy danych jest zbiorem dotyczącym tego samego tematu. Dane przechowywane są w rekordach oraz polach. Rekord jest zestawem informacji o pojedynczym elemencie i składa się z pojedynczych pól. Każde pole zawiera jedną informację. Ponieważ potrzebne w danej chwili informacje mogą pochodzić z wielu tabel, a program ten umożliwia wykonanie systemu zarządzania relacyjnymi bazami danych.

Danymi w programach Access i Excel mogą być tekst, liczby, daty, rysunki, pliki i wiele innych elementów. Projektowanie bazy danych rozpoczyna się od określenia jej przeznaczenia i sposobów korzystania z niej przez określenie tabel i przechowywanie w nich jednorodnych informacji oraz określenie pól, czyli właściwości charakteryzujących tabelę. Aby program mógł powiązać informacje przechowywane w różnych tabelach, każda tabela w bazie danych musi zawierać pole lub zbiór pól, które jednoznacznie określają pojedynczy rekord. Takie pole lub zbiór pól nazywa się kluczem podstawowym. Klucz podstawowy jest zbudowany z relacji do łączenia odpowiadających sobie rekordów z różnych tabel.

Bezpośrednio po uruchomieniu programu na ekranie monitora pojawia się formularz start (rys. 1). Po naciśnięciu przycisku polecenia **statki eksploatowane**, pojawia się formularz **flota rodzaje** (rys. 2).

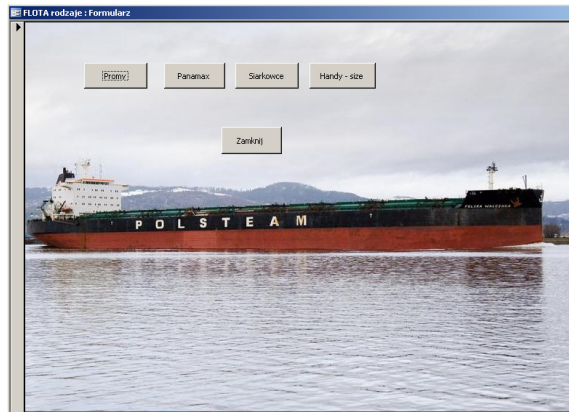


Rys. 1. Widok formularza start

Fig. 1. View start form

Po wejściu w ten formularz, uzyskuje się dostęp do danych dotyczących wybranego rodzaju statków, takich jak promy, panamaxy (rys. 3), siarkowce lub handy-size. Dane te obejmują rok i miejsce budowy, banderę, pod jaką pływa statek, nośność,

typ statku oraz jego długość i szerokość. Wyboru statku dokonuje się z listy, która rozwinie się po naciśnięciu pola **nazwa statku**.

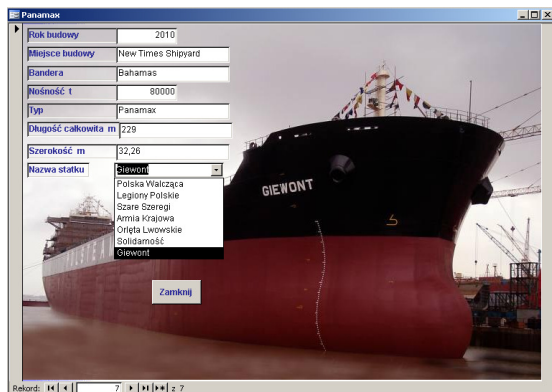


Rys. 2. Widok formularza flota – rodzaje

Fig. 2. View of form fleet - the types

Po naciśnięciu przycisku polecenia **silniki główne i pomocnicze** w formularzu start, otworzy się formularz silniki główne i pomocnicze (rys. 5).

Dane zapisano w formie odpowiadającej różnym sposobom reprezentacji i umieszczono w specjalnych elementach programów.

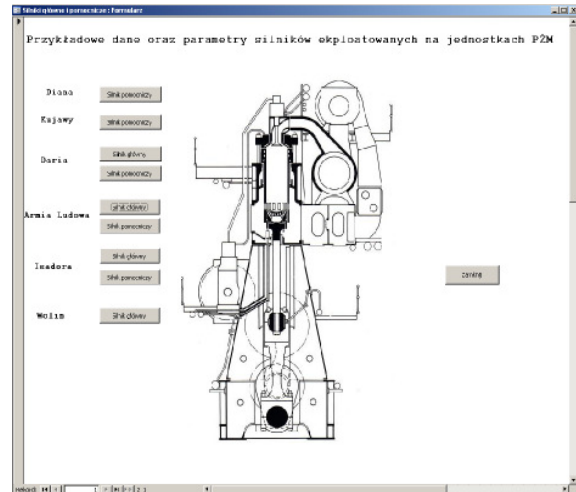


Rys. 3. Widok formularza panamax ze sposobem wyboru nazwy statku i widokiem informacji w nim zawartych

