

Andrzej BANASZEK

## NAPĘD HYDRAULICZNY W WYPOSAŻENIU NOWOCZESNEGO JACHTU MORSKIEGO

### Streszczenie

*W artykule przedstawiono genezę popularności stosowania napędu hydraulicznego do napędu urządzeń pokładowych montowanych na pokładach nowoczesnych jachtów morskich żaglowych i motorowych. Opisano wady i zalety napędów hydraulicznych wykorzystywanych na pokładach opisywanych jednostek pływających. Przedstawiono przykładowe wykorzystanie napędu hydraulicznego do napędu i sterowania maszyny sterowej, kabestanów pokładowych, wind kotwicznych i kotwiczno-cumowniczych, żurawi pokładowych oraz innych elementów wyposażenia pokładowego.*

### WSTĘP

Po upadku stoczni produkcyjnych w 2008 r. w Szczecinie i Gdyni, produkujących statki pełnomorskie ich miejsce na mapie przemysłu związanego z morzem zastąpiły stocznie produkujące jachty i jednostki rekreacyjne. Stanowiły one ratunek dla tysięcy stoczniovców zwalnianych grupowo po bankructwie ich bankrutujących zakładów pracy. Choć były to stocznie małe, często mające charakter rodzinny, ich potencjał rośnie do dnia dzisiejszego. W rekordowym roku 2014 r. rodzimy przemysł jachtowy wyprodukował aż 22 000 jednostek pływających. Liczba ta stawia Polskę na jednym z czołowych miejsc w Europie w odniesieniu do potencjału produkcyjnego jachtów i jednostek rekreacyjnych. Na jachtach budowanych w przeważającej ilości z materiałów niemetalowych jak drewno czy laminaty, dużym problemem jest stosowanie na ich urządzeniach pokładowych z napędem elektrycznym. Jest to spowodowane tym, że ze względu na możliwość porażenia śmiertelnego prądem z instalacji o prądzie zmiennym, preferowane są jedynie

instalacje na prąd stały 12V i 24 V. Stanowi to istotne ograniczenie mocy takich urządzeń do maksymalnie trzech (3.0) kW. Dlatego popularnym sposobem rozwiązania tego istotnego problemu na pokładach jachtów stało się wykorzystanie do zasilania urządzeń pokładowych systemów napędu i sterowania hydraulicznego. W pracy przedstawiono zalety i wady napędów hydraulicznych wykorzystywanych na pokładach współczesnych nowoczesnych jachtów morskich oraz opisano typowe rozwiązania napędu podstawowych mechanizmów pokładowych.

### 1. ZALETY I WADY WSPÓŁCZESNEGO NAPĘDU HYDRAULICZNEGO STOSOWANEGO NA JACHTACH I MOTOROWYCH JEDNOSTKACH PŁYWAJĄCYCH

Napędy hydrauliczne były od lat 60-tych XX wieku stosowane już na pokładach jachtów i motorowych jednostek rekreacyjnych. Ich spore wykorzystanie było spowodowane wieloma zaletami napędów hydraulicznych. Można do nich zaliczyć przede wszystkim:



Rys. 1. Widok na typowy nowoczesny żaglowy duży jacht pełnomorski.  
Źródło: YachtPals Catalogue, YachtPals.com [8]

