

Dr inż. Jerzy Herdzik
Prof. nadzw. AMG
St. oficer mechanik okrętowy
Katedra Siłowni Okrętowych
Akademia Morska w Gdyni

Gdynia, dnia 16.05.2016 r.

AUTOREFERAT

Informacja o osiągnięciach w działalności naukowo-badawczej do wniosku o wszczęcie postępowania o nadanie stopnia doktora habilitowanego

1. Posiadane dyplomy, stopnie naukowe/artystyczne – z podaniem nazwy, miejsca i roku ich uzyskania oraz tytuł rozprawy doktorskiej
 - **Magister inżynier w zakresie mechaniki, specjalność: okręty – maszyny i siłownie okrętowe**
Instytut Okrętowy Politechniki Gdańskiej (1983)
Tytuł rozprawy: Analiza możliwości zastosowania silnika SW 680/17 (WSK Mielec) do napędu małych jednostek pływających
 - **Doktor nauk technicznych w zakresie budowy i eksploatacji maszyn**
Wydział Mechaniczny Politechniki Gdańskiej (2001)
Tytuł rozprawy: Metoda zmniejszenia zużycia paliwa podczas pracy równoległej elementów okrętowych układów energetycznych

2. Informacja o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych/artystycznych
 - Asystent stażysta 1984-1985 w Katedrze Siłowni Okrętowych (poprzednio Instytucie Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych) Akademii Morskiej w Gdyni (poprzednio Wyższej Szkole Morskiej);
 - Asystent 1985-1988 w Katedrze Siłowni Okrętowych (poprzednio Instytucie Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych) Akademii Morskiej w Gdyni (poprzednio Wyższej Szkole Morskiej);
 - Starszy asystent 1988-1990 w Katedrze Siłowni Okrętowych (poprzednio Instytucie Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych) Akademii Morskiej w Gdyni (poprzednio Wyższej Szkole Morskiej);
 - Asystent 1992-1999 w Katedrze Siłowni Okrętowych (poprzednio Instytucie Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych) Akademii Morskiej w Gdyni (poprzednio Wyższej Szkole Morskiej);
 - Starszy wykładowca 1999-2001 w Katedrze Siłowni Okrętowych (poprzednio Instytucie Technicznej Eksploatacji Siłowni Okrętowych) Akademii Morskiej w Gdyni (poprzednio Wyższej Szkole Morskiej);
 - Adiunkt 2001-2002 w Katedrze Siłowni Okrętowych Akademii Morskiej w Gdyni;
 - Profesor nadzwyczajny 2002-nadal w Katedrze Siłowni Okrętowych Akademii Morskiej w Gdyni;
 - Prodzikan Wydziału Mechanicznego 2005-2008 oraz 2008-2012.

3. Wskazanie osiągnięcia wynikającego z art. 16 ust. 2 Ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. U. nr 65 poz. 595 z późniejszymi zmianami):

- a) Tytuł osiągnięcia naukowego/artystycznego:
Monografia pt. Metody poprawy bezpieczeństwa eksploatacji okrętowych układów napędowych w systemach dynamicznego pozycjonowania statków.
- b) Autor/autorzy, tytuł/tytuły publikacji, rok wydania, nazwa wydawnictwa, strony
Jerzy Herdżik, Metody poprawy bezpieczeństwa eksploatacji okrętowych układów napędowych w systemach dynamicznego pozycjonowania statków, 2016, Wydawnictwo Uniwersytetu Technologiczno-Humanistycznego w Radomiu, 136 stron.
- c) Omówienie celu naukowego/artystycznego ww. pracy i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania:

Po uzyskaniu stopnia naukowego doktora moje dociekania naukowe dotyczyły rozwoju okrętowych układów napędu głównego i pomocniczego, umożliwiających uzyskiwanie poszczególnych klas dynamicznego pozycjonowania (bardzo ważnego problemu dla jednostek specjalistycznych). Rozwój zainteresowania zasobami surowców znajdujących się w morzach i oceanach oraz tworzenie infrastruktury dla tego przemysłu, budowa rurociągów podmorskich, kładzenie energetycznych kabli podmorskich itd. zmusza do budowy specjalistycznych statków mogących podjąć stawianym zadaniom.

Problem naukowy stawiany układom napędowym jednostek specjalistycznych jest wieloaspektowy. Umożliwia podniesienie poziomu bezpieczeństwa żeglugi, szczególnie ważnego na akwenach przybrzeżnych o dużym natężeniu ruchu oraz na obszarze red portowych i w portach (poz. 19,20,23,24,28,37,79,80,82,83,84).