Fig. 3. Form view the panamax way to choose ship's name and view of the information contained therein

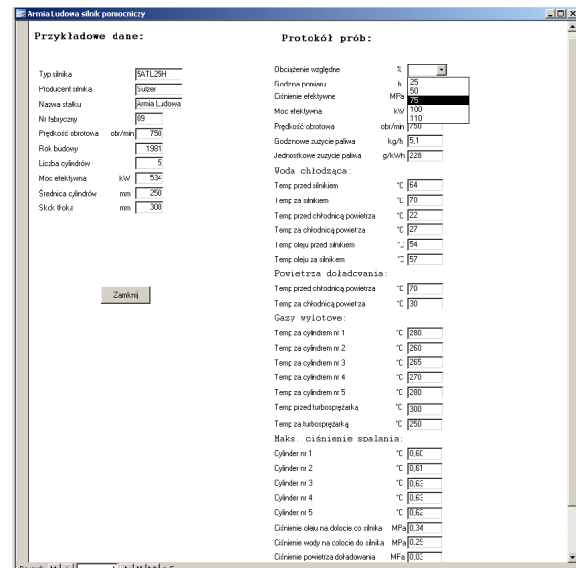
W tym formularzu uzyskuje się dostęp do wyboru silnika zamontowanego na danym statku. Przykładowy zbiór danych silnika ze sposobem wyboru obciążenia względnego i widokiem informacji w nim zawartych pokazany został na rys. 5.

Formularz przedstawia przykładowe dane oraz kompletny protokół z prób silnika Sulzer 5ATL25H, który jest jednym z trzech silników pomocniczych zamontowanych na tym typie statku. Pojawia się tutaj wybór obciążenia względnego, po czym zmieniają się parametry, które zostały zmierzone podczas tych prób.



Rys. 4. Widok formularza silniki główne i pomocnicze

Fig. 4. Form view main and auxiliary engines



Rys. 5. Widok formularza silnik pomocniczy ze sposobem wyboru obciążenia względnego i widokiem informacji w nim zawartych

Fig. 5. Form View from the auxiliary engine selection process and view the relative load on the information contained therein

Przykładowe dane z prób napędu silnika pomocniczego przedstawiono w tabeli 1. Wykorzystane w czasie prób parametry diagnostyczne odpowiadają monitorowanym i obserwowanym zmiennym procesowym i resztkowym w eksploatacji.

Jak można zauważyć, nie wszystkie materiały z prób zawierają pełną dokumentację, a także w poszczególnych dokumentach brak jest zapisu wielu parametrów diagnostycznych. Niektóre próby nie zostały wykonane w pełnym zakresie pracy danego silnika.

Tabela 4. Dane zawarte w protokole z prób silnika pomocniczego typu 4S20H

Table 4. The data contains in testing protocol auxiliary engine type 4S20H

| L. p. | Parametr | Jednostka |
|-------|-----------------------------------|-----------|
| 1 | Czas pomiaru | [min] |
| 2 | Ciśnienie efektywne | MPa |
| 3 | Obciążenie względne | % |
| 4 | Moc efektywna silnika | kW |
| 5 | Wskaźnik obciążenia regulatora | – |
| 6 | Wskaźnik obciąż silnika | – |
| 7 | Moc silnika zmierzona | kW |
| 8 | Prędkość obrotowa | 1/min |
| 9 | Godzinowe zużycie paliwa | kg/h |
| 10 | Jednostkowe zużycie paliwa | g/(kWh) |
| 11 | Woda chłodząca | – |
| 12 | Ciśnienie przed silnikiem | MPa |
| 13 | Temperatura przed silnikiem | °C |
| 14 | Temperatura za silnikiem | °C |
| 15 | Olej smarujący | – |
| 16 | Ciśnienie przed silnikiem | MPa |
| 17 | Temperatura przed silnikiem | °C |
| 18 | Temperatura za silnikiem | – |
| 19 | Powietrze doładowania | – |
| 20 | Ciśnienie atmosferyczne | hPa |
| 21 | Temperatura otoczenia | °C |
| 23 | Ciśnienie powietrza doładowania | MPa |
| 24 | Temp. przed chłodnicą powietrza | °C |
| 25 | Temp. za chłodnicą powietrza | °C |
| 26 | Gazy wylotowe | – |
| 27 | Temperatura za cylindrem nr 1 | °C |
| 28 | Temperatura za cylindrem nr 2 | °C |
| 29 | Temperatura za cylindrem nr 3 | °C |
| 30 | Temperatura za cylindrem nr 4 | °C |
| 31 | Temperatura przed turbosprężarką | °C |
| 32 | Temperatura za turbosprężarką | °C |
| 33 | Średnia temperatura za cylindrami | °C |
| 34 | Przeciwcisnienie w kominie | MPa |
| 35 | Ciśnienie spalania | – |
| 36 | Cylinder nr 1 | MPa |
| 37 | Cylinder nr 2 | MPa |
| 38 | Cylinder nr 3 | MPa |
| 39 | Cylinder nr 4 | MPa |
| 40 | Ciśnienie paliwa przed silnikiem | MPa |