1. Niewielkie masy i ciężary elementów napędu i sterowania hydraulicznego w porównaniu do napędów mechanicznych, napędów pneumatycznych i elektrycznych. Ten bardzo mały stosunek masy napędu do przenoszonej mocy spowodował ich powszechne wykorzystanie do napędu poszczególnych mechanizmów pokładowych nie tylko na pokładach jachtów czy jednostek rekreacyjnych, ale i w samolotach i kosmosie, gdzie masa napędu ma bardzo istotne znaczenie.
2. Niewielkie gabaryty silników napędowych i pozostałych elementów napędu i sterowania hydraulicznego w stosunku do przenoszonej mocy. Idealnie to nadaje się do montażu w trudno dostępnych miejscach jachtu, który ma spore ograniczenia pod względem wolnej przestrzeni na montaż urządzeń pokładowych. Napędy hydrauliczne najlepiej nadają się do budowy zintegrowanych rozwiązań napędowych mających za zadanie oszczędzanie przestrzeni montażowych w wąskich przestrzeniach jachtowych.
3. Zabezpieczenie układu napędowego przed przeciążeniem na skutek montażu zaworów przelewowych w instalacji hydraulicznej, upuszczających olej do zbiornika olejowego w przypadku przeciążenia silnika czy aktuatora (cylindra) hydraulicznego.
4. Łatwość w uzyskaniu bezstopniowej regulacji prędkości roboczej hydraulicznego organu wykonawczego (silnika czy aktuatora (cylindra) hydraulicznego).
5. Oszczędność i łatwość w rozplanowaniu instalacji zasilania na drodze dowolności montażu przewodów hydraulicznych zasilających silniki i inne elementy napędu hydraulicznego. Pozwala to na dużą swobodę w rozmieszczaniu mechanizmów pokładowych z napędem hydraulicznym i oszczędzanie przestrzeni montażowych pod instalacje transmisji mocy zasilającej. Umożliwia to również projektantowi jachtu umieszczanie przewodów zasilających w miejscach, normalnie nie wykorzystywanych do celów mieszkalnych czy obsługi. Zwiększa to bezpieczeństwo załogi obsługującej tego rodzaju jachty morskie, zapewniając optymalne wykorzystanie przestrzeni podpokładowej.
6. Łatwość w obsłudze urządzeń z napędem hydraulicznym. Ma to wpływ na brak konieczności do wynajmowania do obsługi urządzeń pokładowych wysokokwalifikowanej kadry morskiej oraz na podwyższenie w ten sposób bezpieczeństwa eksploatacyjnego tak wyposażonego jachtu morskiego
7. Łatwa możliwość wykorzystania i dostosowania do sterowania pracą poszczególnych urządzeń pokładowych systemów centralnego zarządzania komputerowego znajdujących się na jachcie. Umożliwia to stosowanie inteligentnych systemów diagnostycznych i zarządzających pracą poszczególnych urządzeń pokładowych.
8. Łatwość w instalowaniu przenośnych elementów napędu hydraulicznego jak na przykład przenośnych pomp hydraulicznych. Jest to istotne przy konieczności wykorzystania awaryjnego napędu hydraulicznego w przypadku gdy z jakichś powodów podstawowy zespół zasilający lub sterujący nie działa a ze względów bezpieczeństwa należy dalej wykorzystywać dane urządzenia pokładowe jak na przykład wciągarkę kotwiczną czy kabestan pokładowy, służący do obsługi ożaglowania jachtowego
9. Stosunkowo wysoki poziom sprawności energetycznej układu – niższy niż w układach mechanicznych, ale wyższy niż w odniesieniu do typowych rozwiązań z napędem elektrycznym czy pneumatycznym

W odniesieniu do jachtów morskich i motorowych jednostek rekreacyjnych napęd hydrauliczny charakteryzuje się również nielicznymi wadami. Do najistotniejszych można zaliczyć:

1. Możliwość wystawienia przecieków oleju hydraulicznego przy niewłaściwym wykonaniu instalacji hydraulicznej lub niewłaściwej eksploatacji. Jest to o tyle istotna wada, gdyż ze względu na stosunkowo małe wymiary typowych jachtów, taki wyciek może prowadzić do zabrudzenia i uszkodzenia kosztownych elementów wyposażenia jachtów jak drewnianych podłóg, mebli będących specjalistycznym wyposażeniem wnętrza mieszkalnych czy innego kosztownego wyposażenia
2. Możliwość zanieczyszczenia oleju hydraulicznego na drodze niewłaściwej obsługi układu przez niekompetentną załogę jachtu. Może to prowadzić do licznych niewłaściwych zachowań się napędu hydraulicznego. Jednak przestrzeganie odpowiednich procedur obsługi oraz montaż filtrów oleju hydraulicznego mo-



Rys. 2.. Widoki na zespół napędu hydraulicznego steru strumieniowego na pokładzie jachtu morskiego  
Źródło: Navimo Inc. catalogue [6]



- że łatwo wyeliminować powyższą wadę
- Możliwość zapowietrzenia się układu. Wada ta występuje, gdy ktoś niekompetentny, bez odpowiedniego przeszkolenia próbuje dokonywać na własną rękę napraw instalacji czy przeglądów poszczególnych elementów napędu hydraulicznego. W przypadku rozszczelnienia układu należy zawsze postępować zgodnie z instrukcjami producentów lub korzystać z przeszkolonego serwisu okrętowego
  - Stosunkowo duży poziom hałasu. Można powyższą wadę mocno zredukować na drodze montażu odpowiednich nisko emitujących hałas elementów hydraulicznych oraz na drodze odpowiednich procedur mocowania poszczególnych elementów napędu i instalacji hydraulicznej.