Układ napędowy specjalistycznego statku (wielofunkcyjnego) ma zapewniać wysoką sprawność napędową a zarazem dać możliwość spełnienia wymagań klas dynamicznego pozycjonowania. Należy dążyć do ograniczenia nakładów inwestycyjnych, prostoty i niezawodności układu napędowego, z drugiej strony ograniczyć nakłady na osiągnięcie wymaganych dokładności pozycjonowania statku przy prędkościach zbliżonych do zera. W zależności od warunków zewnętrznych (bardzo zmiennych w warunkach falowania na morzu) mających decydujący wpływ na koszty eksploatacyjne pozycjonowania, podano propozycje oceny parametrycznej okrętowych układów napędowych (poz.41). Wymagania stawiane układom napędowym przez towarzystwa klasyfikacyjne i ich weryfikacji (poz. 46), ocena spełnienia tych wymagań przez istniejące układy napędowe, propozycje dalszego rozwoju i modyfikacji tych układów były podstawą rozważań przedstawionych artykułach (poz.32-40, 43-45, 47).

Zakres zainteresowań dotyczy okrętowych układów napędowych, których analiza powoduje pojawianie się kolejnych problemów naukowych i legislacyjnych (poz.43, 47, 68, 71). Problemami tymi zajmuje się m.in. Międzynarodowa Organizacja Morska (IMO) z siedzibą w Londynie, w szczególności jeden ze stałych podkomitetów: Komitet Bezpieczeństwa Morskiego (Maritime Safety Committee - MSC). W pracach tego komitetu w 2009 r. brałem udział jako ekspert Ministerstwa Infrastruktury.

Nastąpił istotny wzrost zainteresowania problemami budowy i eksploatacji morskich jednostek specjalistycznych, w tym wymaganiami stawianymi okrętowym układom

napędowym oraz metodom ich eksploatacji z zachowaniem bezpieczeństwa żeglugi (poz. 48,49,51,52,53,54,55,56,57,60,61,62,63,64,67,69,70,72,73,74,77,78,82,83,84,85).

W zakresie moich dociekań jest bezpieczeństwo eksploatacji gazowców LNG oraz możliwości zastosowania LNG jako paliwa na statkach (poz. 44, 50, 58, 65, 66) oraz jego transportu drogą morską (poz. 75,76,81).

Głównym zakresem moich rozważań naukowych jest poszukiwanie metod zwiększenia bezpieczeństwa eksploatacji układów napędowych statków dynamicznie pozycjonowanych.

Głównym zagrożeniem systemów DP jest zejście z pozycji (przekroczenie limitu) lub kursu (ustawienia statku wg stron świata). Podczas niektórych prac np. przeładunku ciężkich elementów, prac wiertniczych lub wydobywczych, układania rurociągu lub kabla – wiąże się to z ryzykiem poważnych zagrożeń i strat. Niebezpieczna jest również niestabilność pozycji np. niekontrolowany obrót statku. W wielu przypadkach jest to wynikiem uszkodzeń lub niesprawności systemów DP, stąd wymagana klasa systemów DP związana jest z zapewnieniem odpowiedniego stopnia redundancji. Podstawowym zagrożeniem utraty DP jest całkowity lub częściowy zanik napięcia w sieci okrętowej, z tego powodu buduje się systemy zarządzania mocą (PMS) lub energią (EMS) [16, 40, 55, 61].

Istotnym systemem DP jest system kontroli DP, w tym sieć komunikacji, czujniki warunków zewnętrznych oraz czujniki zmiany położenia kadłuba oraz klasa systemów referencyjnych określania pozycji. System ten musi wypracować sygnał sterujący, a następnie rozdział tego sygnału do poszczególnych pędników, które pozwolą zachować wymagania systemu DP [48, 60].

