

Piotr SIDOROWICZ\*

## Smarowanie tulei cylindrowej w dwusuwowych wysokoprężnych silnikach okrętowych produkcji MAN Diesel

*W artykule omówione zostały rodzaje pomp smarnych stosowanych do smarowania układu tuleja cylindrowa–tłok w wolnoobrotowych silnikach wysokoprężnych konstrukcji MAN Diesel. Przedstawiono konstrukcję pomp smarnych mechanicznych typu HJ oraz systemu smarowania ALPHA ze sterowaniem elektronicznym.*

Słowa kluczowe: silnik okrętowy, smarowanie, system smarowania

### Cylinder liner lubrication in MAN Diesel marine two-stroke diesel engines

*The article describes the kinds of lubricators used for lubricating the cylinder liner-piston unit in the MAN Diesel slow-speed diesel engines. It presents the design of the HJ-type mechanical lubricators and the ALPHA lubrication system with the electronic control.*

Key words: marine engine, lubrication, lubrication system

#### 1. Wstęp

Zmniejszenie oporów tarcia i zużycia elementów silnika współpracujących ze sobą, takich jak tłok i tuleja cylindrowa, wymaga smarowania ich powierzchni trących. Zadaniem oleju smarnego jest rozdzielenie współpracujących elementów, usuwanie (rozpuszczanie) osadów powstałych podczas pracy silnika oraz zabezpieczenie powierzchni przed korozją.

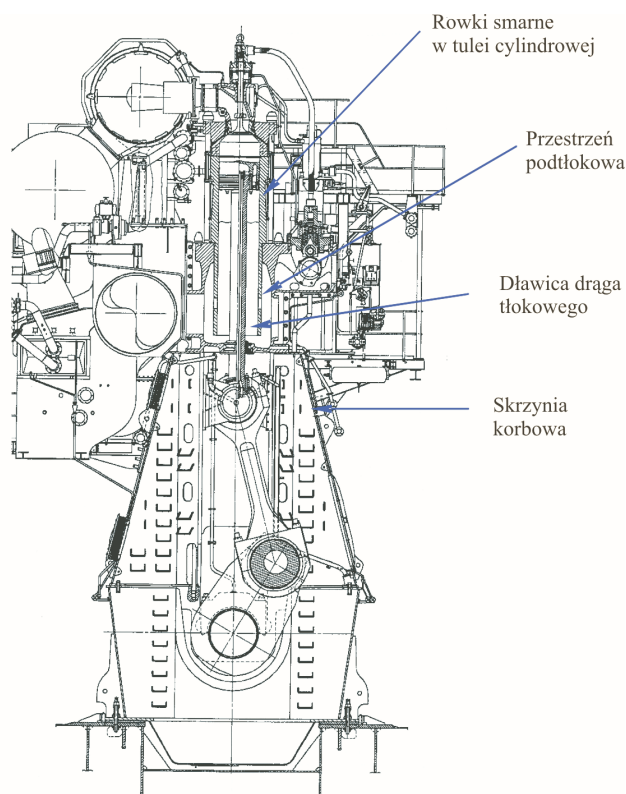
Uzyskanie i utrzymanie dobrego stanu tulei cylindrowej i pierścieni tłokowych w dwusuwowych silnikach wysokoprężnych wymaga odpowiedniego doboru wielu czynników, począwszy od procesu projektowania, poprzez produkcję, a skończywszy na eksploatacji. W okresie eksploatacji czynniki te mogą być uzależnione od warunków zewnętrznych, jak również od sposobu obsługi prowadzonej przez załogę maszynowni. Jednym z takich czynników jest odpowiednie smarowanie cylindra. W dwusuwowych, wysokoprężnych silnikach okrętowych, ze względu na oddzielenie dławnicą drąga tłokowego przestrzeni podtłokowej od skrzyni korbowej (rys. 1), niemożliwe jest smarowanie układu tuleja cylindrowa – tłok rozbryzgowo od obracającego się wału korbowego. Konieczne jest zastosowanie wymuszonego systemu smarowania wymagającego wyposażenia każdej tulei cylindrowej w króćce smarne (do średnicy cylindra 600 mm – 6 sztuk, od średnicy 650–800 mm – 8 sztuk, a powyżej średnicy 900 mm – 10 sztuk) oraz rowki smarne (rys. 2), przez które olej smarny pod ciśnieniem wytworzonym przez pompę smarną jest rozprowadzany po gładzi cylindrowej.

Na utrzymanie w dobrym stanie pary tuleja cylindrowa–tłok ma również wpływ odpowiednie wyregulowanie układu smarnego, tak, aby powstały film olejowy podczas pracy silnika był ciągły. Podczas eksploatacji należy przestrzegać następujących warunków:

- pompy smarne cylindrów muszą być prawidłowo wyregulowane, zgodnie z zaleceniami MAN Diesel,

#### 1. Introduction

The reduction of frictional resistance and wear of the engine's mating elements, such as piston and cylinder liner, requires that their friction faces be lubricated. The task of lubricating oil is to separate mating elements, remove (dissolve) sediments formed during engine operation, and protect surfaces against corrosion.



Rys. 1. Przekrój silnika S80MC-C

Fig. 1. S80MC-C engine cross-section

- typ oleju cylindrowego i liczba zasadowa (TBN – *Total Basic Number*) muszą być dobrane odpowiednio do spalania paliwa,
- nowe tuleje i pierścienie tłokowe muszą być dotarte.

Dużym problemem jest utrzymanie dobrego stanu cylindrów podczas eksploatacji silnika na paliwie niskosiarkowym o zawartości siarki poniżej 1,5%. Dla utrzymania między pierścieniami tłokowymi, a ściankami cylindra hydrodynamicznego filmu olejowego konieczne jest stosowanie oleju smarnego o odpowiedniej liczbie TBN.

Zależność między poziomem siarki w paliwie a olejem cylindrowym firma MAN Diesel przedstawia następująco:

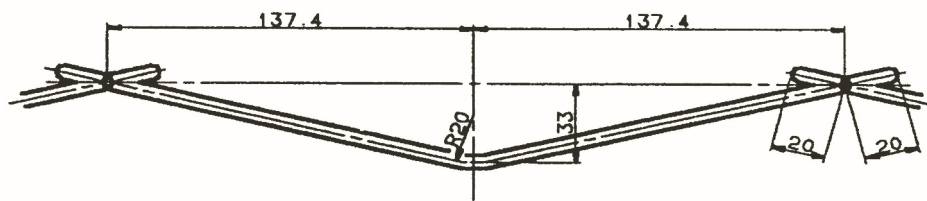
- poziom siarki w paliwie < 1%: zaleca się TBN40/50; przejście z TBN70 na TBN40/50 tylko przy pracy na paliwie o zawartości siarki < 1% przez okres dłuższy niż tydzień,
- poziom siarki w paliwie 1-1,5%: można stosować TBN40/50 i TBN70,
- poziom siarki w paliwie > 1,5%: zaleca się TBN70.

## 2. Pompy smarne mechaniczne

W silnikach typu MC pompy smarne napędzane są przez przekładnię łańcuchową, która usytuowana jest po stronie rufowej silnika. Przekładnia przenosi napęd z wału rozrządu na wałek napędowy pomp smarnych. Napęd pomp smarnych odbywa się za pomocą:

- dwóch kół łańcuchowych – jednego znajdującego się na wale rozrządu i drugiego zamontowanego na wałku napędowym pomp smarnych,
- napinacza łańcucha,
- łańcucha 1-calowego,
- wałków i sprzęgieł łączących poszczególne pompy smarne.

W silnikach z rodziny MC każdy układ cylindrowy (rys. 3) wyposażony jest w pompę smarną (poz. 1), zawierającą określoną liczbę prasek smarnych, która odpowiada liczbie króćców smarnych w tulei cylindrowej. Pompy smarne usytuowane są po stronie wału rozrządu i wzajemnie połączone za pomocą wałków wyposażonych w sprzęgła (poz. 2).



