

**ИЗСЛЕДВАНЕ ПРОМЯНАТА НА МАНЕВРЕНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ
НА КОРАБ АВТОВОЗ ПРИ СИЛЕН ВЯТЪР И ВЪЛНЕНИЕ И ТЯХНОТО
ВЛИЯНИЕТО ВЪРХУ ИЗПЪЛНЕНИЕ НА МАНЕВРА**

**Автори: Доц. д-р инж. Анастас Крушев, Ас. КДП инж. Николай Атанасов
Технически Университет Варна, Април 2022**

Контакти: atanasov_nick@mail.bg

***Резюме:** В настоящата публикация е изследвана промяната на маневрените характеристики на кораб автовоз при влошаване на хидрометеорологичните условия – скорост на вятъра 20 kn, 35 kn и 50 kn и породеното от него вълнение. Направено е сравнение на получените данни и получените при маневрените изпитания. Анализирани са използването на данните от маневрените изпитания и от експеримента при решаване задача за безопасно маневриране.*

***Ключови думи:** маневрени характеристики, кораб автовоз, силен вятър и вълнение, маневрени характеристики при силен вятър*

**STUDY OF THE CHANGE OF THE MANEUVERING CHARACTERISTICS
OF A PURE CAR CARRIER SHIP IN STRONG WIND AND WAVE AND
THEIR INFLUENCE ON THE EXECUTION OF A MANEUVER**

Nikolay Atanasov, Anastas Krushev

atanasov_nick@mail.bg

***Abstract:** This publication examines the change of the maneuvering characteristics of a pure car carrier ship in the event of deteriorating hydro meteorological conditions - wind speed 20 kn, 35 kn and 50 kn and the resulting sea waves. A comparison between the data obtained and those obtained during the maneuvering trials was made. The use of data from the maneuvering tests and those from the experiment in solving a problem for safe maneuvering is analyzed.*

***Keywords:** maneuvering characteristics, pure car carrier, strong wind and sea waves, maneuvering characteristics in strong wind*

ВЪВЕДЕНИЕ

Постоянното развитие на технологиите се прилага при създаването на все по-модерни технически средства за корабоводене, с които се оборудват навигационните мостици на съвременните кораби. Въпреки това броят на сблъскванията между кораби заема голяма част от инцидентите на море – 23,2% за периода 2011-2017 г. според европейската информационна платформа за морски произшествия (EMCIP)[6]. Според друг източник - Japan-Marine Accident Risk and Safety Information System [1] може да се направи извода, че за периода 2009-2020 г. броят на сблъскванията леко е намалял, но въпреки това остава с най-голям дял (25.9%) от инцидентите на море, следван от засядане (22.9%) за последния анализиран период 01 януари – 31 август 2020 г. От тези данни следва извод, че са необходими мерки за намаляване броя на сблъскванията като фактор за огромни непредвидени загуби. Неправилно действие, свързано с човешкия фактор е причина за повече от половината инциденти на море. Фокусът върху обучението и професионалната квалификация на навигационните офицери е от огромно значение за повишаване безопасността на корабоплаването. По отношение на сблъскванията и навигационните аварии това означава ситуацията да бъде анализирана правилно и своевременно да се извърши безопасна маневра. Необходимо условие за изпълнение на безопасна маневра е навигационният офицер да познава маневрените характеристики на управлявания кораб, също така да може да даде оценка на евентуалните характеристики на управляемост на корабите, с които възниква ситуация на прекомерно сближение или опасност от сблъскване [5]. Данни за характеристиките на управляемост трябва да бъдат показани на навигационния мостик [3]. Обикновено те са резултат от маневрени изпитания, които според [4] трябва да бъдат проведени в условия на дълбока,

неограничена вода; спокойна среда; пълно натоварване (газене до лятна товарна марка), равен кил; и постоянно, устойчиво подхождане с тестовата скорост. Спокойна среда според [2] е вятърът да не надвишава 5 бала, а вълнението 4 бала по скалата на Бофорт. Целта на настоящата статия е да се изследва промяната на маневрените характеристики при определени, по-тежки хидрометеорологични условия, които да се сравнят с критериите на ММО и да се направят изводи за маневреността на изследвания кораб.

