



**ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ГР. ВАРНА**

**Николай Добрев Атанасов**

**РАЗРАБОТВАНЕ НА АЛГОРИТМИ ЗА  
БЕЗОПАСНО РАЗМИНАВАНЕ НА  
КОРАБИТЕ С ОТЧИТАНЕ НА  
МАНЕВРЕНИТЕ ИМ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА АРПА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на образователна и  
научна степен „Доктор“

Научна специалност „Управление на кораби и  
корабоводене“, Шифър 02.14.12

Научни ръководители: проф. д-р инж. Николай Ников  
доц. д-р инж. Анастас Стефанов Крушев

Рецензенти:

- 1.
- 2.

Варна, юни 2022 г.

Дисертационният труд е обсъден на 17.06.2022 г. в катедра КУТОЧВП и насочен за защита.

Докторантът е работил в катедра КУТОЧВП.

Автор: Николай Добрев Атанасов

**Заглавие: „РАЗРАБОТВАНЕ НА АЛГОРИТМИ  
ЗА БЕЗОПАСНО РАЗМИНАВАНЕ НА  
КОРАБИТЕ С ОТЧИТАНЕ НА  
МАНЕВРЕНИТЕ ИМ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА АРПА”**

**ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ГР. ВАРНА**

Николай Добрев Атанасов

**РАЗРАБОТВАНЕ НА АЛГОРИТМИ ЗА  
БЕЗОПАСНО РАЗМИНАВАНЕ НА  
КОРАБИТЕ С ОТЧИТАНЕ НА  
МАНЕВРЕНИТЕ ИМ ХАРАКТЕРИСТИКИ  
ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА АРПА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на образователна и  
научна степен „Доктор“

Варна, юни 2022

## ОБЕМ И СТРУКТУРА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

Дисертацията се състои от увод, четири глави, изводи за състоянието на проблема, цели и задачи на дисертационния труд, основни изводи, приноси, списък на използваната литература и списък на публикациите по дисертационния труд. Дисертационният труд съдържа 140 страници, включително 36 фигури (от които 20 в основната част и 16 като приложение), 34 таблици, оформени с въведение, 4 глави, общи изводи, и списък на използваната литература от 65 заглавия, от които 21 на кирилица и 44 на латиница – общо 132 страници основна част и 8 страници приложения.

Към дисертационния труд е разработен алгоритъм за решаване задачата за разминаване с отчитане маневрените характеристики на кораба и промяната им при промяна на външните хидро и метеорологични условия – в случая вятър със скорост 50kn и развита вълна в открито море, както и методически указания за използване на данните с променените при конкретните условия маневрени характеристики за четири типа кораби (единият в две състояния – с пълно натоварване и под баласт).

Защитата на дисертационния труд ще се състои на ..... г. от..... часа в зала ..... на ТУ – Варна на открито заседание на научно жури сформирано със заповед на Ректора No. ....../.....г.

Материалите по защитата (дисертацията, рецензията и становищата) са на разположение на интересуващите се във ФД “Докторанти”, стая НУК.

# I. ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

## Актуалност на проблема

Съгласно изискването, изложено в международната конвенция STCW, капитанът на кораба е отговорен за създаване на организация за поддържане на безопасна навигационна вахта. Вахтените помощник-капитани носят пълна отговорност за безопасното управление на кораба по време на своята вахта, когато са поели командването на кораба и трябва да отделят особено внимание на моментите, когато се предприемат мерки за избягване на сблъскване и засядане на плитчина. Същата конвенция задължава вахтените помощник-капитани да познават „Конвенция за международните правила за предпазване от сблъскване на море - 1972г. (COLREGS)”, и характеристиките на управляемост на собствения кораб, данни за които (при определени външни условия) трябва да има на мостика, както и да могат да дадат оценка на евентуалните характеристики на управляемост на корабите, с които възниква ситуация на прекомерно сближение или опасност от сблъскване. Маневра за разминаване на кораби може ефективно да бъде направена след осъществяване на задълбочен анализ на информацията, процесите и явленията, които влияят на маневрата, условията, в които се осъществява, както и действието и поведението на всички участници в маневрата. В морската практика маневра за разминаване е нормална и обичайна дейност, която се извършва от навигационния офицер, приел командването на кораба. Маневрата става проблем при възникване на случайни събития, довеждащи до опасно сближение на два или повече кораба, както и наличието на навигационни опасности в района на плаване. Прекомерно сближение е характеристика на пространството, необходимо на собствения кораб, за да извърши маневра за избягване на

сблъскване независимо от това какви действия може да предприеме другият кораб, внезапно и неочаквано. Трябва да се отбележи, че формата и размера на това пространство зависи от обстоятелствата. Плавайки бавно в тесен канал, то може да е метри. Плавайки с висока скорост в открития океан, може да е мила и повече. Други фактори са времето, състоянието на морето, видимостта. Във всички случаи действията за разминаване трябва да се изпълняват безопасно и ефективно. В тези действия участват сложни технически средства, управлявани от човек или екип. Познаването на маневрените характеристики на различните като тип и големина кораби в различни хидрометеорологични условия, както и познаването на изискванията от правен, навигационен, хидрометеорологичен и друг характер са в основата на безопасността при изпълнение на маневра.

Отчитайки всичко споменато до тук основателно възникват редица въпроси, а именно: до каква степен трябва да се познават маневрените характеристики на собствения кораб в различни хидрометеорологични условия; до каква степен да се познават маневрените характеристики на корабите, с които възниква ситуация на опасност от сблъскване или прекомерно сближение; кога е моментът да се започне маневра за разминаване; до кога може да се изчаква кораб, длъжен да отстъпи път, да започне маневра, без да има опасност от прекомерно сближение; как промяната на външните условия влияе на изпълнението на дадена маневра.

## **Проблем**

Проблемите, засегнати в десертационния труд, касаят безопасността на корабоплаването. По-конкретно промяната на маневрените характеристики с промяна на хидро и метеорологичните условия, което се отразява на своевременността и точността на изпълнение на маневра за

разминаване и е фактор за създаване на опасни ситуации, не рядко завършващи с инциденти.

### **Цели и задачи на изследването**

Целта на настоящата дисертация е да се изследва промяната на маневрените характеристики на четири типа кораби с помощта на навигационен симулатор клас „А” при промяна силата и посоката на вятъра. С получените данни да се състави алгоритъм за безопасно разминаване с използване данните от ARPA и се сравнят данните с получените при решаване на задачата по традиционен начин на маневрен планшет без отчитане на маневрени характеристики, както и с данните, получени от ARPA в режим „пробна маневра”. Познаването на маневрените характеристики и промяната им в различни условия в последствие да вдъхне увереност на помощник-капитаните, относно правилността, надеждността и своевременността при вземане на решение за изпълнение на маневра.