Rys. 2. Rowki smarne w tulei cylindrowej do smarowania pompami mechanicznymi

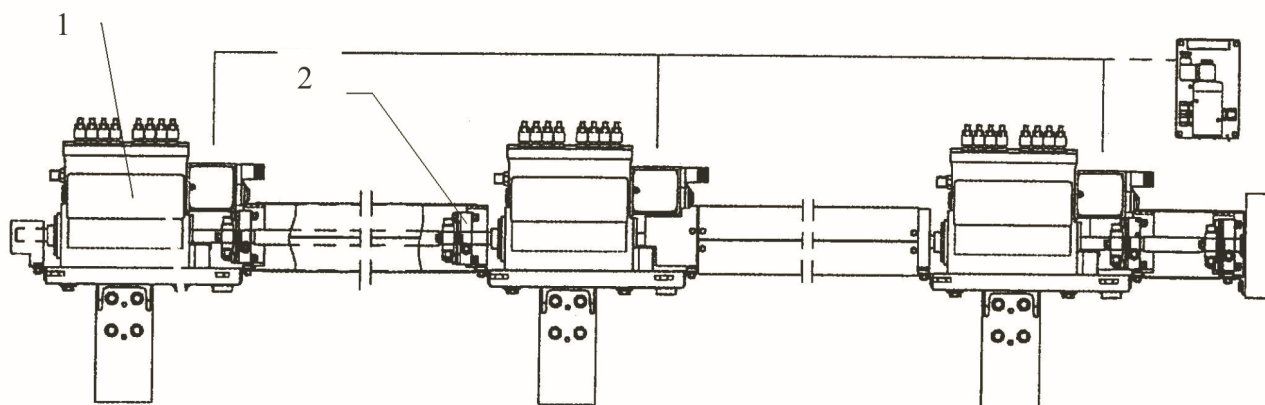
Fig. 2. Lubricating grooves in cylinder liner for lubrication by means of mechanical lubricators

For obtaining and keeping good condition of cylinder liner and piston rings in two-stroke diesel engines, many factors must be selected properly, starting from design process, through production, to operation. During normal operation, those factors can depend on external conditions, as well as the way the machine room staff attends to the engine. One of such factors is adequate cylinder lubrication. In marine two-stroke diesel engines, due to the fact that the underpiston space is separated from frame box by piston rod gland box (Fig. 1), splash lubrication of the cylinder liner-piston unit from the rotating crankshaft is impossible. It is necessary to apply a forced lubrication system requiring that each cylinder liner be equipped with injection nozzles (up to cylinder bore 600 mm – 6 pieces, 650-800 mm – 8 pieces, above 900 mm – 10 pieces) and lubricating grooves (Fig. 2) through which the lube oil under pressure generated by lubricator is distributed all over the cylinder bearing surface.

The keeping of the cylinder liner-piston unit in good condition is also influenced by proper lubrication system adjustment so that the oil film formed during engine operation can remain intact. During operation, the following conditions must be kept to:

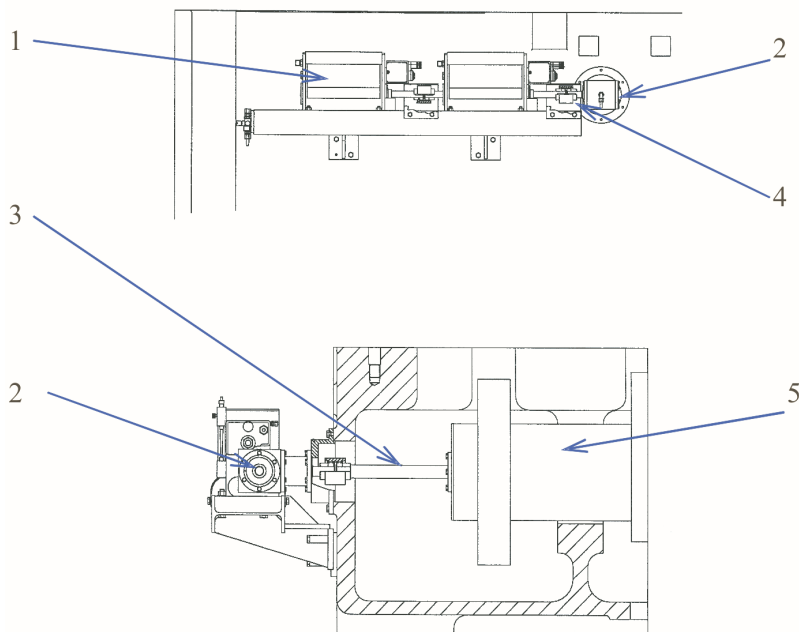
- Cylinder lubricators must be adjusted correctly according to MAN Diesel requirements,
- Cylinder oil type and TBN (Total Base Number) must be selected according to fuel oil burnt,
- New liners and piston rings must be run-in with care.

A more complex problem is to maintain good cylinder condition during engine operation on a low-sulphur fuel oil with the sulphur content below 1.5%. To keep the hydrodynamic oil film between piston rings and cylinder walls, it is necessary to use lube oil with adequate TBN.



Rys. 3. Pompy smarne silnika typu MC umiejscowione po stronie wału rozrządu; 1 – pompa smarna, 2 – sprzęgło

Fig. 3. MC-type engine lubricators located on camshaft side; 1 – lubricator, 2 – coupling



Rys. 4. Pompy smarne silnika typu MC-C umiejscowione po stronie dziobowej silnika; 1 – pompa smarna, 2 – przekładnia kątowna, 3 – wałek pośredni, 4 – sprzęgło, 5 – wał rozrządu

Fig. 4. MC-C-type engine lubricators located on engine fore side; 1 – lubricator, 2 – intersecting axis gear, 3 – intermediate shaft, 4 – coupling, 5 – camshaft

Pompy smarne silnika typu MC-C (rys. 4) nie różnią się pod względem konstrukcyjnym od pomp stosowanych w silnikach typu MC. Zmieniono natomiast ich usytuowanie i liczbę. Zrezygnowano z pojedynczych pomp dla każdego cylindra na rzecz pompy zintegrowanej. Liczba pomp smarnych uzależniona jest od średnicy i liczby cylindrów; może ich być od jednej do trzech na silnik. Pompy przeniesiono ze strony wału rozrządu na stronę dziobową silnika. Na miejsce usytuowania wybrano stronę dziobową, ponieważ pozwoliło to zrezygnować z przekładni łańcuchowej. Zastosowano sztywne połączenie z wałem rozrządu, a poprzez zastosowanie przekładni kątownej uzyskano napęd bezpośredni zespołu pomp smarnych. Rozwiązanie to spowodowało likwidację skomplikowanego napędu. W miejsce ww. układu napędowego wprowadzono przekładnię kątowną (rys. 4, poz. 2) połączoną bezpośrednio wałkiem (poz. 3) z wałem rozrządu. Pompy smarne między sobą połączone są sprzęgłem (poz. 4).

Dla statków wyposażonych w śrubę napędową o stałym skoku (FPP – *Fixed Pitch Propeller*), w pompach smarnych wielkość dawki oleju cylindrowego jest dobrana w zależności od prędkości obrotowej silnika (rys. 5). Wielkość dawki oleju może być także zależna od obciążenia; typ ten nazwano LCD (*Load Change Dependent*), rys. 6.

W silnikach wyposażonych w mechaniczny regulator obrotów Woodward'a, pompy smarne LCD są sterowane zespołem elektronicznym, który kontroluje położenie paliwowego wałka regulacyjnego, sterującego wydatkiem pomp paliwowych. W przypadku gdy silnik wyposażony jest w elektroniczny regulator obrotów, pompy smarne LCD są sterowane bezpośrednio przez regulator.

The correlation between fuel sulphur level and cylinder oil is presented by MAN Diesel as follows:

- Fuel sulphur level < 1%: TBN40/50 is recommended; change-over from TBN70 to TBN40/50 only when operating on < 1% sulphur for more than one week.
- Fuel sulphur level 1-1.5%: TBN40/50 and TBN70 can be used.
- Fuel sulphur level > 1.5%: TBN70 is recommended.

## 2. Mechanical lubricators

In the MC-type engines, the lubricators are driven by a chain transmission located on the engine aft side. The transmission transfers drive from camshaft to lubricator driving shaft. The lubricator drive is effected by means of:

- Two chain wheels – one on camshaft and the other mounted on lubricator driving shaft,
- Chain tightener,
- One-inch chain,
- Shafts and couplings that connect individual lubricators.

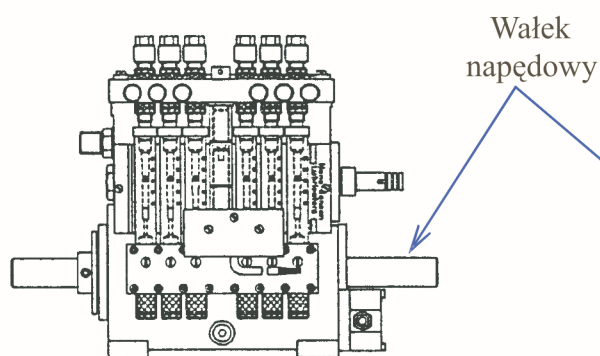
ual lubricators.