Wskazane są następujące zasady posadowienia pędników służących systemom dynamicznego pozycjonowania statków:

- preferuje się posadowienie symetryczne względem osi głównej (wzdłużnej) statku jako bazowe, mimo że wraz ze zmianą rozkładu masy na statku lub jego przechyłu, nie będzie to położenie symetryczne względem środka ciężkości statku [19, 28, 56];
- preferowane winny być ustawienia skrajnie oddalone od środka ciężkości statku, ze względu na zwiększenie ramienia momentu od sił naporu wytwarzanych przez pędniki, jednak jest wskazane, aby w czasie pracy pędnika w dowolnym ustawieniu, nie dochodziło do wyjścia pędnika poza obrys płaszczyzny burty statku (groźba uszkodzeń o nabrzeże lub inny statek), ponadto nie mogą „blokować się” w czasie obrotu i wskazane jest, aby ich wzajemna odległość była w miarę możliwości jak największa ze względu na kontrakcję między nimi [36, 56];
- mimo, że pędniki azymutalne mogą wytwarzać siłę naporu w danej płaszczyźnie w dowolnym kierunku, pracują wytwarzając siłę naporu w kierunkach, na których zachodzi wyzerowanie sumarycznej siły naporu i ograniczenie wielkości momentu przechylającego (taka sytuacja miałaby miejsce, gdyby oddziaływanie morza w danej chwili byłoby neutralne) [20, 42, 49];
- wytworzenie wypadkowej siły naporu różnej od zera następuje poprzez zwiększenie siły w wybranym lub wybranych pędnikach poprzez np. zwiększenie prędkości obrotowej pędnikach ze stałą śrubą lub zmianę skoku śruby w pędnikach ze śrubą nastawną – powodem takich działań jest szybsza reakcja na wymuszenia działające na kadłub, które mają zapobiec zmianie jego położenia [41, 46];
- praca pędników z wytworzeniem sił naporu w przeciwstawnych kierunkach powoduje „usztynienie” kadłuba statku, pozwala to szybszą reakcją na wymuszenia [51, 52];
- wadą tego sposobu jest konieczność pracy pędników na coraz większych obciążeniach wraz ze zwiększającymi się wymuszeniami – pozycjonowanie w ciężkich warunkach sztormowych powoduje wykładnicze zwiększenie mocy pędników wraz ze wzrostem siły wiatru i wysokości fal, co podnosi koszty związane ze zwiększonym zużyciem paliwa [52].

Podjęty w monografii problem rozwiązania funkcji celu rozdziału wektora sterującego \vec{T} między pędniki spełniający szereg warunków i ograniczeń jest ważnym wyzwaniem. Z punktu widzenia operatora systemu DP ma zapewnić poprawną pracę systemu DP, właściwą reakcję na wymuszenia od środowiska (w tym zakłócenia), które utrudniają zaplanowane zachowanie się statku. Głównym zadaniem jest uzyskanie minimalnego sumarycznego zużycia paliwa przez elementy okrętowego układu energetycznego. W typowych konfiguracjach pędników okrętowych obszar poszukiwań jest wypukły. Jeśli dany rozdział wektora sterującego można dokonać tylko na jeden sposób, to jest to jedyne rozwiązanie. Dotyczy to w szczególności konfiguracji z dwoma, trzema i czterema pędnikami, bowiem rozmieszczenie ich „wokół” środka ciężkości statku powoduje, że sam układ pędników tworzy figurę wypukłą [41, 51, 56]. Ponadto jeśli nie ma możliwości znalezienia innej pary pędników, których siły naporu dadzą wymagany sumaryczny napór wraz z sumarycznym momentem, oznacza to, że rozwiązanie, które uzyska się z obliczeń jest optymalne. W typowych układach sterowania w systemach DP z więcej niż dwoma pędnikami, korzysta się najczęściej tylko z jednej pary pędników azymutalnych w celu skompensowania wektora siły wymuszającej. Teoretycznie umożliwiają one uzyskanie sumarycznego wektora siły naporu w dowolnym kierunku. Wektor ten jest zaczepiony w środku ciężkości statku, co teoretycznie pozwala przeciwdziałać dowolnym (z ograniczeniami od góry) wymuszeniom od środowiska [57,59]. Problem funkcji celu osiągnięcia minimalnego zużycia paliwa komplikuje się w systemach napędowych, w których występują tradycyjne napędy ze śrubami stałymi lub nastawnymi, pędniki napędu awaryjnego oraz pędniki do pozycjonowania. Warto dokonać tu rozdziału funkcji: tradycyjny napęd służy utrzymaniu założonego kursu i prędkości statku, natomiast system DP zmniejsza myszkowanie statku, zmniejsza dryf boczny oraz kołysania boczne i wzdłużne (oscylacje). Ze względu na to, że środek ciężkości statku nie leży w płaszczyźnie (płaszczyznach) sił naporu, praca pędników powoduje pojawienie się dodatkowych momentów, która przechylają jednostkę. System sterowania DP musi brać pod uwagę to zjawisko. Efektem tego jest konieczność pracy pędników na wyższych obciążeniach. W układach sterowania systemami DP nie bierze się pod uwagę zmiany położenia środka ciężkości statku w różnych stanach eksploatacyjnych, powodowanych zmianą rozmieszczenia ładunku, masy ładunku, paliwa itp. lub wykonywaniem prac, które silnie oddziałują na przechyły statku np. podnoszenie i przemieszczanie ciężkich ładunków [64]. Zamierzone działania tego typu mogą być częściowo kompensowane np. zmianą zabalastowania statku, wykorzystaniem zbiorników antyprzechyłowych itp. [70]. Zmiany położenia kadłuba powodowane wykonywaniem prac mogą być wykrywane przez czujniki zmiany położenia kadłuba jako dodatkowe siły wymuszające od środowiska. Pozwala to na wypracowanie wektora sterującego \vec{T} , który uwzględnia zachodzące zjawiska. Jednak dynamika tych działań jest inna. Układy DP uwzględniają tylko siły, które powstają od wymuszeń o niskiej częstotliwości np. od falowania podstawowego, bowiem ich oddziaływanie jest dominujące i tylko takie może być kompensowane systemami DP. Ogranicza to skuteczność pozycjonowania (w tym jakoś sterowania) systemów DP, ale znacząco upraszcza wypracowanie sygnału wektora sterującego \vec{T} . Należy podkreślić, że reakcja układu napędowego systemu pozycjonowania, jest opóźniona w czasie – jest reakcją na wymuszenia, które trudno z wyprzedzeniem czasowym przewidywać [77]. Ponadto układ napędowy ma istotną bezwładność, co nie pozwala na reakcje na wymuszenia o dużej częstotliwości, stąd rezygnacja z nich w procesie wypracowywania wektora sterującego \vec{T} . [59].