За постигане на крайната цел на дисертацията са решени следните задачи:

**Задача 1:** Изследвана е промяната на маневрените характеристики на пет корабни модела при промяна силата на вятъра.

**Задача 2:** Изследвана е промяната на маневрените характеристики на пет корабни модела при промяна посоката на вятъра.

**Задача 3:** Разработена е методика за решаване задачата за разминаване при опасност от сблъскване с данни от АРПА и отчитане маневрените характеристики при конкретните хидро и метео условия.

-

## **Обект и предмет на изследването**

**Обект на изследването** са пет корабни модела, разработени за навигационен симулатор - кораб автовоз, съкращение "Car 01"; среднотонажен контейнеровоз, съкращение "Cnt 02"; голямотонажен контейнеровоз, съкращение "Cnt 03"; голямотонажен танкер, под баласт, съкращение "Tnk VI"; голямотонажен танкер, с пълен товар, съкращение "Tnk Ld".

**Предмет на изследването** са маневрените характеристики на корабните модели при условия, различни от изискваните за провеждане на маневрени изпитания. За район на плаване е избран открито море. Истинският вятър е със скорост 20, 35 и 50 kn. С всяка скорост на вятъра се извършват експерименти с посока на истинския вятър 000°, 045°, 090°, 135°, 180°, 225°, 270° и 315°. Използвана е посоката на истинския, а не на относителния вятър, за да има еднаквост при решаване задачата за разминаване с повече цели.

## **Метод на изследването**

За извеждане на получените в дисертационния труд зависимости е използван навигационен симулатор "Polaris", клас „А", сертифициран от DNV – GL.

Изследвани са пет корабни модела.

Условията, при които е извършено изследването, са вятър със скорост 20kn, 35kn и 50kn. Посоката на вятъра се променя от 000° до 360° през 45°.

## **Научна новост на изследването**

Разработката предлага алгоритъм за решаване на задача за разминаване при различни хидро и метеорологични условия. Сравнени са резултатите, получени с използване на методиката



с традиционното решение на маневрен планшет, както и с пробна маневра, симулирана от ARPA. Разгледаните примери показват , че ако не се отчитат маневрените характеристики за конкретните условия в които плава кораба, грешката в изчислената дистанция на минимално сближение може да достигне 10 кабелта. Като последствие може да бъде допусната груба грешка при вземането на решение за извършване на маневра, която да доведе до развитие на опасна ситуация и евентуално последващ инцидент. Разработена е методика и алгоритми, с помощтта на които в зависимост от състоянието на кораба, хидрометеорологичните условия и методите, да се определят параметрите на безопасна маневра за избягване на сблъскване.

### **Практическа ценност на изследването**

Получените резултати относно промяната на маневрените характеристики могат да служат за развитие на решаването на задача за разминаване, по-конкретно с получените данни при използваните в експеримента условия да се съставят и решават задачи, отразяващи действителния път, който ще измине даден кораб. Изследването може да служи за по-точна преценка на възникнала ситуация с опасност от сблъскване, като при анализа на данните от радар и ARPA се имат предвид начините на изчисление на параметрите на разминаване и се сравняват с реалните. В следствие на това вахтените офицери да могат да се чувстват по-уверени при работа с ARPA и при вземането на решение за избягване на опасно сближение с други кораби.

Изведените данни за изчисляване на действителния път, който ще измине кораба и реално необходимото време за това при различни хидрометеорологични условия, могат да се използват за определяне на допълнителното разстояние, което ще проплава кораба, както и допълнително необходимото време за изпълнение на безопасна маневра в сравнение с пътя и времето

при нормални условия на плаване, и по този начин да се намали опасността от създаване на опасни ситуации, водещо до сериозни инциденти.

### **Апробация на изследването**

Доклади, свързани с темата на дисертационния труд са изнесени, както следва:

- Сборник доклади, изнесени на Международна научна конференция, Варна 10-11 май 2018 г. Валентин Златев, Николай Атанасов. „Стандарти на IMO за маневрените характеристики на кораба”

- Сборник доклади, изнесени на Международна научна конференция, Варна 10-11 май 2018 г. Юрий Дачев, Николай Атанасов. „Оценяване ресурсите на външните фактори, влияещи на управлението на кораба”

- Статия в e-Journal VFU, Брой 17 – 2022, ISSN 1313-7514 Доц. д-р инж. Анастас Крушев, КДП инж. Николай Атанасов „Изследване промяната на маневрените характеристики на кораб автовоз при силен вятър и вълнение”

- Статия в e-Journal VFU, Брой 17 – 2022, ISSN 1313-7514 КДП инж. Николай Атанасов „Промяна на маневрените характеристики на корабите при влошени хидрометеорологични условия”

Цялостно, дисертационния труд е докладван на 17 юни 2022 г. на заседание на катедрен съвет, сформирани от членове на катедра КУТОЧВП при КФ на ТУ – Варна.

На основа на разработката е изготвена методика за решаване на задача за разминаване в конкретните условия на плаване, разгледани в дисертационния труд, която да е в помощ на студентите специалност корабоводене и на корабоводителите.

## **II. СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД**

### **Увод**

Маневра за разминаване на кораби може ефективно да бъде направена след осъществяване на задълбочен анализ на информацията, процесите и явленията, които влияят на маневрата, условията, в които се осъществява, както и действието и поведението на всички участници в маневрата. В морската практика маневра за разминаване е нормална и обичайна дейност, която се извършва от навигационния офицер, приел командването на кораба. Маневрата става проблем при възникване на случайни събития, довеждащи до опасно сближение на два или повече кораба, както и наличието на навигационни опасности в района на плаване. Прекомерно сближение е характеристика на пространството, необходимо на собствения кораб, за да извърши маневра за избягване на сблъскване независимо от това какви действия може да предприеме другият кораб, внезапно и неочаквано. Трябва да се отбележи, че формата и размера на това пространство зависи от обстоятелствата. Плавайки бавно в тесен канал, то може да е метри. Плавайки с висока скорост в открития океан, може да е миля и повече. Други фактори са времето, състоянието на морето, видимостта. Във всички случаи действията за разминаване трябва да се изпълняват безопасно и ефективно. В тези действия участвуват сложни технически средства, управлявани от човек или екип. Познаването на маневрените характеристики на различните като тип и големина кораби в различни хидрометеорологични условия, както и познаването на изискванията от правен, навигационен, хидрометеорологичен и друг характер са в основата на безопасността при изпълнение на маневра.

Идеята за написване на тази дисертация възникна през годините в работата ми като инструктор на навигационен тренажор. По време на курсовете „Bridge team and resource management”, “Ship’s handling and maneuvering”, “Operational use of ECDIS” и др. съм коментирал маневрени характеристики на корабите и впечатлението ми е, че тази материя е недостатъчно задълбочено позната на курсистите – навигационни офицери и капитани.