In the MC-series engines, each cylinder unit (Fig. 3) is equipped with a lubricator (Pos. 1) comprising a definite number of lubricating quills corresponding to the number of injection nozzles in cylinder liner. The lubricators are located on the camshaft side and interconnected by means of shafts equipped with couplings (Pos. 2).

The MC-C-type engine lubricators (Fig. 4) are not different, as far as their design is concerned, from the lubricators used in the MC-type engines. However, their location and quantity are changed. Single lubricators for each cylinder were replaced by one integrated pump. The number of lubricators depends on the bore and number of cylinders; there can be from one to three lubricators per engine. They were moved from the camshaft side to the engine fore side, because this allowed to give up the chain transmission. A rigid connection with camshaft was used, and by using an intersecting axis gear the direct drive of the lubricator unit was obtained. Thanks to this solution, a complicated drive was eliminated. In place of the a.m. drive system, an intersecting axis gear (Fig. 4, Pos. 2) connected with camshaft directly by means of a shaft (Pos. 3) was introduced. The lubricators are interconnected by means of a coupling (Pos. 4).

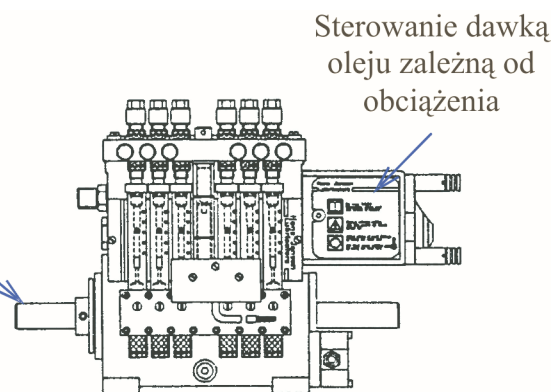
For ships equipped with FPP (Fixed Pitch Propeller), the cylinder oil feed rate in lubricators is selected depending on engine speed (Fig. 5). Lubricators can also have the oil feed rate dependent on load; this type is called LCD (Load Change Dependent), Fig. 6.

In engines equipped with a Woodward mechanical governor, the LCD lubricators are controlled by an electronic unit that monitors the location of a fuel regulating shaft controlling the lubricator feed rate. When the engine is equipped



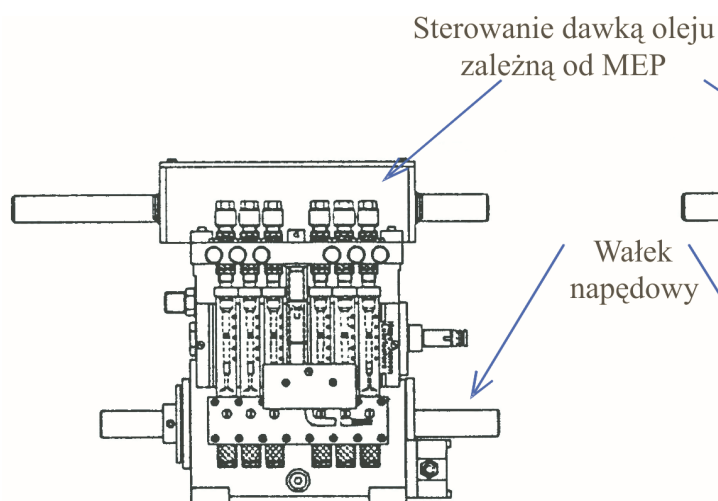
Rys. 5. Pompa smarna pracująca w funkcji prędkości obrotowej

Fig. 5. Lubricator operating as a function of speed



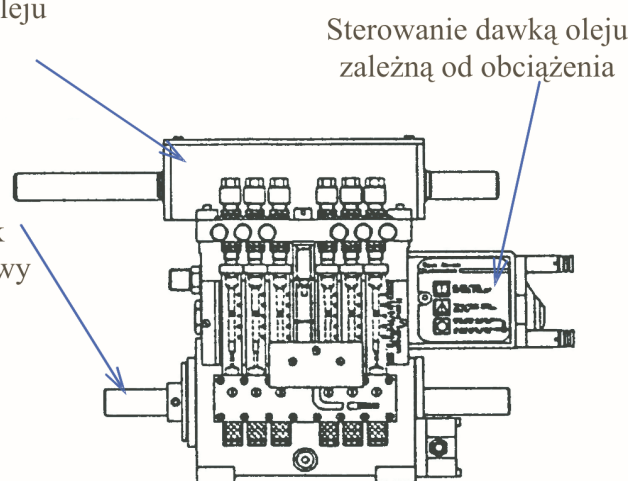
Rys. 7. Pompa smarna pracująca w funkcji obciążenia LCD

Fig. 7. Lubricator operating as a function of LCD load



Rys. 6. Pompa smarna pracująca w funkcji MEP

Fig. 6. Lubricator operating as a function of MEP



Rys. 8. Pompa smarna pracująca w funkcji obciążenia LCD i MEP

Fig. 8. Lubricator operating as a function of LCD load and MEP

Pompy smarne sterowane w funkcji LCD mogą pracować w następujących ustawieniach:

- pompy smarne podają zwiększoną dawkę oleju cylindrowego podczas rozruchu, manewrowaniu oraz przy nagłych zmianach obciążenia; obniża to zużycie tulei cylindrowej,
- pompy smarne podają ustaloną dawkę oleju cylindrowego na obrót wału.

Gdy statek jest wyposażony w śrubę napędową o zmiennym skoku (CPP – *Controllable Pitch Propeller*), wtedy silnik pracuje ze stałą prędkością obrotową, a pompy smarne i wielkość dawki oleju cylindrowego są sterowane od w zależności od średniego ciśnienia efektywnego (MEP), rys. 6.

W siłowniach ze śrubą nastawną (CPP) mogą być zastosowane pompy smarne w wykonaniu, w którym ilość podawanego oleju jest zależna od średniego ciśnienia użytecznego (MEP) i od obciążenia (LCD), rys. 8.

### 3. Zasada działania pompy smarnej typu HJ produkcji Hans Jansen Lubricators A/S

Silniki wolnoobrotowe dwusuwowe konstrukcji MAN Diesel wyposażone są w pompy smarne firmy Hans Jansen Lubricators A/S typu HJ (rys. 9). Pompa zasilana jest ole-

with an electronic speed governor, the LCD lubricators are controlled directly by the governor.

Lubricators with the LCD control function can operate with the following settings:

- Lubricators supply an increased cylinder oil dosage during starting, maneuvering and in case of sudden load changes; this reduces the cylinder liner wear;
- Lubricators supply a fixed cylinder oil dosage per shaft revolution.

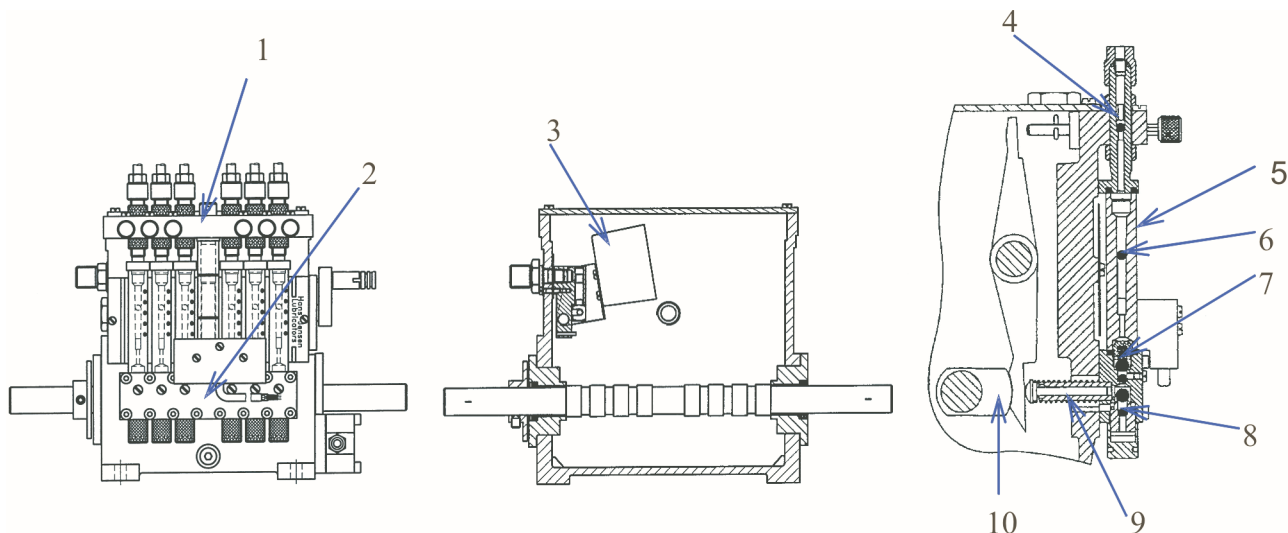
When a ship is equipped with CPP (Controllable Pitch Propeller), the engine runs with a fixed speed, and the lubricators and cylinder oil feed rate are controlled depending on mean effective pressure (MEP), Fig. 6.