Możliwości poprawy bezpieczeństwa eksploatacji układów napędowych widzę poprzez podjęcie następujących działań:

- przestrzeganiu restrykcyjnych regulacji dotyczących budowy, nadzoru, eksploatacji, obsługi, harmonogramów przeglądów i okresowych prób wszystkich elementów układu napędowego [30, 34, 38, 39, 77, 78];
- ograniczaniu fluktuacji załóg (obsadzaniu stałymi zmianami lub zmienianiu jednocześnie tylko część załogi np. 25%), szczególnie na poziomie zarządzania [62, 82, 83];
- wyrażeniu sprzeciwu w próbach obsady statków minimalną liczbą załogi – tak jak w sprzęcie, konieczna jest redundancja w ludziach [62, 83];
- restrykcyjnym przestrzeganiu norm godzin pracy. Mimo odpowiednich regulacji prawnych są one powszechnie omijane. Człowiek przemęczony i niewyspany, to osoba o znacznie niższej wydolności fizycznej i psychicznej, w trudnych warunkach częściej popełnia błędy [35, 83];
- nieuleganie przez kapitana naciskom armatora lub czarterującego, szczególnie w okresach złych warunków atmosferycznych i związanych z tym opóźnień, aby wejść w strefę operacji dynamicznego pozycjonowania jak najwcześniej, na granicy dopuszczalności, bo wg prognoz pogody ma być lepiej albo wystąpi krótkotrwałe okno pogodowe, umożliwiające pracę [67, 82];
- kluczową sprawą jest umiejętność wykorzystania potencjału, którym dysponuje statek, nie doprowadzając do przeciążeń i uszkodzeń [29, 36, 37, 63]. Tej umiejętności trudno nauczyć. Szczególnie istotne to jest dla operatorów systemów DP, bo to oni mają bezpośredni wpływ na sposób eksploatacji układów napędowych statku. Należy pamiętać, że złe warunki pogodowe, na granicy dopuszczalności wejścia w strefę operacji DP, wymagają pracy układów napędowych na wysokich obciążeniach, w tym z okresowymi przeciążeniami [67].