W tabelach są istotne pomiary, które wykonuje się stopniowo. Aby dokonać analizy należy wykonać charakterystyki, które są łatwiejsze w interpretacji niż parametry znajdujące się w tabelkach. Do analizy należy brać parametry współzależne z obciążeniem silnika, ponieważ takie są zazwyczaj skorelowane ze stanem technicznym [12, 13].

Silniki spalinowe armatora są diagnozowane przez autora za pomocą przyrządów pomiarowych i parametrów znajdujących się w wyposażeniu

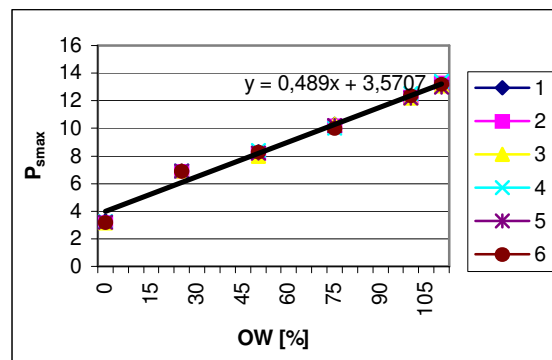
statku, jak również z zastosowaniem przenośnego systemu diagnostycznego. Mierzone parametry diagnostyczne są wskazywane lub rejestrowane w miejscu pomiaru, jak wskazywane zdalnie, np. centrami manewrowo-kontrolnej (rys. 6).



Rys. 6. Widok centrali manewrowo-kontrolnej przykładowego statku

Fig. 6. View the manoeuvring-control central of exemplary ship

Na rys. 7. przedstawiono przebieg zmiany maksymalnego ciśnienia spalania w poszczególnych cylindrach od mocy efektywnej, gdzie otrzymano zależność liniową. Jest to parametr powszechnie stosowany w diagnostyce okrętowych silników spalinowych, lecz mniej wrażliwy na zmiany stanu technicznego niż np. średnie ciśnienie indykowane. Wiele systemów diagnozujących spełnia funkcję maksymometru.



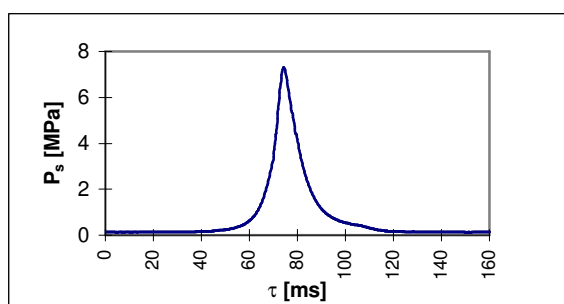
Rys. 7. Zależność maksymalnego ciśnienia spalania P_{smax} w zależności od obciążenia względnego WO silnika typu 6AL20H w czasie prób hamownianych silnika nowego

Fig. 7. The dependence of the maximum combustion pressure P_{smax} in the relative load WO of 6AL20H type engine during bench tests of new engine

Badania eksploatacyjne prowadzone są dla różnych obciążeń i powtarzalnych obciążeń, co dla silników pomocniczych realizowane jest przez załączanie różnych odbiorników energii elektrycznej, lub w czasie prób po obsłudze, gdzie czasami wykorzystywany jest opornik wodny. Przykładowy przebieg ciśnienia w komorze spalania z zastosowaniem elektronicznego systemu akwizycji sygna-

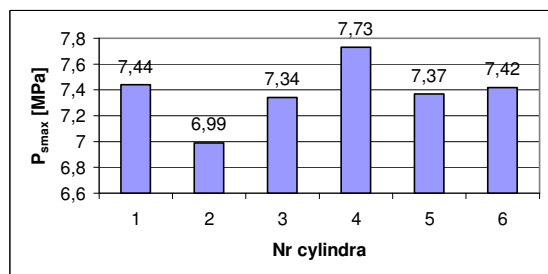
łów przedstawiono na rys. 8. Natomiast na rys. 9 pokazano przebieg maksymalnych ciśnień spalania dla poszczególnych cylindrów silnika 6AL20/24D przy obciążeniu względnym równym 50%, które można porównać z wartościami odniesienia. Ogromna liczba danych pomiarowych wymaga ich hurtowania.