Plants with CPP can be provided with lubricators having the design where the amount of supplied oil depends on mean effective pressure (MEP) and load (LCD), Fig. 8.

### 3. Principle of operation of HJ lubricator manufactured by Hans Jansen Lubricators A/S

Slow-speed two-stroke engines of the MAN Diesel design are equipped with the HJ-type lubricators of Hans Jansen Lubricators A/S (Fig. 9). The lubricator is supplied by





Rys. 9. Pompa smarna typu HJ: 1 – pompa smarna, 2 – blok pompy, 3 – pływak z zaworem, 4 – zawór zwrotny, 5 – wskaźnik przepływu, 6 – kulka, 7 – zawór, 8 – zawór ssący, 9 – tłok pompy smarnej, 10 – krzywka z wałem napędowym

Fig. 9. HJ-type lubricator: 1 – lubricator, 2 – pump block, 3 – float valve, 4 – non-return valve, 5 – flow indicator, 6 – ball, 7 – valve, 8 – suction valve, 9 – lubricator piston, 10 – cam with driving shaft

jem ze zbiornika grawitacyjnego umieszczonego w siłowni. Poziom oleju w zbiorniku znajdującym się w pompie smarnej (poz. 1) utrzymywany jest na poziomie około 70 do 110 mm powyżej krawędzi bloku pompy (poz. 2). Odpowiedni poziom zabezpiecza pływak wraz z zaworem (poz. 3). Poziom oleju można obserwować na wskaźniku (poz. 5). Podczas pracy pompy olej jest zasysany przez podwójny zawór ssący (poz. 8) do komory przed tłokiem pompy (poz. 9). Krzywka (poz. 10) podczas obrotu naciska na tłok (poz. 9), który powoduje sprężenie dawki oleju. Przez zawór (poz. 7) olej przepływa do wskaźnika przepływu (poz. 5) wykonanego z przezroczystego tworzywa. Wewnątrz kanału przepływowego znajduje się kulka (poz. 6), której ruch w górę informuje o przepływie oleju. Następnie przez zawór zwrotny (poz. 4) olej opuszcza pompę i przepływa rurkami do zaworu jednokierunkowego w tulei cylindrowej.

Ustawienie krzywek (poz. 10) jest ściśle związane z danym cylindrem, ponieważ olej smarny musi być dostarczony na pierścienie tłokowe w odpowiednim momencie tj. podczas suwu sprężania. Pompa smarna wyposażona jest w alarmy niskiego i wysokiego poziomu oleju w zbiorniku pompy.

W przypadku stosowania jednej pompy na cylinder (silniki typu MC), pompy są identyczne dla wszystkich cylindrów. Ustawienie pompy dla danego cylindra uzyskuje się poprzez odpowiednie połączenie pomp na sprzęgłach podczas regulacji. Przykładowa procedura regulacji silnika 5-cio cylindrowego przebiega następująco:

- dla przeprowadzenia regulacji pompy smarnej cylindra 1 należy obracać wał korbowy w kierunku naprzód, aż wykorbienie cylindra 1 znajdzie się  $105^\circ$  po DMP,
- powoli obracać wałek pompy w kierunku naprzód, aż znak na skali przy wałku wejściowym pokryje się ze znakiem na korpusie pompy smarnej,
- następnie należy przeprowadzić regulację kolejnych pomp smarnych poszczególnych cylindrów w kolejności palenia, gdy ich wykorbienie znajduje się  $105^\circ$  po DMP.

oil from a gravitational tank placed in the plant. The oil level in the lubricator container (Pos.1) is kept at about 70 to 110 mm above the pump block edge (Pos. 2). The adequate level is secured by a float valve (Pos. 3). The oil level can be watched on the indicator (Pos. 5). During lubricator operation, the oil is sucked by a double suction valve (Pos. 8) into the chamber in front of the pump piston (Pos. 9). When the cam (Pos. 10) is turning, it presses the piston (Pos. 9) causing an oil dosage compression. Through the valve (Pos. 7), the oil flows to the flow indicator (Pos. 5) made of transparent plastic. Inside the flow channel is a ball (Pos. 6), and its upward movement indicates that the oil is flowing. Then, through the non-return valve (Pos. 4), the oil leaves the lubricator and flows through tubes to the non-return valve in cylinder liner.

The position of the cams (Pos. 10) is strictly connected with a given cylinder, because the lube oil must be supplied to piston rings at a proper moment, i.e. during the compression stroke. The lubricator is equipped with alarms for high and low oil level in the container.

In case of using one lubricator per cylinder (MC-type engines) the lubricators are identical for all cylinders. The lubricator setting for a given cylinder is obtained by the adequate connecting of the lubricators on couplings during adjustment. An example of adjustment procedure for a five-cylinder engine looks like this:

- To adjust the lubricator of cylinder 1, turn the crankshaft in the ahead direction until the crank throw of cylinder 1 is  $105^\circ$  after BDC,
- Turn the lubricator shaft slowly ahead until the mark on the scale at the input shaft is in line with the mark on the lubricator housing,
- Then adjust the next lubricators of particular cylinders in their firing sequence when their crank throw is  $105^\circ$  after BDC.

In the MC-C-type engines, the lubricators fall to 2.5 cylinders. They are not interchangeable, and are assigned to

Silniki typu MC-C mają pompy smarne przypadające na 2,5 cylindra. Pompy te nie są zamienne i przypisane są do konkretnych cylindrów; jest to związane z kolejnością palenia poszczególnych cylindrów.

#### 4. Dawkowanie oleju cylindrowego

Dawkowanie oleju smarnego określone zostało w oparciu o doświadczenia eksploatacyjne firmy MAN Diesel uzyskane z wcześniej produkowanych rodzin silników jak GFCA, GB. Wpływ na ilość podawanego oleju mają zmieniające się kryteria konstrukcyjne, m.in. średnie ciśnienie użyteczne, maksymalne ciśnienie sprężania, zwiększająca się powierzchnia smarowana w cylindrze przy wprowadzaniu silników o długim skoku oraz stosowanie paliw niskosiarkowych.

Obliczanie dawki dobowej oleju smarnego dla zakontraktowanej mocy silnika odbywa się z wykorzystaniem zależności:

$$Q = BS \cdot P_e \cdot 24 \cdot 10^{-3} \quad [\text{kg}/24 \text{ godz.}],$$

gdzie:  $Q$  – dawka dla zakontraktowanej mocy silnika,  $BS$  – nastawa podstawowa: dla silników K/L-MC wynosi 1,2 g/(kW·h), a silników S-MC – 1,5 g/(kW·h),  $P_e$  – efektywna moc silnika przy zakontraktowanej mocy MCR (*Maximum Continuous Rating*) [kW].

Dawkowanie oleju cylindrowego podczas docierania silnika przedstawiono na rys. 10.

specific cylinders; this is connected with the firing sequence of individual cylinders.

#### 4. Cylinder oil dosage

The lube oil dosage is determined on the basis of the MAN Diesel service experience acquired from the engine series manufactured previously, such as GFCA, GB. The amount of supplied oil is influenced by changing design criteria, including mean effective pressure, maximum compression pressure, extended lubrication area in cylinder when implementing engines with long stroke, and use of low-sulphur fuel oils.