## **Глава първа : ПОСТАНОВКА НА ПРОБЛЕМА И ВРЪЗКАТА МУ С НАУЧНИТЕ И ПРАКТИЧЕСКИТЕ ЗАДАЧИ**

### **1.1 АНАЛИЗ НА МОРСКИТЕ БЕДСТВИЯ И ИНЦИДЕНТИ ЗА ПЕРИОДА 2011-2017 г. И ЗА 2018 г. ПО ДАННИ НА EMSA**

EMSA е разработила методология за анализ на данните, докладвани в Европейската платформа за информация за морски произшествия (EMCIP), с цел откриване на потенциални проблеми, свързани с безопасността.

Представените данни за морските произшествия и инциденти са само с информационна цел. Статистическите данни са извлечени от данните, качени в европейската информационна платформа за морски произшествия (EMCIP) от разследващите органи на държавите-членки на ЕС. Публикацията отразява информацията за морските произшествия и аварии към момента на извличането на данните (т.е. 07/06/2018).

Общ брой на корабите, претърпели морски произшествия - 23264

Общ брой на докладваните морски произшествия и инциденти – 20616

Много сериозни инциденти – 603

Брой на пострадалите хора – 6812

Смъртни случаи – 683

Разследвания - 1070

Човешка грешка е причина за 58% от инцидентите.

През периода 2011-2017 г. основната категория са корабите за генерални товари (42,5%), следвани от пътнически кораби (22,6%). Докато броят на товарните кораби и корабите за услуги се стабилизира, а броят на пътническите кораби и другите кораби леко намалява, през 2017 г., се наблюдава трайно увеличение по отношение на риболовните кораби. Съвкупността от сблъсквания (collision) - 23.2%, контакт (contact) - 16.3%, и засядане (grounding / stranding) - 16.6%, т.е. инцидентите, свързани с навигацията, съставляват 53.1% от всички инциденти, свързани с кораби.

За периода 2011—2017 г. са загубени общо 203 кораба.

284 кораба са потънали, някои от тях са били възстановени.

В 86 случая първоначалното произшествие е било наводняване.

Вторият по значимост фактор е сблъскване - 43 случая.

Изводи: Издадени са 1949 препоръки за безопасност, като основната част от тях са оперативните практики (40%), следвани от безопасността на корабоплаването (15,8%) и човешкия фактор (15,6%). Това са широки фокусни области с детайлни препоръки за всеки отделен случай, но без обобщения – напр. при грешки следствие човешкия фактор причината може да бъде преумора, стрес, недостаъчна теоретична подготовка, подценяване сериозността на ситуацията и т.н. Причините за сблъскванията също могат да са различни – проблеми с оборудването, неправилна оценка на ситуацията, промяна маневрените характеристики следствие влияние на външни фактори, непознаване маневрените характеристики на кораба в ситуацията и т.н. Делът на сблъскванията е сравнително голям, с тежки последици и са необходими всякакви действия за намаляване броя на тези инциденти. Според опита на автора като корабоводител и инструктор на навигационен тренажор познаването на маневрените характеристики на собствения кораб и на друг кораб, който е в ситуация на прекомерно сближение или опасност от сблъскване, при различни външни

условия ще даде възможност за по-точни и навременни действия с по-малко фатални последици.

## **1.2 КВАЛИФИКАЦИЯТА НА НАВИГАЦИОННИТЕ ОФИЦЕРИ СПОРЕД STCW CODE И ПОЗНАВАНЕТО НА МАНЕВРЕНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА КОРАБА**

Безопасността на корабоплаването е един от основните въпроси, засягащ всички участници в този процес.

Конвенцията STCW определя капитана на кораба като отговорен за създаване на организация за поддържане на безопасна навигационна вахта. Вахтените помощник-капитани носят пълна отговорност за безопасното управление на кораба по време на своята вахта, когато са поели командването на кораба и трябва да отделят особено внимание на моментите, когато се предприемат мерки за избягване на сблъскване и засядане на плитчина. Същата конвенция задължава вахтените помощник-капитани да познават „Конвенция за международните правила за предпазване от сблъскване на море - 1972г. (COLREGS)”, и характеристиките на управляемост на собствения кораб, данни за които (при определени външни условия) трябва да има на мостика, както и да могат да дадат оценка на евентуалните характеристики на управляемост на корабите, с които възниква ситуация на прекомерно сближение или опасност от сблъскване.

## **1.3 ПОЗНАВАНЕТО НА МАНЕВРЕНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ И ВРЪЗКАТА ИМ С КОНВЕНЦИЯ ЗА МЕЖДУНАРОДНИТЕ ПРАВИЛА ЗА ПРЕДПАЗВАНЕ ОТ СБЛЪСКВАНЕ НА МОРЕ, 1972 г.**

Един от основните документи, регламентиращи правилата за движение и разминаване на корабите, е “КОНВЕНЦИЯ ЗА МЕЖДУНАРОДНИТЕ ПРАВИЛА ЗА ПРЕДПАЗВАНЕ ОТ СБЛЪСКВАНЕ НА МОРЕ”, 1972 г. (МППСМ).

Според Правило 5 от МППСМ всеки кораб трябва постоянно да води необходимото зрителино и слухово наблюдение, както и да

използва за това всички налични други средства в съответствие с преобладаващите обстоятелства и условия така, че да може напълно да оценява ситуацията и съществуващата опасност от сблъскване.

В условия на ограничена видимост ефективността на зрителното наблюдение драстично намалява, слуховото наблюдение може да служи за откриване на цели около кораба и приблизително определяне на посоката към тях. Информация се получава основно от корабната радиолокационна станция. Правило 6 от МППСМ дефинира понятието безопасна скорост. Според това правило всеки кораб трябва винаги да се движи с безопасна скорост така, че да може да предприеме необходимото ефективно действие за избягване на сблъскване и да може да спре движението си на достатъчно разстояние при съществуващите обстоятелства и условия. Безопасната скорост трябва да дава възможност да се определят и изпълняват необходимите действия; да се докаже ефективността им; да се спре кораба, ако неочакван маньовър на целта създаде опасност от сблъскване. Или в случай, че корабът, длъжен да отстъпи път, не предприеме своевременни действия. Оценка за своевременността може да се направи единствено при правилна оценка на евентуалните характеристики на управляемост на кораба в ситуация със собствения кораб. Правилната оценка зависи от принципното познаване маневрените характеристики на корабите и от промяната им при промяна на условията на средата. От правилото следва, че безопасната скорост е променлива величина и зависи от: състоянието на видимостта (визуална и радиолокационна); плътността на движение на корабите; маневрените характеристики на кораба; фона на осветлението; състоянието на времето; наличието на течение и навигационни опасности; съотношението между газенето на кораба и дълбочините на района; характеристиките и ограниченията на КРЛС; интензивността на радиолокационните смущения; възможността да не бъдат открити малки кораби, лед и други.

При определяне на безопасната скорост в конкретната ситуация се отчитат множество фактори, един от които е маневрените качества на кораба, особено разстоянието за окончателното му спиране и повратливостта на кораба в най-често срещаните условия. За да се отчита фактора „повратливост на кораба” тази характеристика трябва да е много добре позната на капитана, респективно навигационния офицер. За сравнително благоприятна метеорологична обстановка, при каквата трябва да се провеждат маневрените изпитания според изискванията на ММО, данни задължително има на корабния мостик. Как се разбират промените на маневрените характеристики при други условия – силен вятър, вълнение, плитководие и т.н. е въпрос на индивидуална подготовка на всеки навигационен офицер.