ИЗЛОЖЕНИЕ

"Маневрени характеристики" според стандартите на ММО за маневреност на кораба [4] са типични измерения за качеството на изпълнение и способността корабът да бъде управляван. Разработени са за кораби с нормални задвижващи механизми за контрол на скоростта на движение напред и за насочване (т.е. винт на кърмата и рул на кърмата). Въпреки това повечето от определенията и заключенията се прилагат и за кораби с други видове задвижващи механизми и управление.

В статията са използвани следните означения и съкращения:

Advance (Adv) – разстоянието, изминато от геометричния център на кораба по посока на първоначалния курс до определена промяна на курса (напр. 90°)

Transfer (Tr) - разстоянието, изминато от геометричния център на кораба по посока, перпендикулярна на първоначалния курс до определена промяна на курса (напр. 90°)

Тактически диаметър (Tactical diameter) - разстоянието, изминато от геометричния център на кораба по посока, перпендикулярна на първоначалния курс до промяна на курса със 180°

ARPA – Automatic Radar Plotting Aids

L – най-голямата дължина на кораба

ММО – Международна Морска Организация

ИК – Истински курс на кораба

Да се провеждат корабни или моделни изпитания за комбинациите от всички възможни фактори, влияещи на маневрените характеристики на корабите, е практически невъзможно. По-удачно е използването на математически модели за изследване траекторията на движение на кораба. Такива са разработени за навигационните симулатори. Най-високият клас навигационен симулатор е клас „А” (A full mission simulator capable of simulating a total shipboard bridge operation situation, including the capability for advanced manoeuvring in restricted waterways). На такъв тип симулатор - Polaris, произведен от Kongsberg Maritime, работещ във Варна, са направени настоящите изследвания. Симулаторът е сертифициран от DNV и допуснат за експлоатация със заповед на Изпълнителна агенция Морска администрация към МТИТС на Р. България.

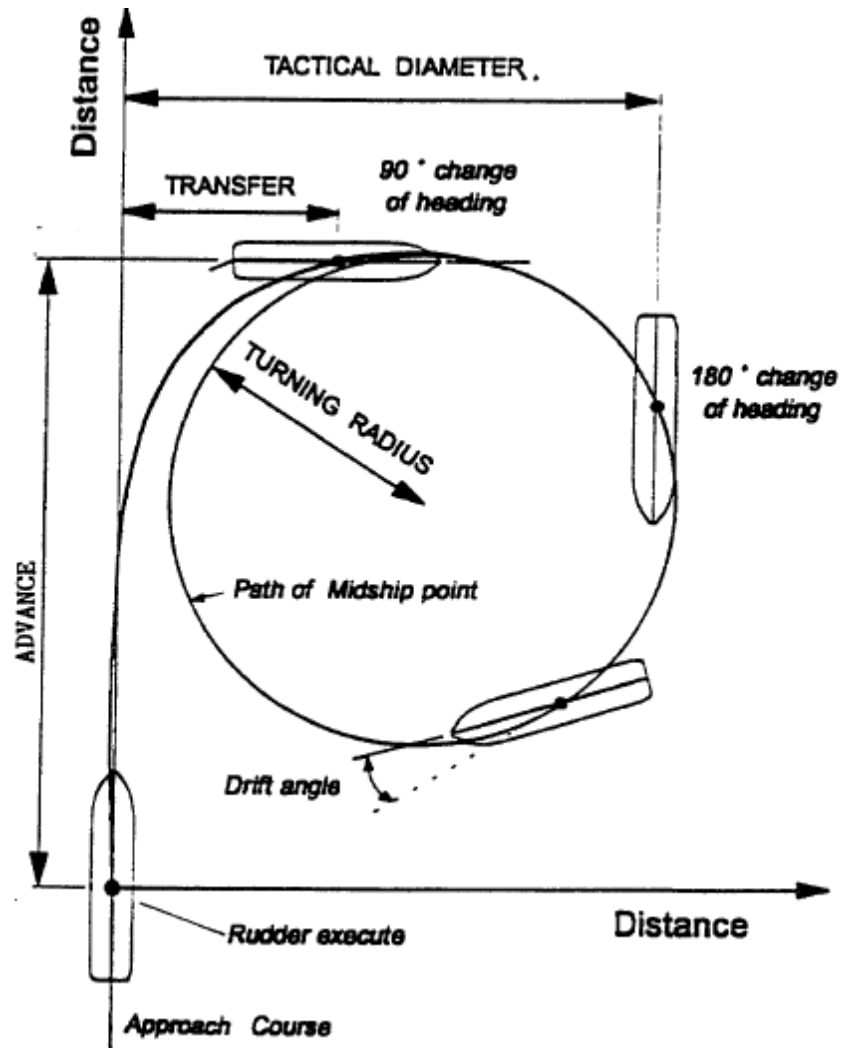
Обект на изследване е промяната на маневрените характеристики на кораб автовоз. Условията, в които се извършват изследванията, са следните:

Открито море и дълбока вода (повече от 5 пъти газенето на кораба)

- Три серии изследвания - при вятър със скорост 20, 35 и 50 kn;
- За всяка от трите серии посоката на истинския вятър се променя осем пъти - 000°, 045°, 090°, 135°, 180°, 225°, 270° и 315°;
- Вълнението на морето е развито за съответния вятър;

➤ Корабният модел плава достатъчно дълго време, за да се стабилизира движението му, и рулят се отклонява на 35° надясно;

Фиг. 1 Маневрени характеристики на корабите



Методика на изпълнение на експеримента за изследване траекторията на движението на кораба при промяна силата и посоката на вятъра

1 Корабният модел се поставя в началната позиция в открито море. ИК на модела е 000° .

2 Машинният телеграф се поставя на пълни морски обороти.

3 Включва се автопилота.

4 Избира се посоката и силата на вятъра и развито вълнение при този вятър.

5 Стартира се експеримента.

6 След плаване достатъчно време, за да се стабилизира движението на корабния модел, в режим „пауза” се преминава на ръчно управление и рулят се отклонява надясно до желаното положение.

7 Отново се стартира експеримента

8 Следи се траекторията на движение на модела и при достигане на желаната циркулация експериментът се спира.

9 Извличат се необходимите за анализа данни.

Точност на получените от навигационния симулатор резултати

1. Времето се отчита с точност една секунда. Максималният интервал от време, през който се извличат данните, е 6 секунди. При скорост 25 възла изминатият път за 6 секунди е 77 метра, т.е. това е максималната грешка в разстоянията, породена от максималния интервал 6 секунди.

2. Отклонението на руля се отчита с точност 0.1° .

3. Курсът се отчита с точност 1° .

4. Ъгловата скорост на кораба при промяна на курса се отчита с точност $1^{\circ}/\text{мин}$.
5. Скоростта се отчита с точност 1 kn.
6. Географските координати на геометричния център на корпуса се отчитат точност 2 м.
7. Посоката и скоростта на вятъра се отчитат с точност $\pm 1^{\circ}$ за посока и $\pm 1\text{kn}$ за скорост
8. Ъгълът на дрейфа се отчита с точност $\pm 0.1^{\circ}$

Основни данни за изследвания модел на кораб автовоз, съкращение “Car 01”, са дадени в Таблица 1. Задвижването се осигурява от един главен двигател, дизелово гориво, 13501 kW при 106 об/мин. Гребен винт един с фиксирана дясна стъпка. Управлението е от един рул с максимално отклонение 35° и време за отклонение от ляво на борд до дясно на борд 28 s. Има едно подрулящо устройство на носа с мощност 1100 kW.

Таблица 1

Основни данни за изследвания корабен модел Car 01

	Водоиз- местване [t]	Максимална мощност на главния двигател [kW]	Най- голяма дължина L [m]	Най- голяма ширина [m]	Газене на носа [m]	Газене на кърмата [m]	Напречна ветрилна площ [m ²]	Скорост напред V [kn]	Напречна метацентр ична височина [m]
Car 01	26500	13501	198	32.3	7.5	7.5	5564	20.6	2.1

Изискванията на ММО са описани в [5]. Според тях при промяна на началния курс с 90° трябва:

$$\underline{Advance < (4.5 \times L)}$$

(1)

При промяна на на началния курс със 180° трябва:

$$\underline{Tactical\ diameter < (5 \times L)}$$

(2)

За изследвания корабен модел това означава :

$$\underline{Advance < 891m; Tactical\ diameter < 990m}$$

Проведени са тестове на корабен модел Car 01 в условия на дълбока вода, вятър 0, течение 0 и вълнение 0. Получените резултати са показани в Таблица 2, удовлетворяват изискванията на ММО и ще бъдат сравнявани с тези от проведените експерименти.