Uważam, że możliwe jest ciągle zwiększenie bezpieczeństwa operacji i pracy na tej ważnej grupie statków. Niestety podniesienie bezpieczeństwa, wiąże się z poniesieniem dodatkowych kosztów, na które armatorzy patrzą z perspektywy zmniejszenia zysków. Sektor statków off-shore jest relatywnie dobrze wyposażony i bogaty. Tylko statki, które przejdą rygorystyczne testy, mogą na tym rynku pracować [62, 72, 73, 78, 84]. Niestety na załogę wywiera się silne naciski, aby te testy zaliczyć, a później przez kolejny rok zapomina się o bieżących problemach statku. W wielu działach technicznych armatorów znajdują się osoby, które nie mają odpowiedniego doświadczenia praktycznego oraz wiedzy ogólnej, a w rezultacie ulegają presji obniżania kosztów eksploatacji i przenoszą tę presję na kierowników działów na statkach, wymuszając niejednokrotnie działania kosztem obniżenia bezpieczeństwa.

Jerry Naurin

Jerzy Herdzik Ph.D.(E), MCE
Prof. of GMU
Marine Chief Engineer
Ship Power Plant Department
Gdynia Maritime University

Gdynia, 16th May, 2016

SELF-REPORT

Information about achievements in research-scientific activity associated to the application for getting the post doctor's degree

1. **Obtained diplomas, scientific or artistic degree – name, place, year and title of doctor's thesis**
 - **Master of Science (Eng.) in range of mechanics: ships – machines and marine power plants**
Shipbuilding Institute, Technical University of Gdańsk (1983)
Thesis title: Analysis of the engine SW 680/17 (WSK Mielec) application for propulsion of small floating units.
 - **Doctor (technical sciences) Ph.D. (Eng.) in range of building and machines exploitation**
Mechanical Engineering Department, Technical University of Gdańsk (2001)
Thesis title: Method of total fuel consumption decreasing during parallel work of marine energetic systems.

2. **Information about employment in scientific or artistic departments:**
 - **Assistant (trainee) 1984-1985 Marine Power Plants Department (previously Institute of Marine Power Plants Technical Exploitation) Maritime University of Gdynia (previously Gdynia Maritime Academy);**
 - **Assistant 1985-1988 Marine Power Plants Department (previously Institute of Marine Power Plants Technical Exploitation) Maritime University of Gdynia (previously Gdynia Maritime Academy);**
 - **Senior assistant 1989-1990 Marine Power Plants Department (previously Institute of Marine Power Plants Technical Exploitation) Maritime University of Gdynia (previously Gdynia Maritime Academy);**
 - **Assistant 1992-1999 Marine Power Plants Department (previously Institute of Marine Power Plants Technical Exploitation) Maritime University of Gdynia (previously Gdynia Maritime Academy);**
 - **Senior lecturer 1999-2001 Marine Power Plants Department (previously Institute of Marine Power Plants Technical Exploitation) Maritime University of Gdynia (previously Gdynia Maritime Academy);**
 - **Adjunct 2001-2002 Marine Power Plants Department, Maritime University of Gdynia;**
 - **Extraordinary Professor 2002-still Marine Power Plants Department, Gdynia Maritime University;**
 - **Deputy Dean of Mechanical Engineering Faculty (Gdynia Maritime University) 2005-2008 and 2008-2012.**

3. Indication of achievement according to art. 16 par.2 Act of 2003, 14th March about scientific degrees and scientific title and degrees and title in range of art (Law Register No. 65 pos. 595 with later modifications):

- a) The title of scientific or artistic achievement:
Monograph title: Methods of exploitation safety improvement of propulsion systems on dynamically positioned vessels.
- b) Author/authors, title/publication titles, year of edition, publishers, pages:
Jerzy Herdzyk, Methods of exploitation safety improvement of propulsion systems on dynamically positioned vessels. 2016, Kazimierz Pulaski University of Technology and Humanities in Radom publishers, 136 pages.
- c) Scientific or artistic target review of above mentioned work, results and their application:

After the achievement of doctor degree my subsequent scientific research concerned to the development of main propulsion systems and possibilities to reach dynamic positioning classes (very important for specialized ships). Increasing interests of raw material reserves into the seas and oceans, forming the infrastructure for that industry, undersea pipelines and energetic cables laying etc. made force for specialized vessels built to overcome such tasks.

Scientific problem made specialized vessels propulsion systems is multifaceted. It made possible the navigation safety level increasing on shallow waters with high traffic level and in roads and ports as well (list B, pos.19,20,23,24,28,37,79,80,82,83,84).