Могат да се направят следните изводи:

- когато скоростта на собствения кораб е голяма трудно се забелязват действията на целта за предпазване от сблъскване;
- значителното изменение на курса е абсолютно необходимо, ако искаме то да бъде забелязано от другия кораб и особено ако той плава с голяма скорост. "Значително изменение на курса" означава не по-малко от  $60^\circ$  надясно и  $90^\circ$  наляво (според българската учебна практика в дисциплината „Основи на маневрирането”).

Аналогични са разсъжденията за измененията на скоростта. За "значително изменение на скоростта" се счита намалението най-малко до половината от действителната скорост на плаване, но да не бъде по-малка от минималната скорост при която корабът слуша руля.

Ако се маневрира с едновременното изменение на курса и скоростта на кораба, не е необходимо курса да се измени с  $60^\circ$  и скоростта да се намали наполовина. В този случай е необходимо да се осигури разлика между старата и новата линии на относително движение около  $20^\circ$ - $30^\circ$ .



Правило 8 изисква и избягване на ред последователни незначителни изменения на курса и/или скоростта на кораба.

В допълнение според Правило 16 от МППСМ тези действия трябва да бъдат съвременни и решителни. Критерият „съвременност“ не е определен числово или емпирично, а зависи от преценката на навигационния офицер, поел командването на кораба. Правилното решение на задачата за разминаване и отчитането на маневрените характеристики на кораба са основните фактори за безопасността на маневрата, като за отчитане на маневрените характеристики задължително е необходимо познаването им при конкретните условия на средата, в която плава кораба. В допълнение ако се установи, че другият кораб (който е длъжен да отстъпи път) не взема необходимите мерки според правилата, корабът, който е задължен да не променя курса и скоростта си, трябва да предприеме такива действия, с които най-успешно ще помогне да се избегне сблъскването. Въпросът е, че критерият „съвременност“ е различен за различните кораби – напр. с дължина 25 м., 250 м. или 400 м. За кораб с дължина 400м. може да са необходими няколко мили за извършване на маневра за безопасно разминаване, докато малък кораб може да маневрира на десетки или стотици метри от целта. Това обаче отнема възможността големият кораб да предприеме каквито и да е действия, ако прецени, че действията на целта не са достатъчно безопасни. Скоростта е друг важен фактор и не на последно място маневрените характеристики в конкретните условия.

Според МППСМ, ако обстоятелствата позволяват, промяната на курса трябва да е надясно.

За да се изпълняват МППСМ и като се имат пред вид горепосочените анализи на тези правила става ясно, че е необходимо задълбочено познаване на маневрените характеристики на корабите.

#### **1.4 ОПРЕДЕЛЕНИЕТО „КОРАБ БЕЗ УПРАВЛЕНИЕ” СПОРЕД МППСМ И ТЪЛКУВАНИЕТО МУ ОТ А. N. COCKROFT AND J. N. F. LAMEIJER, ДОАЙЕНИ В ТЪЛКУВАНИЕТО НА ПРАВИЛАТА.**

Някои кораби, които са били считани за „кораби без управление“ съгласно предходните регламенти (правило 4 от Правилата, приети през 1960 г.), са изключени от тази категория в правилата, приети през 1972 г., тъй като определението включва израза „който поради някои изключителни обстоятелства“. Корабите, участващи във влачене със сложен характер, и други плавателни съдове, които поради естеството на работата си не са в състояние да маневрират, както се изисква от правилата, сега се считат за „кораби с ограничена способност за маневриране“. Такива кораби получават същата степен на привилегия като кораби, които без управление, но те показват различни светлини и знаци.

Може да се спори дали неблагоприятните метеорологични условия всъщност не са наистина изключителни обстоятелства и следователно корабът би могъл да бъде оправдан да показва сигнали за кораб без управление, когато не е в състояние да маневрира в лоши хидрометеорологични условия.

На конференцията от 1972 г. е било счтено, че неблагоприятните метеорологични условия, които сериозно засягат способността на кораба да маневрира, биха били изключителни обстоятелства. Навигационният офицер, който е поел командването на кораба, преценява ситуацията и взема решение за маневра. Situational awareness – осведомеността за ситуацията около кораба, е първата необходима част от вземането на решение. STCW code в частта носене на вахта на море задължава вахтените помощник-капитани да знаят характеристиките на управляемост на своя кораб, включително разстоянието за спиране, и да отчитат, че другите кораби могат да имат различни характеристики на управляемост. Това може

да стане със знания и опит. Опитът се трупа през годините и се „взема” от другите. Знанията се получават в програмите за получаване на съответната правоспособност и самостоятелно обучение.

## **1.5 СТАНДАРТИ ЗА МАНЕВРЕНОСТ НА КОРАБИТЕ. РЕГЛАМЕНТИРАЩИ ДОКУМЕНТИ.**

1.5.1 РЕЗОЛЮЦИЯ MSC.137 (76), приета на 4 декември 2002 г. МОРСКИЯТ КОМИТЕТ ЗА БЕЗОПАСНОСТ приема тази резолюция, признавайки способността за маневриране на корабите да бъде важен принос за безопасността на корабоплаването, и вярвайки, че разработването и прилагането на стандарти за маневреност на корабите, особено за големи кораби и кораби, превозващи опасни товари в насипно състояние, ще подобрят морската безопасност и ще подобрят опазването на морската среда.

За да се оценят маневрените характеристики на кораба, трябва да се провеждат маневрени изпитания както към левия, така и към десния борд и при условия, посочени по-долу:

- .1 дълбока, неограничена вода;
- .2 спокойна среда;
- .3 пълно натоварване (газене до лятна товарна марка), равен кил; и
- .4 постоянно, устойчиво подхождане с тестовата скорост.

Маневреността на кораба се счита за задоволителна, ако са спазени следните критерии:

- .1 Способност за промяна на курса

Адвансът (the advance) не трябва да надвишава 4,5 корабни дължини (L), а тактическият диаметър не трябва да надвишава 5 корабни дължини при маневра циркулация.

.2 Начална способност за промяна на курса

С преместването на ъгъл  $10^\circ$  на руля към левия / десния борд корабът не трябва да е изминал повече от 2,5 корабни дължини до момента, в който курсът се е променил с  $10^\circ$  от началния.

.3 Проверка на способността за промяна и за поддържане на курса

## **1.6 ВЪЗМОЖНИ НАЧИНИ ЗА ПОЛУЧАВАНЕ НА ДАННИ ЗА МАНЕВРЕНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА КОРАБИТЕ.**

Да се провеждат корабни или моделни изпитания за комбинациите от всички възможни фактори, влияещи на маневрените характеристики на корабите, е практически невъзможно. В такива случаи са необходими математически модели за изследване траекторията на движение на кораба.

