

Praca nr 3

Projekt wstępny siłowni wielozadaniowego statku dla administracji morskiej pełniącego funkcje holownika, lodołamacza oraz ratownicze

Przedmiotem pracy inżynierskiej jest wykonanie projektu wstępnego siłowni okrętowej. Każdy projekt wstępny zawiera ogólne informacje na temat projektowanej przestrzeni, a rozwiązania w nim występujące są proponowane i mogą ulec późniejszym modyfikacjom. Już na tym etapie muszą jednak spełniać wymagania wynikające z przepisów organów administracyjnych, w tym przypadku przede wszystkim z przepisów towarzystw klasyfikacyjnych. Taki projekt stanowi podstawę do wykonania gotowego projektu technicznego. Podczas jego przygotowania należy przyjąć odpowiednie założenia, takie jak m. in. wielkość i prędkość statku, konstrukcja i kształt kadłuba, rozmieszczenie siłowni, liczba i typ silników głównych oraz pomocniczych, typ występujących pędników, rodzaj stosowanego paliwa oraz rejon i zasięg pływania jednostki. Dobiera się je, kierując się główną koncepcją zawartą w temacie pracy.

Celem pracy jest zaprojektowanie siłowni okrętowej statku wielozadaniowego należącego do organów administracji morskiej, pełniącego głównie funkcje holownika, lodołamacza oraz statku ratowniczego.

Statki wielozadaniowe, które należą do administracji i urzędów morskich, cechują się dużą uniwersalnością. Biorą udział w manewrach holowania, posiadają specjalne instalacje do pełnienia funkcji gaśniczych i ratowniczych, mają zdolność do sprzątania rozlewów olejowych w morzu, są w stanie prowadzić prace podwodne, rozmieszczać boje i pławy, a nawet pływać jako lodołamacze. Z tego powodu powinny mieć wystarczające wymiary, specjalną konstrukcję, dodatkowe wyposażenie i instalacje oraz odpowiednio przystosowaną siłownię.

Ważnym elementem pracy jest lista statków podobnych. Statki podobne charakteryzują się wspólnymi cechami, a ich poszczególne parametry nie odbiegają zanadto od siebie. Listę tworzy piętnaście jednostek, a zawarte w niej informacje dotyczą wymiarów, nośności i prędkości eksploatacyjnej, a także szczegółów na temat napędu głównego z pędnikami oraz elektrowni okrętowej. Dzięki nim możliwe są dalsze analizy i obliczenia oraz właściwy dobór maszyn i urządzeń wchodzących w skład siłowni.

Ważnym zagadnieniem występującym w pracy jest analiza i dobór głównego układu napędowego, tj. silnika głównego oraz odpowiednio dopasowanego do niego pędnika, który

wprawia jednostkę w ruch i pozwala jej osiągnąć wymaganą prędkość. W projekcie wymieniono układy napędowe najczęściej stosowane na statkach wielozadaniowych, omówiono ich wady i zalety, a także stawiane im wymagania. Opisano również obecnie stosowane pędniki, czyli śruby stałe i nastawne, stery otwierane, śruby z dyszą obrotową, pędniki azymutalne i cykloidalne.