Na rys. 10 przedstawiono zmierzone wartości maksymalnych ciśnień spalania w czasie prób po obsłudze kapitalnej dla pierwszego cylindra z naniesioną linią aproksymacyjną wraz z równaniem. Tutaj punkty pomiarowe były bardziej rozproszone niż dla silnika po wytworzeniu, a jeszcze bardziej między cylindrami, gdzie rozrzut od wartości średniej dla danego obciążenia dochodził do 5%.



Rys. 8. Przykładowy przebieg ciśnienia w komorze spalania silnika typu AL20/24D dla jednego cyklu roboczego przy obciążeniu względnym 50%

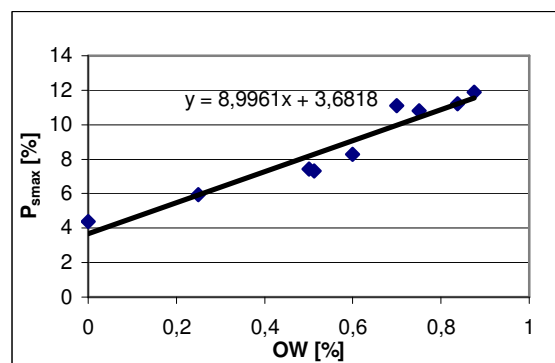
Fig. 8. The exemplary pressure course in combustion chamber of engine type 6AL20/24D for one cycle at relative load 50%



Rys. 9. Wartości maksymalnych ciśnień w komorze spalania silnika typu 6AL20/24D przy obciążeniu względnym 50%

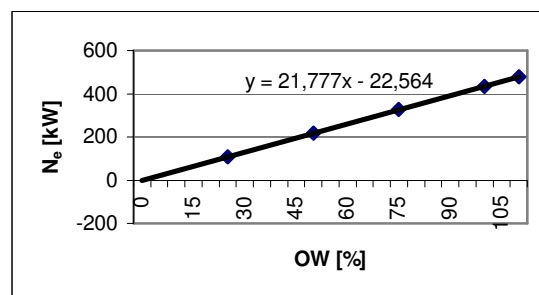
Fig. 9. The values of maximum combustion pressure of engine 6AL20/24D at the at relative load 50%

Moc efektywna (użyteczna) N_e jest to moc, jaką silnik w ustalonych warunkach pracy przekazuje odbiorcy mocy. Moc efektywną mierzy się na sprzęgle (kołnierzu) wału korbowego, przykładowy jej przebieg wraz z obciążeniem ilustruje rys. 11.



Rys. 10. Zależność maksymalnego ciśnienia spalania P_{smax} w zależności od obciążenia względnego WO cylindra nr 1 silnika typu 6AL20D w czasie prób zdawczych po przeglądzie kapitalnym

Fig. 10. The dependence of the maximum combustion pressure P_{smax} depending on the relative load WO No. 1 cylinder engine type 6AL20D during acceptance tests after the of major review



Rys. 11. Zmiana mocy efektywnej w zależności od obciążenia względnego silnika typu 6AL20/24D ze statku typu B542

Fig. 11. Change in effective power depending on relative load engine type 6AL20/24D to the vessel type B542

6. Podsumowanie

Dla silnika poddanego próbom, znaczące parametry eksploatacyjne powinny zostać zmierzone i zapisane przez producenta silnika oraz powinny być zestawione w sprawozdaniu z prób.

Tematyka badawcza prezentowana w artykule dotyczy zgromadzenia parametrów ze stacji prób u producenta silników eksploatowanych dla wybrane jednostek pływających armatora.

Przy obecnym rozwoju informatyki celowym wydaje się budowanie elektronicznych baz danych dla potrzeb diagnostyki, zawierających wartości parametrów i charakterystyki wzorcowe, do których można dodawać dane i charakterystyki wykonane przy bieżących kontrolach stanu technicznego silnika spalinowego. Dlatego też, baza danych, która została zbudowana przy realizacji tych prac daje możliwość jej rozszerzenia w każdej chwili o dodatkowe informacje, co powoduje, że staje się narzędziem do sporządzenia rozbudowanych i na bieżąco aktualizowanych banków danych.