Такива математически модели 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). Един от тези навигационни симулатори е Polaris, произведен от Kongsberg Maritime (Who we are - We are a marine systems provider. Our solutions are suitable for on - and offshore, merchant marine, subsea, navy, coastal marine, aquaculture, training services and more. Rolls-Royce Commercial Marine is now an integrated part of Kongsberg Maritime).

Симулаторът е сертифициран от DNV и допуснат за експлоатация със заповед на Изпълнителна агенция Морска администрация към МТИТС на Р. България.

От 2018 г. се работи по новия проект на DNV GL за цифрови симулации - **Open Simulation Platform** (OSP) или извеждането на цифровите кораби – близнаци на следващо ниво.



***Фигура 1.4 – Реален кораб и цифрово симулиран кораб - близнак***

Целта на OSP е да създаде стандарт за модели и симулации в морската индустрия, даващ възможност за повторно използване на модели и симулации за съвместна система за решаване на предизвикателства при проектирането, изграждането и експлоатацията на днешните и утрешните кораби. Планирано е, че СИП ще извърши окончателните си работни пакети до пролетта на 2020 г., като заложи основите на дългосрочната визия за екосистемата.

### **Изводи по първа глава:**

1. Разгледани са морските бедствия и инциденти за периода 2011-2017 г. Човешка грешка е причина за 58% от инцидентите. Съвкупността от сблъсквания (collision) - 23.2%, контакт (contact) - 16.3%, и засядане (grounding/stranding) - 16.6%, т.е. инцидентите, свързани с навигацията, съставляват 53.1% от всички инциденти, свързани с кораби – Приложение 2. 284 потънали кораба, в 86 случая първоначалното произшествие е било наводняване. Вторият по значимост фактор е

сблъскване - 43 случая. Смъртните случаи са главно поради наводняване / наводняване и потъване (35.2%) или сблъскване (23.6%).

2. Конвенция STCW, Раздел А-VIII/2, ЧАСТ 4: „30. Вахтените помощник-капитани трябва да знаят характеристиките на управляемост на своя кораб, включително разстоянието за спиране, и да отчитат, че другите кораби могат да имат различни характеристики на управляемост.”
3. За да се изпълняват МППСМ и като се имат пред вид конкретните извадки от тези правила става ясно, че е необходимо задълбочено познаване на маневрените характеристики на корабите.
4. Стандартите за маневреност на корабите са разработени за кораби с традиционна система за задвижване и управление (например кораби, задвижвани с вал с конвенционален рул). За оценка на маневрените характеристики на кораба трябва да се провеждат маневрени изпитания както към левия, така и към десния борд при условия дълбока вода, спокойна среда, пълно натоварване, устойчиво подхождане с тестовата скорост.
5. Създаване на стандарти за маневреност за корабите при различни експлоатационни условия е сложна задача, която заслужава текущи изследвания.
6. Може да се спори дали неблагоприятните метеорологични условия всъщност не са наистина изключителни обстоятелства и следователно корабът би могъл да бъде оправдан да показва сигнали за кораб без управление, когато не е в състояние да маневрира в лоши хидрометеорологични условия.
7. Математическите модели за изследване траекторията на движение на кораба позволяват да се провеждат

изпитания за комбинациите от всякакви възможни фактори.

8. При векторния метод за решаване на задачата за разминаване на маневрен планшет в общия случай целите се приемат за точки (началото на векторите), независимо от големината на целите, която може да бъде по-голяма от 400 m. дължина. Метод за отчитане на циркулацията при условията на провеждане на маневрени изпитания има в.
9. За собствения кораб може да се намери някъква информация за промяна маневрените характеристики при промяна условията на средата. За друг тип кораби, участващи в ситуация на прекомерно сближение или опасност от сблъскване може само да се предполага.

### **Задачи, произтичащи от изводите:**

1. Да бъде изследвана промяната на маневрените характеристики при промяна силата на вятъра.
2. Да бъде изследвана промяната на маневрените характеристики при промяна посоката на вятъра.
3. Да се състави методика за решаване задачата за разминаване при опасност от сблъскване с данни от АРПА и отчитане маневрените характеристики при конкретните хидро и метео условия.

## **ГЛАВА 2 : ИЗСЛЕДВАНЕ ТРАЕКТОРИЯТА НА ДВИЖЕНИЕТО НА КОРАБА ПРИ ПРОМЯНА СИЛАТА И ПОСОКАТА НА ВЯТЪРА**

### **2.1 ИНФОРМАЦИЯ ЗА МАНЕВРЕНИТЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ НА КОРАБА**

Маневрените характеристики на кораба трябва да се проверяват на маневрени изпитания на море, за да се определи дали корабът отговаря на изискванията на ММО за безопасност на море. Резултатите трябва да бъдат на видно място на корабния мостик във вид на постер.

Вахтените помощник-капитани трябва да са запознати с данните от постера. Необходимостта от познаването на маневрените характеристики е пряко свързана с извършването на безопасна маневра. В повечето случаи при проиграване на „trial manoeuvre” с ARPA получените резултатите са при мигновена промяна параметрите на движение – курс и скорост. Имайки данни за маневрените характеристики и съобразявайки се с тях резултатът от маневрата – разминаване на определена дистанция, ще бъде по-точен. Това е в сила за условията, в които са проведени маневрените изпитания.

В предупреждението в долния десен ъгъл е записано, че маневрените характеристики може да са различни от горепосочените, ако някое от следващите условия, на които се базира маневрената информация, е различно: спокойно време – вятър 10 kn или по-малко, спокойно море, без течение, дълбока вода (поне два пъти газенето), чист корпус, газене между това под баласт и при пълен кораб, необичаен диферент.

## **2.2 Необходимост от познаване маневрените характеристики на кораба при промяна условията на външната среда – силата и посоката на вятъра**

Условията на средата, при които трябва да се провеждат изпитанията, са близки до идеалните. Какви ще бъдат маневрените характеристики при други условия е въпрос, който е от особена важност за капитана, респективно навигационния офицер, когато трябва да се предприеме маневра.

## **2.3 Използване на математически модел за изследване траекторията на движение на кораба**

За различни от тези условия са необходими допълнителни изпитания. В дисертацията е извършено изследване на динамиката на движение на кораби на базата на математически модели на навигационен симулатор клас „А” - Polaris, произведен от Kongsberg Maritime.

## **2.4 Изследване траекторията на движение на корабни модели с навигационен симулатор**



## 2.4.1 Общо описание на навигационния симулатор

Изискванията към най-високия клас „А” навигационни тренажори са да могат да симулират всякакъв вид дейности на корабния мостик. (A full mission simulator capable of simulating a total shipboard bridge operation situation, including the capability for advanced manoeuvring in restricted waterways).

Могат да бъдат разработени математически модели на всякакъв вид плавателни средства и райони на плаване, както и да се симулират всякакви външни условия.

2.4.1.1 Математически модели на плавателни средства – изборът за изследването е пет от наличните модели.