## 2. NAPĘD HYDRAULICZNY MASZYNY STEROWEJ NA JACHTCIE MORSKIM

Maszyna sterowa jest coraz bardziej popularnym wyposażeniem współczesnych nowoczesnych jachtów czy rekreacyjnych jednostek motorowych. Na mniejszych jachtach jeszcze stosuje się powszechnie napęd ręczny, ale ze względu na wymagany dość istotną siłę na rumplu płetwy sterowej, na coraz większej ilości jachtów, zwłaszcza dysponujących większą prędkością, stosowana jest maszynka sterowa. Prawie we wszystkich przypadkach do napędu steru wykorzystywana jest maszynka sterowa typu hydrau-

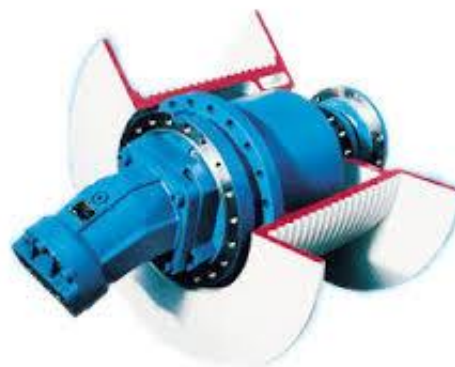
licznego (patrz Rys.2) . Rumpel w takim przypadku jest napędzany przez jeden lub dwa siłowniki hydrauliczne, mocowane do zespołu rumpla za pośrednictwem przegubów kulowych. Ciśnienie nominalne pracy powyższych zespołów napędowych, z reguły, nie przekracza 25.0 MPa. Kąt wychylenia płetwy sterowej jest mierzony specjalnym sensorem i przekazywany na drodze elektrycznej do pulpitu sterowniczego w kokpicie jednostki pływającej. W nowocześniejszych wykonaniach układ napędu maszyny sterowej jest typu naddążnego, czyli wraz z e zbliżaniem się kąta wychylenia płetwy sterowej do wielkości zadanej w panelu sterowym ( koło sterowe) to automatycznie następuje ograniczenie wydajności objętościowej oleju hydraulicznego dopływającego do siłownika (zespołu siłowników) maszyny sterowej. La poprawy niezawodności i bezpieczeństwa, z reguły siłowniki hydrauliczne wyposażone są w elementy tłumienia dobiegu tłoka do skrajnych pozycji, na drodze dławieniowej. W takich przypadkach praca siłowników ma charakter ustalony i ciągły (spokojny). Dla jeszcze większego bezpieczeństwa sterowania z reguły na dopływie i odpływie siłowników hydraulicznych montowane są zawory zwrotno-dławieniowe, umożliwiające dokładniejsze nastawienie dławienia na siłownikach i ograniczenia maksymalnych prędkości wychylenia płetwy steru przy gwałtownie zmieniających się warunkach obciążenia zewnętrznego. W celu uniknięcia problemów z korozją w bogatszych rozwiązaniach często wykorzystuje się wykonanie zarówno cylindrów hydraulicznych jak i



Rys. 3.. Widoki na zespół napędu hydraulicznego kabestanu na pokładzie jachtu morskiego  
Źródło: Wilmex catalogue [4]