The twenty-four hours' dosage of lube oil for a contracted engine power rating is calculated with the use of the following formula:

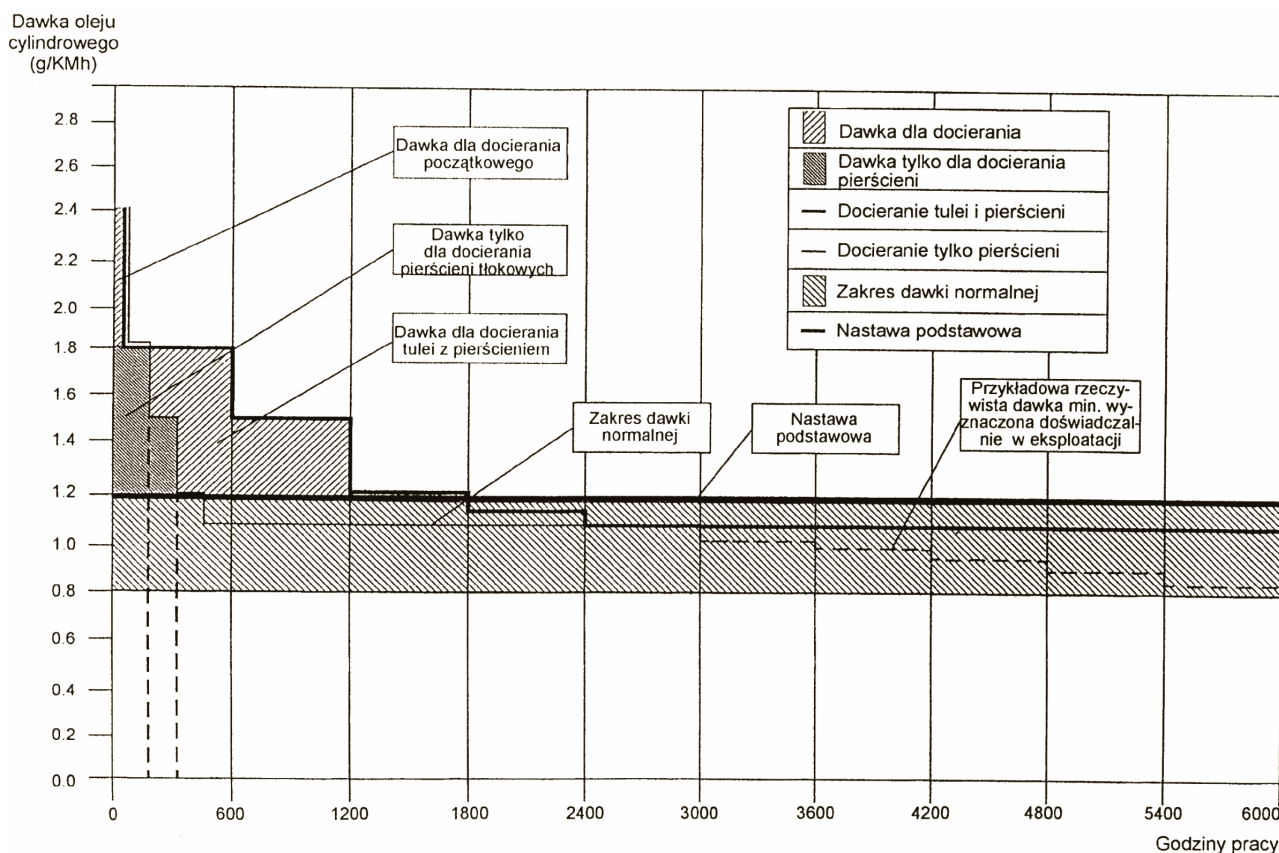
$$Q = BS \cdot P_e \cdot 24 \cdot 10^{-3} \quad [\text{kg}/24 \text{ hours}]$$

where:  $Q$  – dosage for contracted engine power rating,  $BS$  – basic setting: for K/L-MC engines it is 1.2 g/(kW·h), and for S-MC engines – 1.5 g/(kW·h),  $P_e$  – effective engine power at contracted MCR (Maximum Continuous Rating) [kW].

The cylinder oil dosage during engine running-in is shown in a diagram (Fig. 10).

#### 5. Electronically controlled lubricators of ALPHA type

In 1997, bearing in mind the correct mating of cylinder liner and piston rings, and the cost down of service, MAN



Rys. 10. Dawkowanie oleju cylindrowego podczas docierania silnika S-MC

Fig. 10. Running-in cylinder oil dosage, S-MC engines

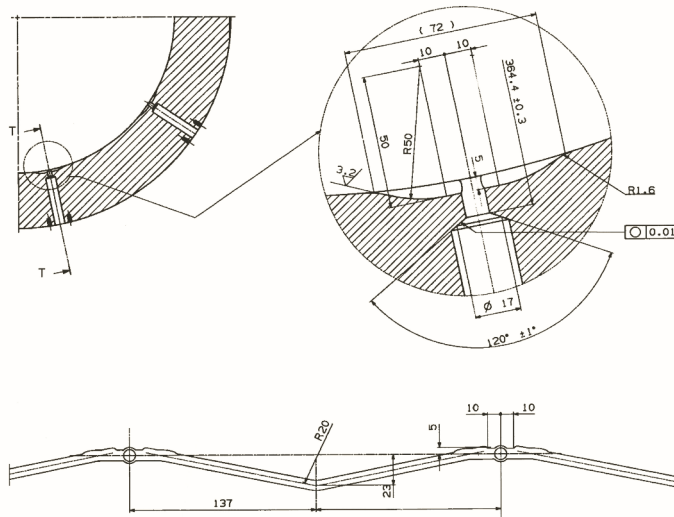
## 5. Elektronicznie sterowane pompy smarne typu ALPHA

W 1997 roku firma MAN B&W mając na uwadze aspekt prawidłowej współpracy tulei cylindrowej i pierścieni tłokowych oraz zmniejszenie kosztów eksploatacyjnych rozpoczęła prace nad zmianą systemu smarowania współpracujących powierzchni. W wyniku prac badawczych i wdrożeniowych powstał całkiem nowy system smarowania cylindrów zwany systemem ALPHA, który jest oferowany jako opcja dla silników z rodziny MC/MC-C oraz jako standard dla silników elektronicznych z rodziny ME. Zasada pracy systemu ALPHA polega na doprowadzaniu pod wysokim ciśnieniem wymaganej dawki oleju cylindrowego na powierzchnię tłoka pomiędzy pierścieniami tłokowymi, co kilka jego suwów. Otwory doprowadzające olej usytuowane są na obwodzie cylindra tak, jak w rozwiązaniu klasycznym, z rowkiem smarnym typu zygzak. W miejscu doprowadzenia oleju wprowadzono dodatkowe wybranie (rys. 11) dla lepszego rozprowadzenia oleju oraz opracowano nowy zawór jednokierunkowy.

Tuleja cylindrowa może być wyposażona w 6 lub 8 zaworów smarnych, których liczba, tak jak przy pompach sterowanych mechanicznie, zależy od średnicy cylindra. Silniki do 600 mm średnicy cylindra wyposażone są w jedną pompę smarną przypadającą na cylinder, a od 700 mm średnicy cylindra w dwie pompy.