2.4.1.2 Район на плаване – избран е район в Тасманово море, източно от Сидни.

2.4.1.3 Вътрешни, характерни за всеки конкретен модел (контролируеми от оператора в процеса на изследването) фактори, влияещи на маневрените характеристики:

- главен двигател/двигатели
- гребен винт/винтове
- рул/рулове
- швартови въжета
- котви
- влекачи
- допълнителни движители – подрулващи устройства

2.4.1.4 Външни, неконтролируеми в реална ситуация и контролируеми при разработване симулацията на конкретна задача фактори:

- вятър
- течение
- намалена видимост
- състояние на морето

- състояние на времето
- кейове и оборудването им
- ефект на плитководието
- отблъскване/засмукване от плитчини
- хидродинамично взаимодействие между корабите

2.4.2 Избор на параметри на външната среда, при които се провеждат експериментите.

#### 2.4.2.1 Дълбочина на водния басейн.

Навигационният тренажор дава възможност да се използват реалните дълбочини, както и да се променят дълбочините на определени зони или на целия район. Например цялото Черно море може да се симулира с дълбочина 10 m, варненското пристанище с дълбочина 50 m. За изследванията е зададена дълбочина 150 m, т.е. дълбока вода в сравнение с максималното газене на използваните модели на кораби (повече от 5 пъти най-голямото газене на избраните модели).

#### 2.4.2.2 Вълнение.

Навигационният тренажор дава възможност да се избира периодът от време, през което вятърът е бил с избраната сила, като се започва с изходните условия до развито вълнение. При изследването изборът е развита вълна в открито море.

#### 2.4.2.3 Вятър

Провеждат се изследвания при вятър със скорост 20 kn, 35 kn и 50 kn, без да се отчита вариация на поривите, т.е. вятър с постоянна скорост. По скалата на Бофорт 5 бала (изискванията на ММО за средата, в която се провеждат маневрени изпитания, е вятърът да не превишава 5 бала), 7-8 бала и 9-10 бала, т.е.

вторият и третият случай неспазвайки изискванията на ММО, но реални условия на плаване.

С всяка скорост на вятъра се извършват експерименти с посока на истинския вятър  $000^{\circ}$ ,  $045^{\circ}$ ,  $090^{\circ}$ ,  $135^{\circ}$ ,  $180^{\circ}$ ,  $225^{\circ}$ ,  $270^{\circ}$  и  $315^{\circ}$ . Използвана е посоката на истинския, а не на относителния вятър, за да се работи по-лесно при решаване задачата за разминаване с повече цели. При даден относителен вятър за маневриращия кораб трябва да се премине през истинския, за да се оцени въздействието му върху кораба цел.

#### 2.4.3 Обект на изследване

Обектът на изследване е траекторията на движение на пет корабни модела.

### 2.5 Изпълнение на експеримента

2.5.1 Всички корабни модели се поставят в началната позиция в открито море. ИК на всички модели  $000^{\circ}$ .

2.5.2 Машинният телеграф се поставя на пълни морски обороти.

2.5.3 Включва се автопилота.

2.5.4 Избира се посоката и силата на вятъра и развито вълнение.

2.5.5 Стартира се експеримента.

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

2.5.7 Следи се траекторията на движение на моделите и при достигане на желаната циркулация експериментът се спира.

2.5.8 Извличат се необходимите за анализа данни.

### 2.6 Точност на получените резултати.

2.6.1 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.

2.6.2 Отклонението на руля се отчита с точност  $0.1^\circ$ .

2.6.3 Курсът се отчита с точност  $1^\circ$ .

2.6.4 Ъгловата скорост на кораба при промяна на курса се отчита с точност  $1^\circ/\text{мин}$ .

2.6.5 Скоростта се отчита с точност 1 kn.

2.6.6 Географските координати на геометричния център на корпуса се отчитат точно 2 м.

2.6.7 Посоката и скоростта на вятъра се отчитат с точност  $\pm 1^\circ$  за посока и  $\pm 1 \text{ kn}$  за скорост

2.6.8 Ъгълът на дрейфа се отчита с точност  $\pm 0.1^\circ$

### **Изводи по втора глава:**

1. За изследване маневрените характеристики най-удачно е да се използва математически модел. Използваният математически модел на навигационния симулатор е одобрен от DNV GL ( [Det Norske Veritas \(Norway\)](#) and [Germanischer Lloyd \(Germany\)](#)).

2. За изследване са избрани пет модела, описани в 2.3.4. Целта е да се установи промяната на маневрените характеристики при промяна силата и посоката на вятъра.

#### **Задачи**

1. Да се изследва траекторията на моделите при отклонение на руля дясно на  $10^\circ$ , на  $20^\circ$  и на  $35^\circ$ . Да се снимат данни за Advance и Transfer при промяна на първоначалния курс с  $30^\circ$ , с  $60^\circ$ , с  $90^\circ$  и със  $180^\circ$ .

2. Тези данни да бъдат сравнени с маневрените характеристики при условията, предписани от ММО [7].

3. Да бъде разработена методика за решаване задачата за разминаване с отчитане промяната на маневрените характеристики на моделите.

## **ГЛАВА 3 : РЕЗУЛТАТИ ОТ ИЗСЛЕДВАНИЯТА, СРАВНЕНИЕ И АНАЛИЗ**

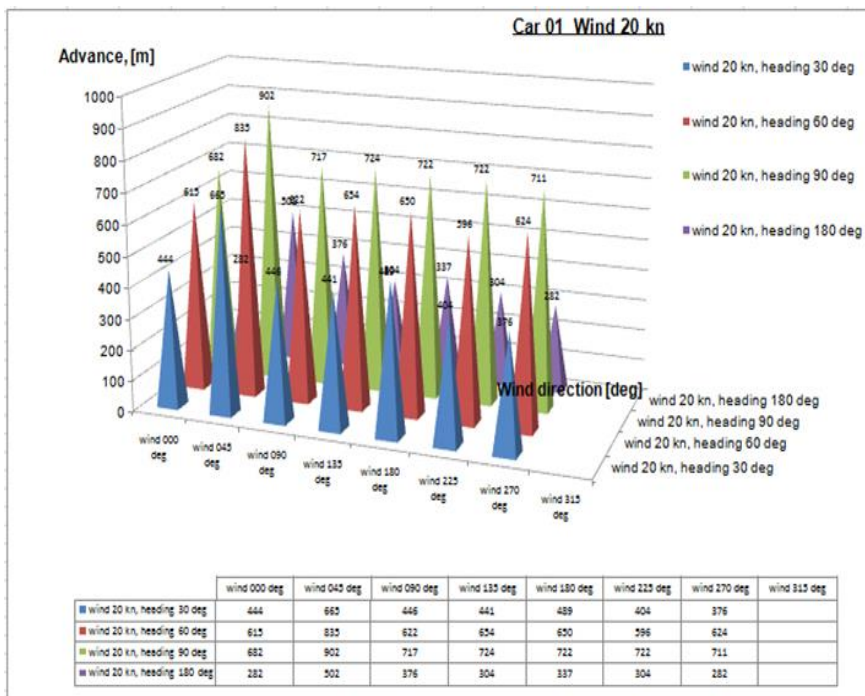
### 3.1 Резултати от изследванията

Извлечени са данни за следните величини:

Elapsed time (hh:mm:ss)	Car_01 Rudder	Car_01 Heading	Car_01 Rate of turn	Car_01 Speed	Car_01 Speed rate	Car_01 Course thru water	Car_01 Latitude	Car_01 Longitude	Car_01 Wind	Car_01 Wind direction	Car_01 Drift angle thru water	Car_01 Shaft power	Car_01 Engine torque	Car_01 Roll
00:06:25	s20.0	010	p66	10	7.5	-004	S33°39.489	E151°32.898	26	045	s14.4	13800	123	p8.8
00:06:23	s20.0	010	p66	10	7.5	-004	S33°39.489	E151°32.898	26	045	s14.4	13800	123	p8.8
00:06:21	s20.0	010	p66	10	7.5	-004	S33°39.489	E151°32.898	26	045	s14.4	13800	123	p8.8
00:06:19	s20.0	010	p66	10	7.5	-004	S33°39.489	E151°32.898	26	045	s14.4	13800	123	p8.8
00:06:13	s20.0	005	s48	11	-9.4	-004	S33°39.528	E151°32.900	26	045	s9.0	5830	52	p7.3
00:06:11	s20.0	005	s48	11	-9.4	-004	S33°39.528	E151°32.900	26	045	s9.0	5830	52	p7.3
00:06:07	s20.0	005	s48	11	-9.4	-004	S33°39.528	E151°32.900	26	045	s9.0	5830	52	p7.3
00:06:01	s20.0	000	s42	11	2.2	-013	S33°39.564	E151°32.907	26	045	s13.2	13754	121	p7.2
00:05:59	s20.0	000	s42	11	2.2	-013	S33°39.564	E151°32.907	26	045	s13.2	13754	121	p7.2
00:05:55	s20.0	000	s42	11	2.2	-013	S33°39.564	E151°32.907	26	045	s13.2	13754	121	p7.2
00:05:51	s20.0	354	p6	8	-1.1	354	S33°39.597	E151°32.913	26	045	p0.2	8949	122	p3.0
00:05:49	s20.0	354	p6	8	-1.1	354	S33°39.597	E151°32.913	26	045	p0.2	8949	122	p3.0
00:05:47	s20.0	354	p6	8	-1.1	354	S33°39.597	E151°32.913	26	045	p0.2	8949	122	p3.0
00:05:43	s20.0	354	p6	8	-1.1	354	S33°39.597	E151°32.913	26	045	p0.2	8949	122	p3.0
00:05:41	p0.6	006	s61	13	-3.2	006	S33°39.627	E151°32.916	26	045	s0.2	12235	82	p6.2

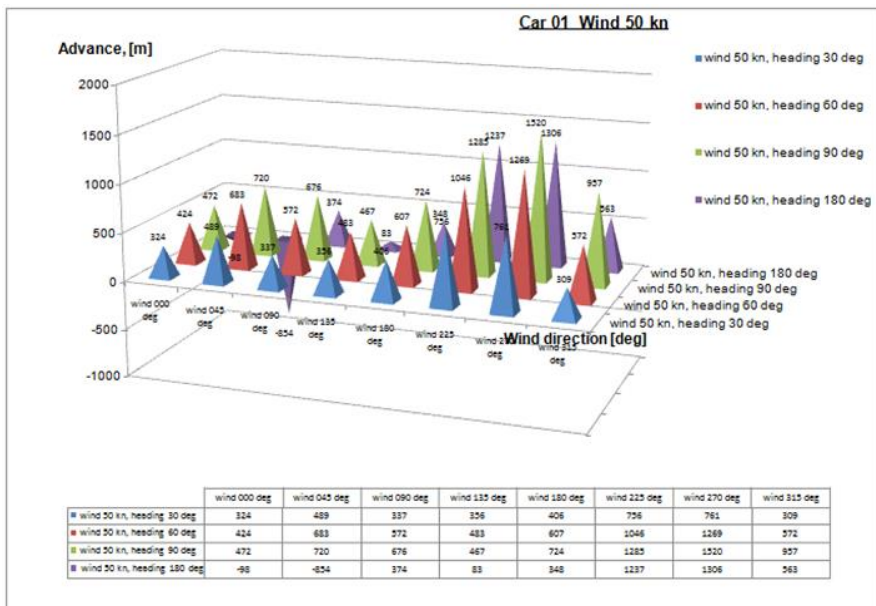
На следващата фигура 3.1 графично са представени данни за модел Car 01.

Наблюдава се минимална разлика на изследвания параметър Advance при промяна посоката на вятъра. При сила на вятъра 20kn данните могат да се приемат (като се има предвид точността при решаване на задача за разминаване) същите като при получените при маневрените изпитания без вятър.



**Фигура 3.1 Car 01 – Advance при промяна на курса с 30°, 60°, 90° и 180° и вятър 20kn с различна посока**

При увеличаване скоростта на вятъра до 50kn резултатите за Advance чувствително се повлияват от посоката. Най-неблагоприятни са случаите с относителен 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 разминаване би довело до големи грешки.



**Фигура 3.2 Car 01 – Advance при промяна на курса с 30°, 60°, 90° и 180° и вятър 50kn с различна посока**

При необходимостта от по-голямо отклонение от курса, за което се изисква повече време, разликите съответно нарастват. Най-значителна е при модел Tnk VI, също и при Car 01 и Cnt 02.

При вятър със скорост 50kn и посока около и зад траверса, противоположна на посоката, в която ще се променя курса, резултатите за Car 01 са до два пъти по-големи от изискваните. 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 разминаване, което е

възможно да доведе до особено опасна поради опасност от сблъскване ситуация.

### **Изводи по трета глава на базата на получените резултати:**

1. Най-стабилни маневрени характеристики при промяна силата и посоката на вятъра е показал петият модел – танкер с пълно натоварване. При вятър 50kn посоката почти не променя маневрените характеристики и с достатъчна точност за изчисления в задача за разминаване могат да се използват дори тези, получени при маневрените изпитания без вятър. Модел три Snt 03 – стабилност в маневрените характеристики. Сравнително голяма ветрилна площ, голямо водоизместване и мощна машина.
2. Най-голямо влияние на вятъра върху маневрените характеристики е оказано при същия танкер под баласт. В сравнение с Snt 03 при сходни водоизместване, газене и ветрилна площ почти 2.5 пъти по-слаба машина.
3. Значителни са промените на маневрените характеристики на модел Cap 01- сравително малко водоизместване и голяма ветрилна площ в комбинация със сравнително мощна машина за водоизместването.
4. Влиянието на вятъра върху маневрените характеристики на даден кораб зависи от съвкупността между водоизместване, газене, ветрилна площ и мощност на главния двигател. Допълнителни фактори са метацентрична височина, диферент, крен.
5. При възникване на ситуация за маневриране трябва да се отчита адекватно влиянието на средата върху маневрените характеристики.
6. При възникване на ситуация за маневриране с друг кораб трябва да се отчита и анализира адекватно информацията от AIS – тип на кораба, състояние на натоварване, размери, газене, в какво положение спрямо



факторите на външната среда е другият кораб и ще може ли успешно да извърши маневра.