Multipurpose vessel propulsion system ought to ensure the high propulsion efficiency and to give a possibility for fulfillment the requirements of demanded dynamic positioning class. It is necessary to tend for restricting the investment costs, simplicity and reliability of propulsion system and vice versa to limit the capital expenditure for the demanded ship positioning accuracy at speed near zero. Depending to the sea conditions (quick variable conditions of wave and wind forces at sea) having the decisive influence on operation costs of positioning it was given the propositions of parametric assessment of marine propulsion systems (pos.41). The requirements made to marine propulsion systems by classification societies and their verification (pos.46), the assessment of fulfillment these requirements through existing propulsion systems, the propositions of their development and modification were the topics of my dissertation in following papers (pos. 32-40, 43-45, 47).

The range of interests concerns marine propulsion systems, which analysis causes the appearing the next scientific and legislative problems (pos. 43, 47, 68, 71). The International Maritime Organization (IMO) (in London, UK) is engaged in such problems, especially Maritime Safety Committee (MSC). In September 2009 I have participated in works of that Committee as an expert of Polish Infrastructure Ministry.

It was occurred the interests growth of built and operation problems of specialized oceangoing units and the requirements demanded to marine propulsion systems and their operation methods with the navigation safety conservation (pos. 48, 49, 51, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 67, 69, 70, 72, 73, 74, 77, 78, 82, 83,84,85).

In the range of my interests is the safety of operation the LNG gas tankers and the possibility of using LNG as a fuel on vessels (pos. 44, 50, 58, 65, 66) and transport LNG by sea (pos. 75, 76, 81).

My main scientific and research scope is prospecting the methods of increasing the safety of vessel propulsion systems exploitation of dynamically positioned ships.

The main menace of dynamic positioning (DP) systems is the descend from position (beyond limits) or heading (setting according to directions of the world). During some works, for example handling heavy elements, drilling or mining works, laying the cables or pipelines – the descend has connected to the risk of hazards and losses. Position instability is dangerous for example from ship's rotation without control. In many cases it is a result of failure or unserviceability of DP systems, hence the required DP class is connected with the fulfillment of needed redundancy level. The basic threat of position descend is blackout or partially blackout in ship's energetic network, hence ships are equipped with the power management (PMS) or energy management systems (EMS) [16, 40, 55, 61].

The essential part of DP system is the control DP system, in it a communication network, indicators of sea and wind conditions, indicators of change position of the hull and the class of reference systems for ship's position determination. DP system control ought to work out the steering signals to thrusters to reach the requirements of DP system [48, 60].

The following principles of thruster's locating of vessel's DP systems are indicated:

- symmetrical location in respect of main ship's axis is supported as basic, although due to the change of ship mass distribution or its heel there wouldn't be still symmetrical in respect of ship's centre of gravity [19, 28, 56];
- extremely distant locations from ship's centre of gravity ought to be preferred in respect of increasing the arm of moment from thrusters' forces, but it is requisite all thrusters work range ought to be located under the hull (not to stand out of any board – the threat of damages from quay or other ship's hull), moreover they couldn't interlock during the rotation and the each other distance ought to be as long as possible due to contractions among them [36, 56];
- although azimuth thrusters may produced the thrust in given plane in any direction, they work out the thrust in those directions that the total thrust is zero and in point of minimal of tilted moment (this situation is normal at neutral sea state) [20, 42, 49];
- the resultant thrust other than zero is achieved through the thrust increasing in chosen thruster or thrusters for example through the change of rotational speed in thruster of fixed pitch propeller or the change of pitch in thruster with controllable pitch propeller – the reason of those activities is the quicker reaction on external forces affecting on hull to prevent the ship's position change [41, 46];
- the thrusters' work in opposing directions causes the hull stiffening and allows the quicker reaction on external forces and moments from them [51, 52];
- the disadvantage of that method is a necessary of thrusters work on heavier loads according to increased extortions – ship positioning in heavy sea states causes the exponential increasing of thrusters power with the increasing of wind force and the height of waves, it raises the costs of increased fuel consumption [52].