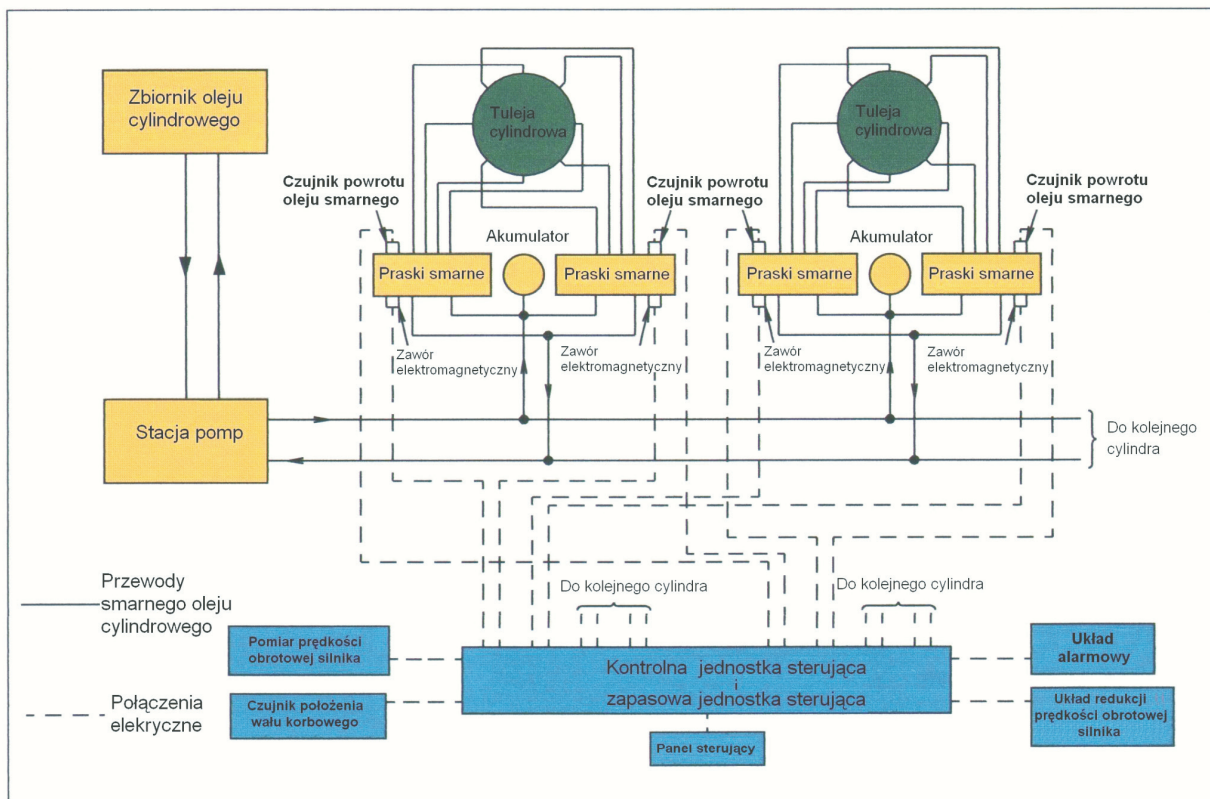
System smarowania cylindrów ALPHA pokazano na rys. 12. Olej ze zbiornika oleju cylindrowego pobierany

B&W started to work on changing the lubrication system for mating surfaces. Research and implementation work resulted in creating a completely new system of cylinder lubrication called the ALPHA system which is offered as option for the MC/MC-C-range engines and standard for the ME-range electronic engines. The principle of the ALPHA system operation is to supply a required cylinder oil dosage under high pressure to the piston surface between piston rings every few piston strokes. The oil-supplying holes are located



Rys. 11. Rowki smarne w tulei cylindrowej do smarowania typu ALPHA

Fig. 11. Lubricating grooves in cylinder liner for ALPHA-type lubrication



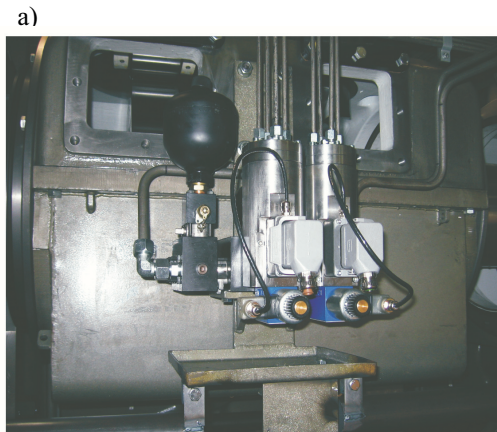
Rys. 12. Schemat smarowania typu ALPHA

Fig. 12. ALPHA-type lubrication diagram

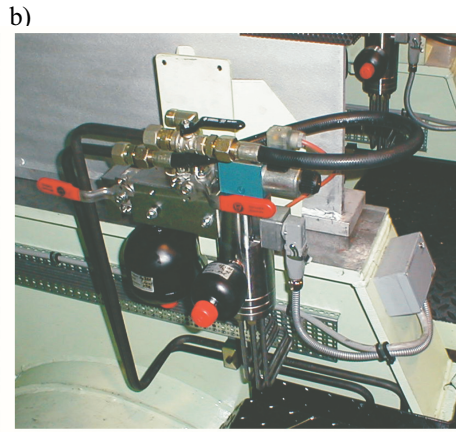




Rys. 13. Stacja pomp  
Fig. 13. Station pump



Rys. 14. Pompa smarna systemu ALPHA (a) K80MC-C, b) S60MC-C  
Fig. 14. ALPHA system lubricator (a) K80MC-C; b) S60MC-C



jest przez stację pomp (rys. 13), która podnosi ciśnienie oleju do 45 bar. Następnie kolektorem doprowadzany jest do pomp smarowych. Przekrój pompy smarnej pokazano na rysunku 16. W stanie spoczynku olej pod ciśnieniem 45 bar wypełnia całą pompę smarową. W momencie otrzymania sygnału z Kontrolnej Jednostki Sterującej zawór elektromagnetyczny uruchamia pompę podając olej na tłok pompy smarnej. Podczas ruchu tłok uruchamia tłoczki par precyzyjnych, osobnych dla każdego zaworu smarowego znajdującego się w tulei cylindrowej.

Cała praca systemu jest kontrolowana i sterowana przez układ komputerowy. Układ ten kontroluje wielkość podawanej dawki oleju w zależności od obciążenia i prędkości

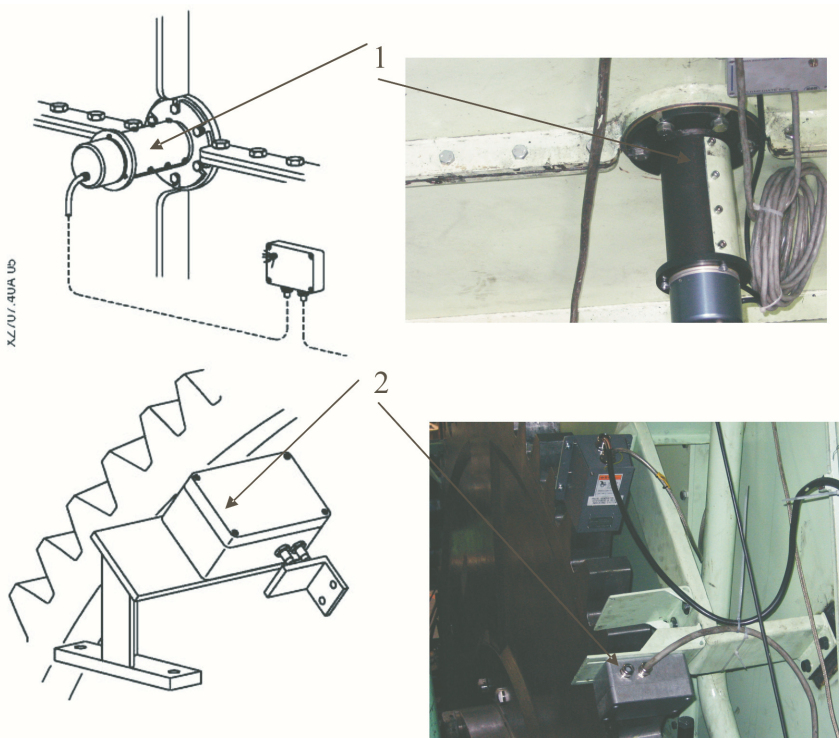
ed on the cylinder circumference just as in the classical solution, with a zigzag-type lubricating groove. In the place where oil is supplied, an additional recess for a better distribution of oil (Fig. 11), and a new non-return valve are introduced.

The cylinder liner can be equipped with 6 or 8 lubricating valves, and their number, just as in the case of mechanically controlled lubricators, depends on cylinder bore. Engines having the cylinder bore up to 600 mm are equipped with one lubricator per cylinder, and starting from 700 mm – with two lubricators.

The ALPHA cylinder lubrication system is shown in Figure 12. Oil from the cylinder oil tank is taken by a pump station (Fig. 13) that raises the oil pressure up to 45 bar. Then the oil is supplied to the lubricators by means of a collecting pipe. The lubricator cross-section is shown in Figure 16. In the standstill, the 45-bar oil fills up the whole lubricator. When a signal is received from the Master Control Unit, a solenoid valve activates the lubricator, supplying the oil to the lubricator piston. During the movement, the piston activates the injection plungers that are separate for each lubricating valve in the cylinder liner.

The whole operation of the system is monitored and controlled by a computer system. The system monitors the amount of supplied oil dosage depending on engine load and speed. It also recognizes whether oil is flowing through each non-return valve. To make the system operation secure and reliable, the Master Control Unit is doubled.