Таблица 2

Данни за маневрените характеристики на модел Car 01

	Time 90° [min:sec]	Advance 90° [m]	Transfer 90° [m]	Time 180° [min:sec]	Tactical diameter [m]	Circulation diameter [m]	Turn rate [deg/min]	Speed loss [%]
Car 01	01:32	707.5	381.7	02:53	874.8	838.6	63.3	27.2

Сравнение на получените при изследванията данни за корабен модел Car 01 с данните, получени при тестовете (Таблица 2) и с изискванията на Стандартите на ММО.

При сила на вятъра 20kn се наблюдава минимална разлика на изследваните параметри Advance и Transfer при промяна посоката на вятъра

(Таблица 3). Във всички изследвани случаи са изпълнени изискванията на ММО (1) и (2). Когато се решава задача за маневриране при тази сила на вятъра данните могат да се приемат (като се има предвид точността на работа) същите като получените при маневрените изпитания без вятър. При сила на вятъра 35kn изводите са аналогични (Таблица 3).

Таблица 3

Разлика между получените максимална и минимална стойности за Advance и Transfer [m] в осемте серии при промяна посоката на вятъра

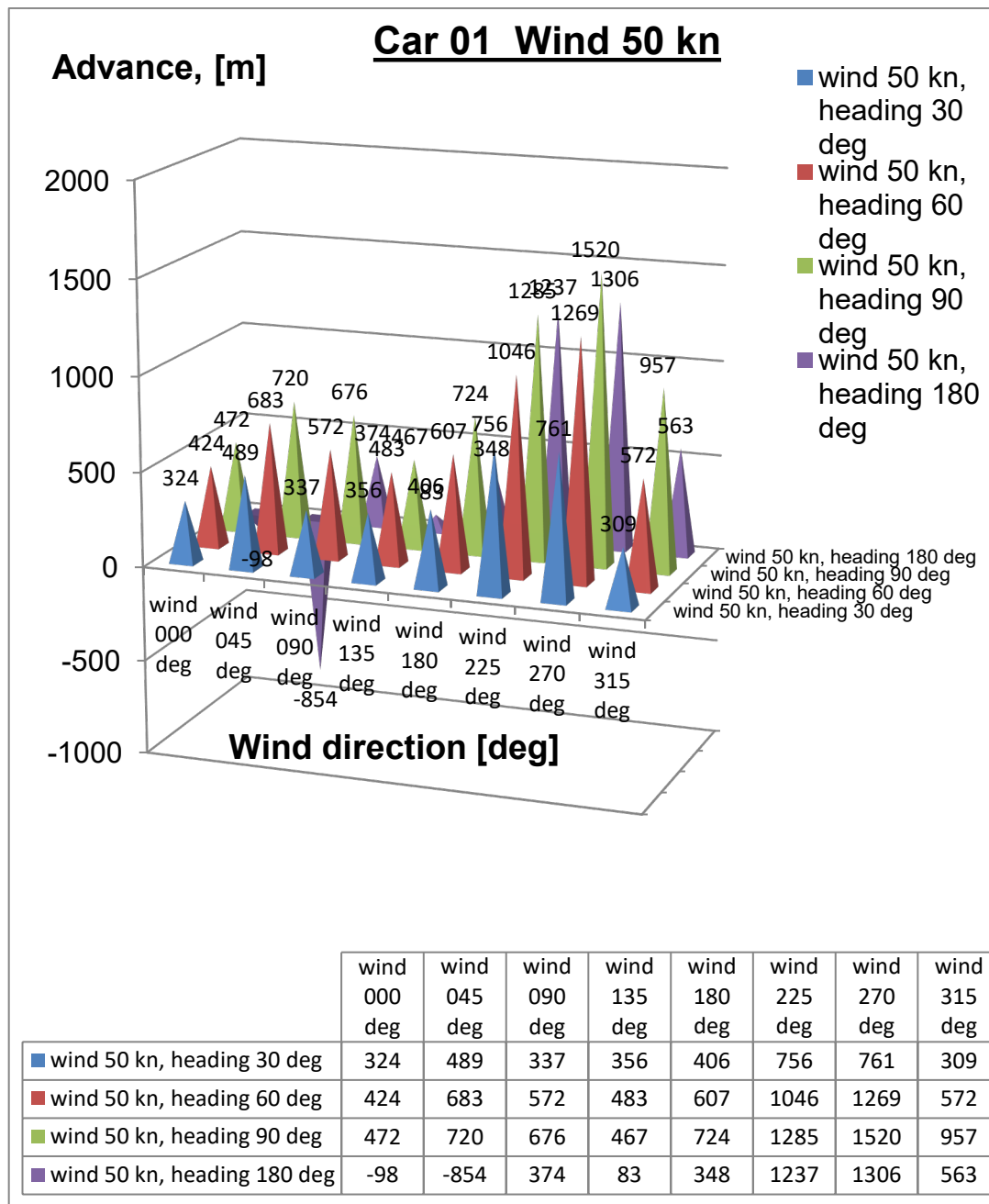
	Car 01 Heading 30°		Car 01 Heading 60°		Car 01 Heading 90°		Car 01 Heading 180°	
	Advance	Transfer	Advance	Transfer	Advance	Transfer	Advance	Transfer
wind 20 kn	289	52	239	77	220	139	220	56
wind 35 kn	110	85	146	85	185	155	263	116
wind 50 kn	452	348	845	300	1053	1215	2160	1637