Rys. 4.. Widoki na napęd hydrauliczny wciągarki na pokładzie jachtu morskiego  
Źródło: Wilmex catalogue [4]



pozostałego wyposażenia (przewody hydrauliczne, zawory sterujące, uchwyty itp. Ze stali nierdzewnej. Trzeba przy tym pamiętać, że minimalną klasą jakościową stali nierdzewnej jest poziom AISI 316, z 18 procentami Chromu i 9 procentami Niklu. Popularna stal nierdzewna klasy AISI 304, bardzo często wykorzystywana w wykonaniach lądowych, na jachtach morskich ze względu na spory negatywny wpływ na korozję soli morskiej nie zapewnia dobrej ochrony antykorozyjnej w warunkach morskich. Na jednostkach większych, zwłaszcza na dużych jachtach motorowych i żaglowych, gdzie wymagana jest duża siła przesterowania płetwy steru przy większej prędkości jednostki pływającej z reguły montowany jest system serwowaworu. Układ ten posiada spore przełożenie, w rezultacie, którego można sterować wychyleniem steru przy pomocy małej siły. Jest to istotne również na jachtach wyczynowych i regatowych. System serwowaworu w maszynie sterowej może być czysto hydrauliczny jak i hydrauliczno elektryczny. W pierwszym wykonaniu, na wale koła sterowego zamontowana jest pompa hydrauliczna (z reguły typu zębatego lub orbitrol), która wytwarza różnice ciśnień na rozdzielaczu sterowanym hydraulicznie, decydującym o natężeniu przepływu oleju dopływającego do danego siłownika hydraulicznego wykonawczego. Wielkość wystawienia jest proporcjonalna do wychylenia koła sterowego z pozycji zerowej. W wykonaniach elektro-hydraulicznych na kole sterowym zamontowany jest układ elektrycznych sensorów, które generują sygnał elektryczny proporcjonalny do wychylenia koła sterowego. Powyższy sygnał po utworzeniu oddziałuje na rozdzielacz elektrohydrauliczny, który steruje podobnie jak w poprzednim wykonaniu wielkością natężenia przepływu dopływającego do siłowników hydraulicznych, z tą różnicą, że sterowanie rozdzielaczem odbywa się na drodze elektrycznej. Rozwiązanie czysto hydrauliczne ma tę zaletę, że w przypadku awarii układu zasilania i zespołu pompowego, możliwe jest dalsze sterowanie awaryjne maszyny sterowej. W takim przypadku pompa na kole sterowym spełnia awaryjnie rolę zespołu pompowego, tłocząc wraz z obrotem koła sterowego olej do danych siłowników hydraulicznych.

### 3. KABESTANY POKŁADOWE Z NAPĘDEM HYDRAULICZNYM

Kabestany pokładowe jako windy o osi pionowej są powszechnie stosowane na pokładach współczesnych jachtów morskich, zwłaszcza żaglowych. Służą powszechnie do obsługi wszelkiego rodzaju takielunku okrętowego w tym lin obsługi żagli, a także wszelkiego rodzaju urządzeń dźwignicowych, żurawi bomowych i

urządzeń do podnoszenia i opuszczania obsługiwanych ładunków. Często wykorzystywane są również do układu prowiantowania kuchni i obsługi magazynów pokładowych. Na jednostkach nie posiadających osobnych żurawi pokładowych, wykorzystywane są do obsługi jednostek pontonowych, tratw ratowniczych i ratunkowych czy mniejszych motorowej, znajdujących się na wyposażeniu jachtu. Kabestany pokładowe montowane są bezpośrednio na pokładach jednostek, przy czym silniki hydrauliczne będące ich źródłem napędu bezpośredniego montowane są u producenta na wspólnym wale napędowym (patrz rys.3). Małe wymiaru silników hydraulicznych w porównaniu z innymi napędami zapewniają zaoszczędzenie dużo miejsca pod pokładem jachtu. Z reguły na pokładzie jachtu montowanych jest kilka do kilkunastu kabestanów, przy czym ich rozplanowanie uzależnione jest od projektanta i rozwiązania układu obsługi takielunku na całej jednostce. Zwyczajowo na dopływie do każdego silnika hydraulicznego instalowane są zawory zwrotno-dławicze za pomocą, których można ręcznie korygować prędkość roboczą poszczególnych kabestanów a także tzw. zamki hydrauliczne [2], blokujące układ napędu kabestanu w przypadku zaniku ciśnienia oleju w układzie i awarii systemu. Każdy kabestan posiada również podłączenie pod przenośną pompę awaryjną, umożliwiającą operowanie kabestaniem nawet w przypadku awarii głównego układu zasilania hydraulicznego (hydraulicznego zespołu pompowego).