Pierwszym krokiem do właściwego doboru układu napędowego jest obliczenie mocy napędu głównego. Użyto trzech metod występujących w literaturze. Pierwszą metodą było wykorzystanie gotowych wzorów dla holowników wyposażonych w pędniki azymutalne i cykloidalne. Kolejnym sposobem było wyznaczenie mocy za pomocą wzoru Admiralicji, a ostatnią – metoda najmniejszych kwadratów. Potrzebne dane pochodziły z listy statków podobnych. Obliczono średnią dla wykorzystanych trzech metod, z której wynikało, że projektowana jednostka powinna mieć napęd główny o nominalnej mocy łącznej 4750÷5250 kW. Silniki główne dobrano na podstawie tzw. konkursu silników, w którym rozważano kilka rozwiązań, biorąc pod uwagę kryteria, takie jak wielkość i masa silnika, zużycie paliwa i olejów smarowych, koszty inwestycyjne, zdolność remontowa, czy poziom drgań i hałasów. Porównano ze sobą pięć wybranych silników spełniających te kryteria i oceniono, że optymalnym rozwiązaniem będzie układ napędowy składający się z trzech silników głównych Cummins QSK50-DM1 o łącznej mocy 4884 kW. Warto zwrócić uwagę na charakter układu spalinowo – elektrycznego, w jakim te silniki pracują. Oznacza to, że mogą spełniać zarówno funkcję silników głównych, a jednocześnie bezpośrednio napędzać agregaty prądotwórcze. Charakteryzuje je duża elastyczność, jeśli chodzi o dystrybucję mocy na różne odbiorniki (pędniki, prądnice, pompy przeciwpożarowe). Dzięki temu zastosowanie dodatkowych silników pomocniczych nie jest konieczne. Silniki Cummins to nienawrotne jednostki napędowe o szesnastocylindrowym układzie widlastym V. Pracują w cyklu czterosuwowym, o maksymalnej prędkości obrotowej 1800 obr/min, są turbodoładowane i zasilane paliwem lekkim. Mają także możliwość montażu dodatkowego osprzętu w ich frontowej części, zatem zdecydowano o wyposażeniu jednego z nich w podwieszaną pompę Fi – Fi (ang. *Fire Fighting*), przeznaczoną do walki z pożarami zewnętrznymi. Dzięki temu jednostka z łatwością może spełniać funkcję statku ratowniczego i gaszącego pożary. Za pomocą obliczeń z wykorzystaniem danych podawanych przez producenta, wyznaczono również bilans cieplny silników głównych. Obliczono, jaki udział procentowy w bilansie mają straty na chłodzenie silnika i powietrza dolotowego, straty gazów wylotowych oraz straty promieniowania i konwekcji, a także jaka część dostarczanej z paliwem mocy została zamieniona na pracę mechaniczną (39%). Bilans sporządzono również graficznie za pomocą

wykresu Sankeya. Na koniec do głównego układu napędowego dopasowano dwa pędniki azymutalne Steerprop typu SP 25 WD cechujące się bardzo dobrą manewrowością, której wymaga projektowana jednostka.

Kolejny ważny element projektu wstępnego siłowni okrętowej to analiza oraz dobór elektrowni, która stanowi podstawowe źródło energii elektrycznej na statku, a jej głównym zadaniem jest dostarczenie wystarczającej ilości energii, aby zasilić wszystkie potrzebne odbiorniki. Do obliczenia wstępnej mocy elektrowni okrętowej użyto dwóch metod. Pierwszą z nich było skorzystanie z gotowego wzoru empirycznego dla holowników portowo – redowych, a drugą wyznaczenie własnego wzoru na podstawie utworzonego dla listy statków podobnych wykresu zależności mocy elektrowni okrętowej od mocy napędu głównego. Ze średniej obliczeniowej na podstawie obu metod przyjęto, że wstępne zapotrzebowanie projektowanej jednostki w energię elektryczną wyniosło 325,54 kW. Z uwagi na zastosowanie spalinowo – elektrycznego układu napędowego, nie ma potrzeby instalowania na jednostce dodatkowych zespołów prądotwórczych. Trzy silniki główne Cummins napędzają generatory prądu, które zapewniają energię potrzebną do zasilenia silników elektrycznych pędników Steerprop, a jednocześnie zasilają wszystkie odbiorniki elektryczne znajdujące się na statku. Oprócz tego każdy statek musi zostać wyposażony w awaryjne źródło prądu w przypadku awarii głównego układu zasilania. Z tego względu dobrano awaryjny agregat prądotwórczy, aby mógł wystarczająco długo zapewnić energię najważniejszym odbiornikom.

Występujące w napędzie głównym silniki Cummins pracują na paliwie lekkim MDO (ang. *Marine Diesel Oil*) o niskiej zawartości siarki. To oznacza, że dodatkowa instalacja parowa podgrzewająca paliwo ciężkie nie jest konieczna w wyposażeniu. To właściwe rozwiązanie, mając na uwadze przeznaczenie, rejon pływania oraz gabaryty jednostki. Na statku nie znajdzie się zatem kocioł utylizacyjny, ale domyślnie zainstalowano podgrzewacz wody opalany paliwem, przeznaczony jedynie do celów grzewczych i sanitarnych.