При увеличаване скоростта на вятъра до 50kn резултатите за Advance и Transfer чувствително се повлияват от посоката на вятъра (Фиг. 1 и Фиг. 2). Най-неблагоприятни са случаите с истински вятър по и около траверса с посока, обратна на посоката на промяна на курса – в случая вятър отляво и промяна на курса надясно. При тези условия ползването на данни от маневрените изпитания за решаване задача за маневриране би довело до големи грешки.

Таблица 4**Сравнение на Стандартите с данните за модел Car 01**

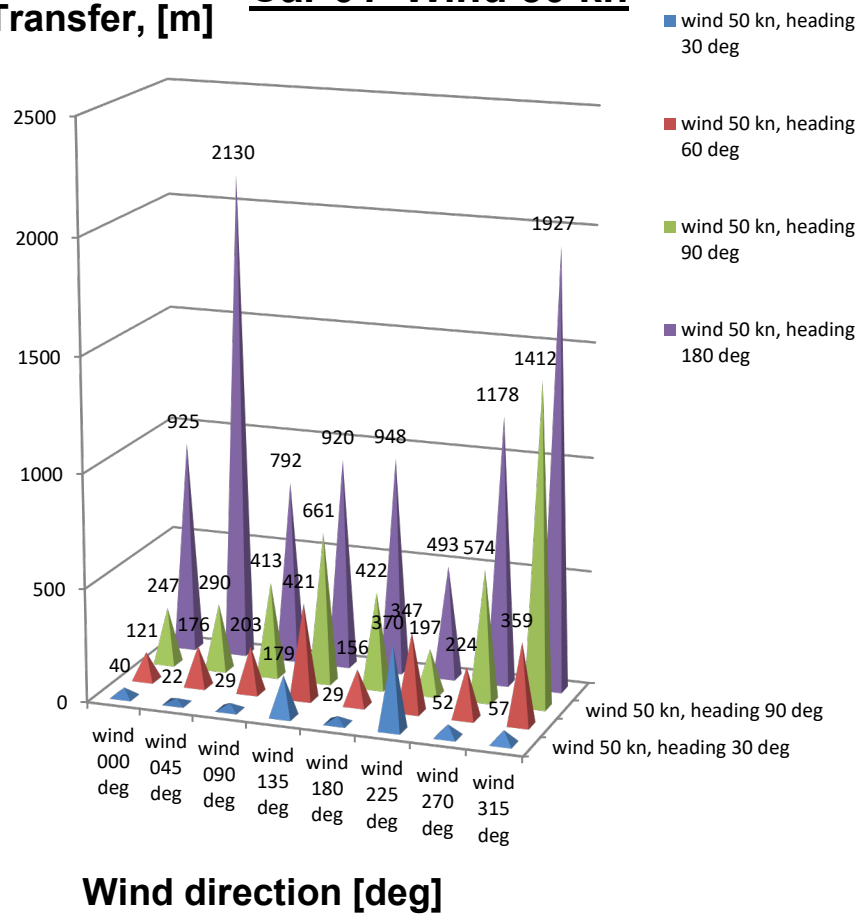
	Car 01 Изисквания: Adv<891m; Tactical D<990m				
TRUE WIND speed/direction	Time 90° [min:sec]	Advance 90° [m]	Transfer 90° [m]	Time 180° [min:sec]	Tactical D [m]
0kn	1:32	707.5	381.7	2:53	874.8
50 kn / 000°	1:30	472	247	3:42	925
50 kn / 045°	2:40	720	290	9:52	2130
50 kn / 090°	2:12	676	413	3:48	792
50 kn / 135°	1:56	467	661	3:20	920
50 kn / 180°	1:42	724	422	3:30	948
50 kn / 225°	2:38	1285	197	4:14	493
50 kn / 270°	3:24	1520	574	4:44	1178
50 kn / 315°	4:21	957	1412	5:43	1927