### 4. WCIĄGARKI KOTWICZNE I WCIĄGARKI KOTWICZNO-CUMOWNICZE

Windy kotwiczne oraz windy kotwiczno-cumownicze są powszechnie stosowane na pokładach dużych jachtów motorowych i żaglowych. Służą do operacji kotwiczenia jednostki (podnoszenia i zrzucania kotwic oraz operacji cumowania. Na mniejszych jednostkach często wykorzystywane są jedynie ręczne urządzenia kotwiczne, czy wspomniane wcześniej kabestany pokładowe o pionowej osi roboczej. Przy większych jednostkach, ciężar wymaganych kotwic wymaga stosowania wciągarek z osobnym napędem. Wciągarki kotwiczne i kotwiczno-cumownicze zaliczane są do ważnych urządzeń mających wpływ na bezpieczeństwo jednostki pływającej. Musi umożliwiać zrzucanie kotwicy w czasie operacji kotwiczenia a także w sytuacjach awaryjnych. Wciągarki te są z reguły montowane w części dziobowej jachtów, gdzie dostęp dla obsługi i ewentualnej konserwacji jest bardzo utrudniony. Dlatego wykorzystanie do napędu, systemu hydraulicznego jest szczególnie pożądane, ze względu na małe wymiary zarówno silników hydraulicznych jak i



Rys. 5.. Widoki przykładowe żurawie z napędem hydrauliczny na pokładzie jachtu morskiego  
Źródło: Navimo USA Inc.,[5]





Rys. 6.. Widoki przykładowe żurawie z napędem hydrauliczny na pokładzie jachtu morskiego

Źródło: Herman Gotthardt GmbH, [6]

elementów sterowania hydraulicznego. Układ musi umożliwiać zdalne sterowanie zrzutem kotwicy, sterowane z kokpitu jednostki pływającej. Podobnie jak w rozwiązaniach napędu hydraulicznego kabestanów, na dopływie do każdego silnika hydraulicznego instalowane są zawory zwrotno-dławiące za pomocą, których można ręcznie korygować prędkość roboczą poszczególnych kabestanów a także tzw. zamki hydrauliczne [2], blokujące układ napędu kabestanu w przypadku zaniku ciśnienia oleju w układzie i awarii systemu. Każda kabestan posiada również połączenie awaryjnej pompy przenośnej, umożliwiającej ręczne poderwanie kotwicy. Przykładowe wciągarki cumownicze wyposażone w silniki hydrauliczne przedstawiono na rys. 4.

## 5. ŻURAWIE POKŁADOWE

Żurawie pokładowe są montowane jedynie na jednostkach luksusowych, gdzie istnieje potrzeba obsługi na pokładzie, na przykład łodzi motorowych czy pontonów z napędem własnym. Powyższe małe jednostki motorowe wykorzystywane są do utrzymywania komunikacji pomiędzy jachtem stojącym niedaleko portu czy kurortu wypoczynkowego a lądem. W ten sposób bogaci właściciele jachtów mogą oszczędzać pieniądze na wynajmie miejsca postojowego w marinach kotwicząc niedaleko plaż oraz nabrzeży w renomowanych miejscach miejscowości nadmorskich, gdzie postój na kotwicy jest bezpłatny. Przykładowe instalacje na pokładach jachtów pokazano na rys. 5. Ze względu na ograniczenie wolnego miejsca na pokładach jachtów, bardzo często żurawie posiadają rozwiązania kompaktowe, z elementami składanymi wysięgnika czy obudowy ułatwiające składowanie na pokładzie, jak najbardziej nieprzeszkadzające obsłudze pokładowej i załodze w pozycji wyjściowej, podróżnej. Zwyczajowo elementy napędowe wykonane są ze stali nierdzewnej, przy tłoczykach często pokrytych powłokami ceramicznymi dla uniknięcia korozji od wpływu warunków wody słonej. Żurawie są często sterowane za pośrednictwem joysticków czy stacjonarnych paneli sterujących.