Undertaken problem in monograph the solution of the target function of steering vector division \vec{T} among thrusters fulfilling a number of conditions and limitations is an important challenge. In the point of DP system operator view the steering vector division ought to assure the correct DP system work, correct reaction on forces from environment (in it disturbances), which make difficult the planned ship's behavior. The findings of minimal total fuel consumption by the ship's energetic elements is the main task. In typical configurations of marine thrusters the seek area is convex. This will be the only solution if the steering vector division may be done only on one way. It depends in particular the configurations with two, three or four thrusters, because their arrangement round the ship's gravity centre causes that the thrusters' system creates the convex figure [41, 51, 56]. Moreover if there is no possibility to find the other pair of thrusters to reach the required resultant thrust and moment it means that the solution received from calculations will be optimal. In typical DP steering systems with more than two thrusters it makes most often use of only one pair of azimuth thrusters in

aim to compensate the external forces vector. Theoretically DP steering systems allow to get the resultant thrust vector in any direction. This vector is caught in the ship's gravity centre, what theoretically allows to prevent any environment external forces (with constraints from the top) [57, 59]. The target function problem of minimal total fuel consumption becomes complicated in propulsion systems in which occur traditional propulsion systems with fixed or controllable pitch propellers, emergency thrusters and thrusters for positioning purposes. It's worth to achieve the function distribution: traditional propulsion serves planned heading keeping and ship's speed, whereas DP system decreases the ship's yawing, side drift and hull oscillations. Due to the ship's gravity centre doesn't lie in same plane as the thrusts plane, the thrusters work results in appearance the additional moments heeling over the ship. DP steering system ought to take into account this phenomenon. The effect of that is a necessary of thrusters work on heavier loads. In DP steering systems, in different ship's operation states the change of ship's gravity centre position causing the change of cargo distribution, the cargo or fuel mass etc. or during works which strongly affected on ship's heels for example during lifting or shifting heavy cargoes doesn't take into account [64]. Such planned activities may be partly compensated by ship's ballasting or deballasting, using antiheeling tanks etc. [70].

The hull position changes cause the running works may be detected through the hull position change indicators as additional forces from the environment. It allows to modify the steering vector \vec{T} , which takes into consideration these effects. However the dynamics of these forces is different. DP systems give consideration to only these forces, which form from low frequency forces for example the basic wavy motion, because such interaction is dominated and only such influence may be compensated by DP systems. It limited the effectiveness of positioning (in it the steering quality) the DP systems but meaningful simplified the working out of steering vector \vec{T} signal. It should be underline that propulsion reaction of positioning system is deleted – this is the reaction on environmental forces which are difficult to forecast [77]. Moreover propulsion system has a crucial inertia so it doesn't allow on reaction on high frequency forces that is why we don't take into account these type of forces in the process of work out the steering vector \vec{T} signal [59].

The possibilities of increasing the exploitation safety of propulsion systems are possible by the following activities:

- complying the restrictive regulations concerning to construction, supervision, exploitation, maintenance, inspection schedule and periodic trials the all elements of propulsion system [30, 34, 38, 39, 77, 78];
- restriction of crew fluctuations (manning the ship of permanent crew or only with about 25% of exchange), especially on the management level [62, 82, 83];
- expressing the objection in the probes of manning the ship by minimal number of crew – like in ship's equipment it is a necessary the redundancy in men [62, 83];
- restrictive complying the work hours standards. In spite of proper regulations the standards often aren't observed. Overtired and not rested man this is a person with reduced physical and mental fitness, may do more mistakes especially in hard conditions [35, 83];
- master's yielding to the ship-owner or charterer, especially in the period of heavy sea conditions, due to delays to enter to the positioning zone as soon as possible, on the margin of admissibility according to the weather forecast it would be intervals or the short-lived weather window allowing the work [67, 82];
- the key matter is the skill of potential utilization of ship's possibility to avoid the unacceptable overloads and failures [29, 36, 37, 63]. This is difficult to learn that skill.

Especially important it is for DP system operators, they have the direct influence on the exploitation methods of ship propulsion systems. It should be remember the heavy weather conditions on the boundary of the admissibility to enter into DP operation zone, needed the work of propulsion systems on heavy loads with momentary permissible overloads [67].

In my opinion it is possible the continuous increasing the operation and work safety on that important group of vessels. Unfortunately the safety increasing needs additional expenses on which the ship-owners look with the perspective of the profit decreasing. The sector of off-shore vessels is relatively well equipped and rich. Only ships passing the rigorous tests may work on that market [62, 72, 73, 78, 84]. Unfortunately the strong pressure exerts on the ship's crew to pass the tests and later during the next year forgets about the current ship's problems. In many ship-owner's technical departments there are men without the proper experience or knowledge and in a result they are overcome the pressure to decreasing the vessel's operation expenses and transfer the pressure to the masters and chief engineers forcing many times the activities resulting the vessel's safety decrease.

Jerry Naurin