В повечето случаи Advance и Transfer за корабен модел Car 01 са по-големи от получените при маневрените изпитания вследствие влиянието на външните фактори - вятър и породеното от него вълнение (тези данни са с удебелен шрифт в дясната страна на съответната колона, (Таблица 4).



Фигура 1 Данни за Advance при вятър 50 kn

Transfer, [m] Car 01 Wind 50 kn



	wind 000 deg	wind 045 deg	wind 090 deg	wind 135 deg	wind 180 deg	wind 225 deg	wind 270 deg	wind 315 deg
wind 50 kn, heading 30 deg	40	22	29	179	29	370	52	57
wind 50 kn, heading 60 deg	121	176	203	421	156	347	224	359
wind 50 kn, heading 90 deg	247	290	413	661	422	197	574	1412
wind 50 kn, heading 180 deg	925	2130	792	920	948	493	1178	1927

Фигура 2 Данни за Transfer при вятър 50 kn

При вятър със скорост 50kn и посока около и зад траверса, противоположна на посоката, в която ще се променя курса, резултатите са повече от два пъти по-големи от изискваните в Стандартите на ММО (Таблица 4). Това би довело до грешка с големина 6-7 пъти дължината на кораба (случаите с най-неблагоприятна посока на вятъра), ако при решаване на задачата се отчитат маневрените характеристики от изпитанията и още по-голяма, ако изобщо не се отчитат. Тази грешка би била в пъти по-голяма от всякаква друга грешка при решаване задачата за безопасно маневриране, което е фактор за възникване на сериозни инциденти.

ИЗВОДИ:

➤ Посоката на истинския вятър не изменя значително маневрените характеристики на изследвания корабен модел Car 01 при скорост на вятъра до 35kn. В този случай данните от маневрените изпитания могат да се използват за решаване задачата за безопасно маневриране.

➤ Посоката на истинския вятър изменя значително маневрените характеристики на изследвания корабен модел Car 01 при скорост на вятъра 50kn. В този случай използването на данните от маневрените изпитания за решаване задачата за безопасно маневриране би довело до грешка 6-7 корабни дължини.

➤ В практиката данните от Таблица 3 и Таблица 4 могат да бъдат използвани при аналогични хидрометеорологични условия.

Исползвана литература:

1. milt.go.jp/jtsb/statistics_mar.html#p01
2. MSC/Circ.1053, 16 December 2002, EXPLANATORY NOTES TO THE STANDARDS FOR SHIP MANOEUVRABILITY
3. RESOLUTION A.601(15) adopted on 19 November 1987 PROVISION AND DISPLAY OF MANOEUVRING INFORMATION ON BOARD SHIPS
4. RESOLUTION MSC.137(76), adopted on 4 December 2002 STANDARDS FOR SHIP MANOEUVRABILITY
5. STCW Code
6. www.emsa.europa.eu – European Maritime Safety Agency, Annual overview of marine casualties and incidents 2018