W projekcie uwzględniono również wybrane instalacje siłowni okrętowej, najważniejsze dla jej funkcjonowania. Dla instalacji sprężonego powietrza, odpowiadającej za wytwarzanie, magazynowanie oraz transport powietrza o odpowiednich właściwościach, wyznaczono minimalną objętość zbiorników rozruchowych, całkowitą wydajność sprężarek oraz minimalną wydajność dla każdej sprężarki. Na tej podstawie dobrano dwa zbiorniki rozruchowe o łącznej objętości 2 m³ oraz dwie sprężarki dwustopniowe o wydajności 18 m³/h każda.

Opracowano również centralny system chłodzenia, którego głównym zadaniem jest chłodzenie czynników roboczych, jak również utrzymywanie odpowiedniej temperatury silników i pozostałych maszyn. Instalacja ta składa się z dwóch obiegów –

wysokotemperaturowego HT oraz niskotemperaturowego LT. Dla tego systemu wyznaczono wstępnie powierzchnię wymiany ciepła chłodnic obiegu LT oraz HT. Nietypowym rozwiązaniem jest wprowadzenie glikolu jako dodatkowego czynnika chłodzącego. W tym układzie każdy z silników głównych wyposażony jest w dodatkowe chłodnice glikolu, które odbierają ciepło z obiegu głównego wody chłodzącej słodkiej.

Zadania instalacji paliwowej to głównie bunkrowanie paliwa, magazynowanie i transport między zbiornikami, oczyszczanie oraz dostarczanie go bezpośrednio do urządzeń. Dla instalacji zasilającej paliwa obliczono wymaganą wydajność pomp zapasowych paliwa, a także łączną objętość zbiorników rozchodowych - dobrano dwa zbiorniki o pojemności 4,8 m³ każdy. Dla instalacji transportowo – oczyszczającej wyznaczono wymaganą wydajność wirowania paliwa, minimalną wydajność pomp transportowych paliwa, a także minimalną objętość zbiorników zapasowych. Zdecydowano się na wariant z dwoma dodatkowymi zbiornikami zapasowymi, aby uniknąć konieczności zbyt częstego bunkrowania, zwiększyć zapas magazynowanego paliwa i zapewnić dodatkową opcję podczas balastowania. Statek wyposażono w cztery zbiorniki zapasowe, na dziobie oraz rufie, po dwa na każdej burcie.

Dla każdej instalacji stworzono uproszczony schemat wraz z jego opisem, a wszystkich obliczeń dokonano na podstawie wzorów pochodzących z literatury. Ostatnim elementem projektu jest plan siłowni wraz z rozmieszczeniem poszczególnych pomieszczeń i najważniejszych maszyn i urządzeń.

Podsumowanie

Podczas projektowania nowych statków istotne jest, aby wprowadzać nowoczesne rozwiązania, które sprawdzą się lepiej, niż te występujące na starych jednostkach. W tej pracy zawarte zostały wszystkie elementy wymagane w projekcie wstępnym. Spełniono również początkowo postanowione założenia, a metody obliczeniowe pochodziły z literatury i były zgodne z wymaganiami stawianymi przez towarzystwa klasyfikacyjne. Na ich podstawie dokonano optymalnych doborów maszyn i urządzeń okrętowych. W niektórych przypadkach postawiono na niecodzienne rozwiązania, jak np. dobór spalinowo – elektrycznego napędu głównego, wykorzystanie glikolu w centralnym systemie chłodzenia, czy wyposażenie silnika głównego w pompę przeciwpożarową Fi – Fi. Wprowadzanie takich elementów do projektu ma na celu polepszenie warunków eksploatacyjnych statku i może okazać się częściej wykorzystywane w przyszłości na nowych jednostkach. Oprócz tego zastosowane rozwiązania pozwalają na spełnianie określonych przez potrzeby administracji morskiej funkcji statku wielozadaniowego – ratowniczych, holowniczych oraz pływania w lodach. Cel postawiony w temacie pracy został osiągnięty.