The Master Control Unit receives signals about engine speed (Fig. 15, Pos. 2), crankshaft position (Pos. 1),



Rys. 15. Czujniki Kontrolnej Jednostki Sterującej: 1 – czujnik położenia wału korbowego montowany od strony dziobu, 2 – pomiar prędkości obrotowej montowany od strony rufy  
Fig. 15. Master Control Unit sensors: 1 – crankshaft position sensor mounted on fore side, 2 – tachometer sensor mounted on aft side



obrotowej silnika. Rozpoznaje również, czy przez każdy zawór jednokierunkowy przepływa olej. Dla pewności działania systemu Kontrolna Jednostka Sterująca jest zdublowana.

Kontrolna Jednostka Sterująca otrzymuje sygnały o prędkości obrotowej silnika (rys. 15, poz. 2), o położeniu wału korbowego (poz. 1) oraz o wielkości obciążenia. Na podstawie tych danych układ elektroniczny ustala wielkość dawki oleju i moment wtrysku.

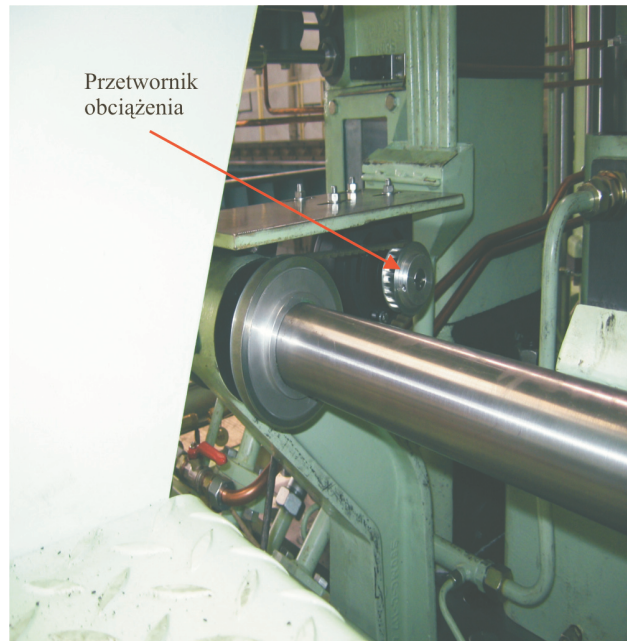
W przypadku pracy na paliwie niskosiarkowym wprowadza się do Panelu Sterującego procentową zawartość siarki w paliwie, a system sam dobiera odpowiednią dawkę oleju smarnego.

Silniki sterowane elektronicznie typu ME w standardzie wyposażone są w system smarowania ALPHA. W silnikach tych pompa smarna została umieszczona na hydraulicznej jednostce napędowej (rys. 18) pompy paliwowej i zaworu wydechowego. Jednostka napędowa zasilana jest olejem o ciśnieniu 200 bar, który również zasila pompę smarną.

W Polsce system smarowania ALPHA został zastosowany po raz pierwszy w 2001 roku przez firmę H. Cegielski-Poznań S.A. w silniku wysokoprężnym, dwusuwowym, wolnoobrotowym 6S60MC-C. Obecnie wszystkie produkowane silniki wolnoobrotowe na licencji MAN Diesel wyposażone są w elektroniczny system smarowania.

## 6. Korzyści wynikające z zastosowania elektronicznego systemu smarowania ALPHA

Stosując system smarowania ALPHA armatorzy mają dwie zasadnicze korzyści:

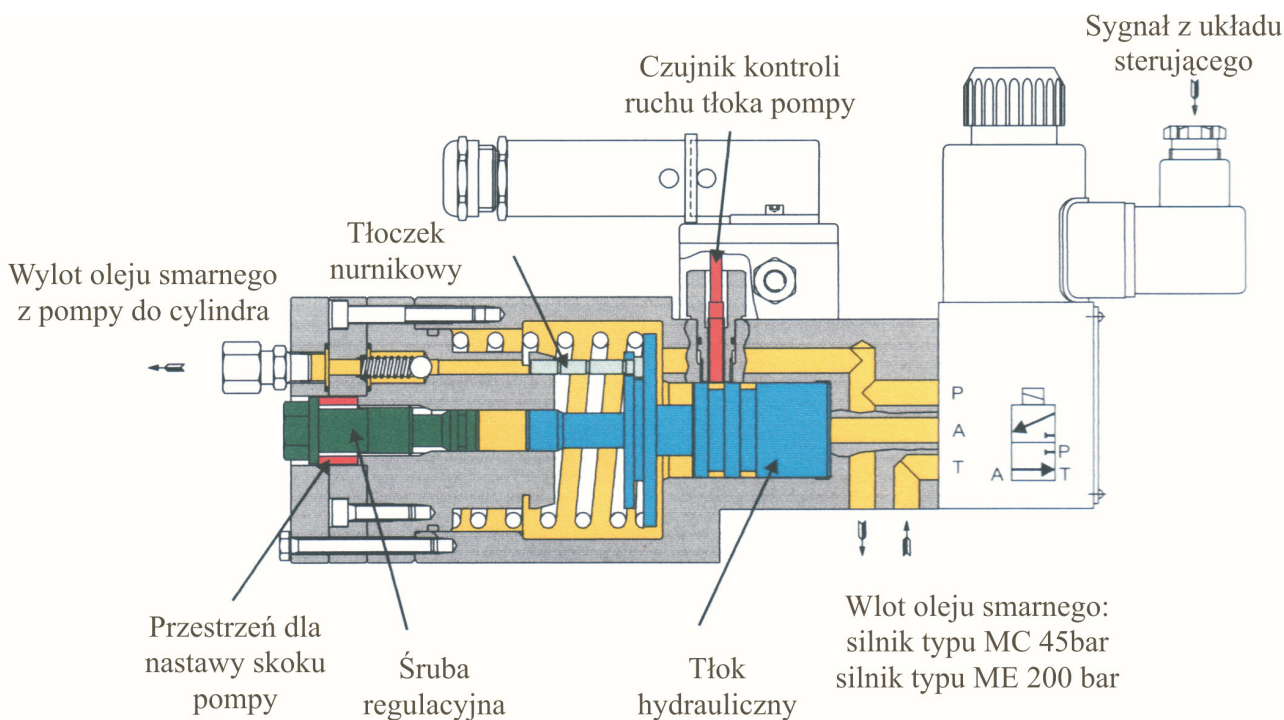


Rys. 16. Przetwornik obciążenia

Fig. 16. Load transducer

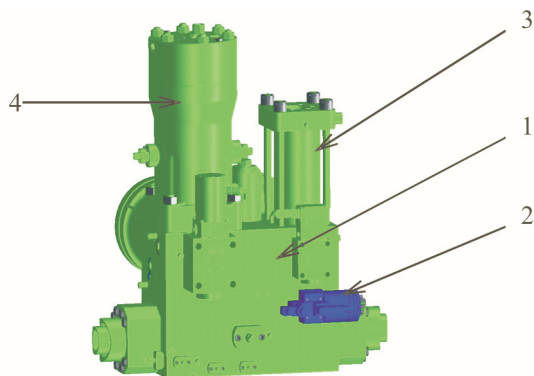
and load value. Based on that data, the electronic system determines the oil dosage amount and the moment of injection.

In case of operation on a low-sulphur fuel oil the percentage value of sulphur in fuel oil is introduced into the Control Panel, and the system selects a suitable lube oil dosage on its own.



Rys. 17. Przekrój pompy smarnej ALPHA

Fig. 17. ALPHA lubricator cross-section



Rys. 18. Zespół hydraulicznej jednostki napędowej: 1 – hydrauliczna jednostka napędowa, 2 – pompa smarna ALPHA, 3 – siłownik hydrauliczny napędu zaworu wydechowego, 4 – pompa paliwowa  
 Fig. 18. Hydraulic cylinder unit: 1 – distribution block, 2 – ALPHA lubricator, 3 – exhaust valve actuator, 4 – fuel injection pump

– zmniejszone zużycie tulei cylindrowej;

Na rysunku 19 przedstawiono wykres opracowany na podstawie doświadczeń zebranych z eksploatacji silników. Zestawiono na nim zużycie tulei cylindrowej przy zastosowaniu mechanicznego systemu smarowania i elektronicznego systemu smarowania ALPHA. Zużycie w ciągu 1000 h dla mechanicznego systemu smarowania wynosi 0,85 mm, a przy smarowaniu ALPHA około 0,05 mm, i tak małe zużycie utrzymuje się przez około 5000 h eksploatacji. Po upływie tego czasu obydwa systemy wykazują podobne zużycie. Stosując system ALPHA wydłużamy więc okres między wymianami tulei.