Dzięki temu eksploatacja silnika ma dostęp do informacji, czy stosowany przez niego sposób eksploatacji jest korzystny i odsuwa obsługę według

resursu, do chwili pogorszenia się stanu technicznego.

W ramach niniejszych prac zrealizowano główny cel, jakim było zbudowanie elektronicznej bazy danych zawierającej parametry z prób zdawczych silników, stosowanych na statkach cywilnego armatora.

Wartości parametrów okrętowych tłokowych silników spalinowych zostaną wykorzystane dla potrzeb diagnostyki. Opracowana baza może być wstępem do kolejnych projektów badawczych.

Baza ta jest wykonana w sposób czytelny, co ułatwi rozbudowę programu o parametry silników z kolejnych statków.

Nomenclature/Skróty i oznaczenia

N_e Moc użyteczna /effective horse-power
 OW Relative load/obciążenie względne
 P_s Ciśnienie w komorze spalania/gaz skroplony

P_{max} Maksymalne ciśnienie w komorze spalania / maximum combustion pressure
 τ Time/czas

Bibliography/Literatura

- [1] Adamkiewicz W., Hempel A., Podsiąło A., Śliwiński R.: Badanie i cena niezawodności maszyny w systemie transportowym. WKiŁ, Warszawa 1983.
- [2] Apiecionek Z.: Bazy danych. Stowarzyszenie Komputer i Sprawy Szkoły KISS, Katowice 2007.
- [3] Balcerski A., Kneba Z.: Baza danych o rzeczywistych warunkach pracy silników okrętowych i możliwość jej wykorzystania dla diagnostyki. Kongres diagnostyki technicznej, Gdańsk 1996, s. 43–46.
- [4] Banachowski L., Stencel K.: Systemy zarządzania bazami danych. Wyd. Polsko-Japońskiej Szkoły Technik Komputerowych, Warszawa 2007.
- [5] Garcia – Molina H., Ullman J.D., Widom J.: Systemy baz danych. Wyd. Naukowo-Techniczne, Warszawa 2006.
- [6] Gąsior K., Monieta J.: Baza danych o statkach i okrętowych silnikach spalinowych na potrzeby badania niezawodności. XXXIV Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk 2006, s. 103–111.
- [7] <http://www.polsteam.com.pl/ship/458>, 19.04.2010.
- [8] Jadźwiński J., Żurek J., Kaleta R.: Narodziny i rozwój systemu zbierania i przetwarzania informacji o uszkodzeniach techniki lotniczej. XXXIII Zimowa Szkoła Niezawodności, Szczyrk 2005, s. 221–232.
- [9] Kopertowska M.: Bazy danych. PWN, Warszawa 2007.
- [10] Kopyczyński M., Mańczak J., Przewoźny W.: Rozwój konstrukcji dwusuwowych silników okrętowych na tle osiągnięć firmy H. Cegielski-Poznań S.A. Evaluation of two-stroke marine diesel engines design in H. Cegielski-Poznań S.A. Combustion Engines 2006 № 3, s. 3–37.
- [11] Mendrala D., Szeliga M.: Access 2007 PL. Kurs. Wydawnictwo Helion, Gliwice 2007.
- [12] Monieta J.: Charakterystyki odniesienia okrętowych tłokowych silników spalinowych. Zeszyty Naukowe Akademii Marynarki Wojennej 2005 nr 162 K/2, s. 317–324.
- [13] Monieta J.: Problems of determining mean indicator pressure of piston combustion engines from developed indicator diagrams. Journal of KONES Powertrain and Transport 2010 Vol. 17, No. 3, s. 301–306.
- [14] Nabende P., Wanyama T.: An expert system for diagnosing heavy-duty diesel engine faults. Advances in Computer and Information Sciences and Engineering 2008, s. 384–389.
- [15] Piotrowski I., Witkowski K.: Okrętowe silniki spalinowe. Trademar, Gdynia 2004.
- [16] Piotrowski I., Witkowski K.: Eksploatacja okrętowych silników spalinowych. Wyd. Fundacja Rozwoju Wyższej Szkoły w Gdyni, Gdynia 2002.
- [17] Żółtowski B.: Podstawy diagnostyki maszyn. Wyd. ATR, Bydgoszcz 1996.
- [18] Żółtowski B., Cempel Cz.: Inżynieria Diagnostyki Maszyn. Polskie towarzystwo Diagnostyki Technicznej, Warszawa 2004.

Mr Jan Monieta, DSc., DEng. – doctor in the Faculty of Mechanical Engineering at Maritime University of Szczecin.

Dr inż. Jan Monieta – adiunkt na Wydziale Mechanicznym Akademii Morskiej w Szczecinie.