## 6. SPECJALNE URZĄDZENIA DZWIGNICOWE

Na pokładach nowoczesnych dużych jachtów żaglowych i motorowych zamontowane jest zwykle wiele innych urządzeń pokładowych, wymagających napędu w tym napędu hydraulicznego. Można do tych urządzeń zaliczyć szereg furt rufowych i burtowych, umożliwiających dostęp do magazynów w których przechowywane są na pokładach jednostki motorowe czy pontonowe. Opuszczane pokłady służą również załodze i gościom do łatwego zejścia do morza

celem kąpiel czy łatwego przejścia do cumujących pontonów czy motorówek z jachtów. Do grupy tych mechanizmów zaliczane są również kłapy pokładowe prowadzące do magazynów powiatowych czy pozostałych magazynów. Układy napędu hydraulicznego wyposażone często w siłowniki hydrauliczne wykonane ze stali nierdzewnych. Osobną grupę urządzeń stanowią specjalistyczne mechanizmy dźwignicowe, przeznaczone do wodowania większych motorowych pojazdów rekreacyjnych i pontonów motorowych (patrz rys.6.) Są to z reguły rozwiązania indywidualne dźwignic, przeznaczone i specjalnie wykonane dla montażu na konkretną jednostkę pływającą. Z racji tego, że opisane urządzenia są specjalnie projektowane i wykonywane przez stoczniowe biura projektowe, są one przeznaczone jedynie na luksusowe jachty, charakteryzujące się wysoką ceną wyposażenia.

## PODSUMOWANIE

Napęd hydrauliczny jest często wykorzystywany do napędu wielu pokładowych urządzeń montowanych na pokładach nowoczesnych jachtów morskich i motorowych jednostek pływających. Do najważniejszych można zaliczyć napęd maszyny sterowej, kabestanów pokładowych, będących podstawowym wyposażeniem do obsługi żagli i takielunku, wind kotwicznych, kotwiczno-cumowniczych, spinakera do rozwijania żagli, żurawi pokładowych, furt (szczególnie rufowych) i pokładowych a także urządzeń do wodowania pokładowych pomocniczych jednostek motorowych oraz sterów strumieniowych. Tak duża popularność napędów hydraulicznych na pokładach współczesnych jachtów morskich jest spowodowana ograniczeniami w wykorzystaniu urządzeń z napędem elektrycznym prądu przemiennego.

## BIBLIOGRAFIA

1. A.Banaszek, Wybrane elementy projektowania i eksploatacji hydraulicznych układów centralnego zasilania na współczesnych produktowcach i chemikaliowcach, Wyd. uczelniane ZUT, Szczecin 2013, ISBN 978-83-7663-162-2
2. S.Stryżek, Napęd hydrostatyczny, Wyd.2, WNT Warszawa 1992
3. Z.J.Milewski Projektowanie i budowa jachtów żaglowych, Wyd. Z.Milewski Gdynia 1999, ISBN 83-910242-0
4. B.Małolepszy, Jachty żaglowe i motorowe Wyd. B.Małolepszy, Mass Media 2004, ISBN 83-91359-2-2.
5. Navimo USA Inc., Catalogue, Sarasota, Florida USA 2011

6. Herman Gotthardt Gmbh, Yachtausrustung, 22761 Hamburg 2010/2011
7. Wilmex Ltd, Wilmex catalogue 2012
8. YachtPals, Catalogue 2015, YachtPals.com

## HYDRAULIC DRIVE IN EQUIPMENT OF MODERN SEA YACHTS

### *Abstract*

*The genesis of popularisation the hydraulic drive use for equipment on board of modern sea tall and motor yachts has been presented in the paper. The advantages and disadvantages of hydraulic drive used on board of a/m vessels were described.. Example of use the hydraulic drive and control of steering gear, deck cabestan vertical winches, deck anchor and deck anchor-mooring winches, deck cranes and other elements of deck equipment was presented..*

Autorzy:

dr hab. Inż. **Andrzej Banaszek** – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie, Wydział Techniki Morskiej i Transportu; Kierownik Zakładu Projektowania Jachtów i Statków, 71-065 Szczecin; ul. Al. Piastów 41. Tel: + 48 91 449 48 50  
e-mail : [andrzej.banaszek@zut.edu..](mailto:andrzej.banaszek@zut.edu..)