The electronically controlled engines of the ME type are equipped with the ALPHA lubrication system as standard. The lubricator in those engines is located on the hydraulic cylinder unit (Fig. 18) of the fuel injection pump and exhaust valve actuator. The unit is supplied with oil under a pressure of 200 bar, and the oil is supplied to the lubricator, too.

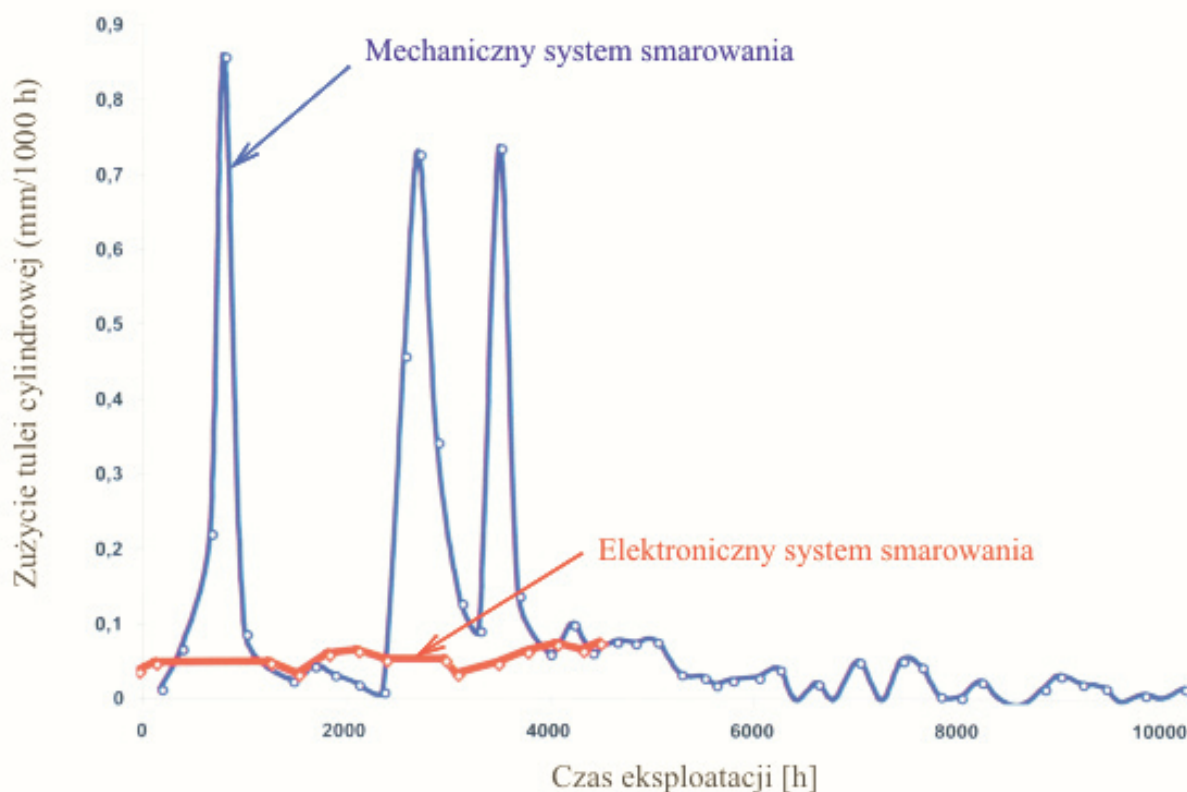
In Poland, the ALPHA lubrication system was used for the first time in 2001, by the H. Cegielski-Poznań S.A. company, in a 6S60MC-C slow-speed two-stroke diesel engine. At present, all slow-speed engines manufactured under the MAN Diesel licence are equipped with the electronic lubrication system.

## 6. Benefits of ALPHA electronic lubrication system

The use of the ALPHA lubrication system gives ship owners two fundamental advantages:

– Reduced cylinder liner wear;

Figure 19 shows a diagram made on the basis of the experience gathered from normal engine operation. The diagram presents cylinder liner wear in case of mechanical lubrication system and ALPHA electronic lubrication system. The wear within 1,000 hours for the mechanical lubrication system is 0.85 mm, and for the ALPHA lubrication about 0.05 mm, and such a small wear is kept for approximately 5,000 hours of operation. After that time, both systems show a similar wear. So, by using the ALPHA system we extend the period between liner replacements.



Kys. 19. Porównanie zużycia tulei cylindrowej dla dwóch systemów smarowania

Fig. 19. Comparison of cylinder liner wear

– zmniejszone zużycie oleju smarnego;

W tabeli 1 przedstawiono zestawienie kosztów zmiany systemu smarowania z mechanicznego na elektroniczny. Oszczędności wynikają ze zmniejszonego zużycia oleju smarnego; np. silnik 12K90MC o mocy 54 840 kW wyposażony w mechaniczne pompy smarne zużywa 66904,8 g/h oleju smarnego, a ten sam silnik wyposażony w system sma-

– Reduced lube oil consumption;

Table 1 includes juxtaposed costs of changing the lubrication system from mechanical to electronic. Savings result from reduced lube oil consumption; e.g. a 12K90MC engine with power 54,840 kW, equipped with mechanical lubricators, consumes 66,904.8 g/h of lube oil, and the very same engine equipped with the ALPHA lubrication system

Tabela 1. Koszty zmiany systemu smarowania cylindrów  
Table 1. Costs of cylinder lubrication system change

Silnik:	12K90MC	8S60MC-C
Moc / Power rating	54 840 kW	18 080 kW
Zużycie oleju smarnego przy zastosowaniu pomp smarnych mechanicznych / Lube oil consumption when mechanical lubricators are used	1,22 g/(kW·h)	1,50 g/(kW·h)
Zużycie oleju smarnego przy zastosowaniu elektronicznego systemu smarowania ALPHA / Lube oil consumption when ALPHA electronic lubrication system is used	1,02 g/(kW·h)	1,02 g/(kW·h)
Czas eksploatacji / Operation time	7000 h/rok	7000 h/year
Cena oleju smarnego / Lube oil price	750 \$/ton	750 \$/tonn
Oszczędność / Savings	84 300 \$/rok	52 200 \$/year
Koszt systemu ALPHA / ALPHA system cost	220 000 \$	106 000 \$
Zwrot kosztów wyposażenia silnika w system ALPHA / Return of costs of equipping engine with ALPHA system	2,61 roku	2.03 year

rowania ALPHA zużywa 55936,8 g/h. Oszczędza się w ciągu jednej godziny 10968 g oleju co daje w ciągu roku eksploatacji (przyjmuje się że silnik w ciągu roku pracuje 7000 h) oszczędności 76,8 t oleju smarnego. Można przyjąć, że średnio po dwóch latach eksploatacji zwraca się zwiększony koszt silnika o zakup systemu smarowania ALPHA.

MAN Diesel uwzględniając potrzeby armatorów opracował możliwość zastosowania systemu smarowania ALPHA w silnikach będących już w eksploatacji, a wyposażonych w mechaniczne pompy smarne.

consumes 55,936.8 g/h. Thus, 10,968 g of oil is saved during one hour, which yields the savings of 76.8 t of lube oil per year of service (the engine is assumed to operate 7,000 hours in a year). It can be assumed that the engine cost increased by the purchase of the ALPHA lubrication system is returned after two service years on the average.

Considering the needs of ship owners, MAN Diesel provided the possibility of using the ALPHA lubrication system in engines being already in service and equipped with mechanical lubricators.

Artykuł recenzowany

## Literatura/Bibliography

- [1] Instrukcja Techniczno-Ruchowa silnika L60MC, S60MC-C firmy MAN Diesel.
- [2] Instrukcja Techniczno-Ruchowa pomp smarnych typu HJ.
- [3] Instrukcja Techniczno-Ruchowa pomp smarnych typu ALPHA.
- [4] Materiały udostępnione przez MAN Diesel.

inż. Piotr Sidorowicz – pracownik działu konstrukcji silników produkowanych na licencji MAN DIESEL Fabryki Silników Okrętowych H.Cegielski-Poznań S.A., absolwent Politechniki Poznańskiej Wydziału MRiP.

Mr. Piotr Sidorowicz, Engineer – working at design department of engines manufactured under MAN Diesel licence in Marine Engine Factory at H.Cegielski-Poznań S.A.; graduate from Poznań University of Technology, Faculty of Working Machines and Vehicles.