## **Глава IV : Методика за изчисляване параметрите на разминаване между две цели (кораба)**

### **4.1 Методика за изчисляване параметрите на разминаване между две цели(кораба) без отчитане на маневрени характеристики.**

Това е класически метод за решаване на задача за безопасно разминаване на определено разстояние. Решение на маневрен планшет дава достатъчна точност при акуратна работа.

Математически този векторен метод за определяне на безопасен курс / скорост е абсолютно точен, ако става въпрос за две точки – началото на векторите на скоростта. Практическото му приложение изисква допълнителен анализ: какви са размерите на корабите, какви са маневрените им характеристики според ходовите изпитания, какви са хидрометеорологичните условия, в които плават корабите (ще отговорят ли маневрените им характеристики на получените по време на ходовите изпитания, ако напр. се плава в щормови условия), за колко време корабът променя курса / скоростта си до безопасната и по какъв път се движи и т.н.

#### **Недостатъци на метода:**

1) Маневриращият кораб и целите се разглеждат като точкови обекти и резултатите са за разминаване на две точки. В съвременното корабоплаване размерите на плавателните съдове са значителни – 350, 400 и повече метра, което означава, че при разстояние от антената на радара до носа на кораба около 300 м. В допълнение при неблагоприятно разположение на «блестящата точка» грешката в определяне на Днк може да надмине 2 кабелта.

2) Не се отчитат маневрените характеристики на маневриращия кораб (описани детайлно по-горе за пет различни кораба). Приема се, че промяната на курса и/или скоростта стават мигновено – невъзможно в реални условия.

#### **4.2 Метод на работа на ARPA – Automatic Radar Plotting Aid.**

Методът на работа на ARPA е аналогичен на гореописания метод на работа с използване на маневрен планшет. Изходните данни са същите:

- курс и скорост на собствения кораб спрямо водата - от корабния лаг и жирокомпас;
- радарни пеленги и дистанции към целта – измерени от навигационния офицер или регистрирани от ARPA. Тук разликата е в броя измервания – ARPA регистрира пеленг и дистанция при всяко завъртане на антената (около 20 за 1 минута);
- осредняване на данните и изчисляване на величините, което осигурява по-висока точност и игнорира грешката на субективния фактор при измерванията.

Недостатъците на този метод не са избегнати при повечето модели на ARPA. При изчисленията целите се приемат за точкови обекти и не се отчитат маневрените им характеристики.

ARPA трябва да може да симулира промените в движението на всички проследявани цели при маневра на собствения кораб с или без забавяне във времето преди маневрата. Ръководството за експлоатация трябва да съдържа обяснение на принципите, залегнали в приетата методика за пробна маневра, включително, ако е предвидено, симулирането на маневрените характеристики на собствения кораб.

Кораби с бруто тонаж 10000 и повече трябва да имат средство за автоматична радиолокационна прокладка ... с цел симулиране на пробна маневра. Тази маневра се симулира по аналогичен начин, показан при решаване задачата за разминаване – с

начупена линия, което на отговаря на действителния път на кораба.

Резултатите от маневрените изпитания, отразяващи маневрените характеристики на кораба, трябва да бъдат на видно място на корабния мостик във вид на постер.

В предупреждението в долния десен ъгъл е записано, че маневрените характеристики може да са различни от горепосочените, ако някое от следващите условия, на които се базира маневрената информация, е различно: Спокойно време – вятър 10 kn или по-малко, спокойно море, без течение, дълбока вода (поне два пъти газенето), чист корпус, газене между това под баласт и при пълен кораб, необичаен диферент. За различни от тези условия са необходими допълнителни изпитания.

### **4.3 Методика за изчисляване параметрите на разминаване между две цели(кораба) с отчитане на маневрени характеристики.**

#### **4.3.1 Входящи параметри, използвани за изчисленията.**

В практиката най-важните параметри на разминаване са CPA и TCPA. За изчисляването им са необходими следните данни:

- 1) Курс и скорост на маневриращия кораб
- 2) Курс и скорост на целта. Ако е направена серия от измервания на пеленги и дистанции през определени интервали от време към целта се получава средна скорост на целта. Приема се, че скоростта остава без съществена промяна по време на маневрата. Ако скоростта е изчислена от ARPA, тя също е осреднена на базата на серия от измервания (напр. 20 оборота на антената на радара за 1 минута – 20 измервания на пеленг и дистанция). Точността на ARPA е дадена в табл. 3.X.
- 3) Времето и позицията на маневриращия, в която ще се достигне безопасният курс (респективно безопасната скорост). За хидро и метеорологични условия, близки до тези, в които са проведени маневрените изпитания, тези данни могат да бъдат взети от диаграмите/таблиците с маневрени характеристики. За

други условия е необходимо да се вземат данни от натурни изпитания (икономически неизгодно и практически невъзможно да се обхванат всички комбинации от външните условия) или да се ползва математически модел.

От опитния пробег на всеки от петте използвани в експеримента модела се вземат данни за началото на поворота (момента, в който започва отклонението на руля), началната позиция (за навигационния симулатор това е геометричния център на корпуса), момента, в който моделът е достигнал желаната промяна на курса и позицията.

#### Задача за разминаване с една цел

Тази задача може да бъде решена в първи квадрант, като се приеме, че курсът на маневриращия кораб е  $000^\circ$ . Това се получава със завъртане на маневрения планшет на ъгъл (-ИК) на маневриращия и е аналогично на режим на радара „Head up”. Според МППСМ корабът, на който се отстъпва път се намира основно в първи квадрант, като трябва да се добави КЪ от  $90^\circ$  до  $112.5^\circ$  десен борд. Анализираните данни, получени от експеримента, са за промяна на курса на маневриращия с  $30^\circ$ ,  $60^\circ$ ,  $90^\circ$  и  $180^\circ$ , като е важна новата позиция на кораба, в която курсът е достигнал желаната за безопасно разминаване промяна и времето, необходимо за достигането и (време, през което корабът-цел ще продължи да се движи със скоростта си по своя курс). Могат да бъдат изчислени и за всяка междинна промяна с дискретност не по-голяма от 6 секунди.

4.1.1.1 Изчисляване позициите на маневриращия и целта в момента на достигане на безопасния курс с използване на маневрен планшет.

Пример 1: Условия в района – вятър със скорост 50kn и посока  $225^\circ$ . Маневриращият кораб – VLCC с дължина 315m. плава на курс  $000^\circ$  със скорост 10kn. Безопасна дистанция за разминаване

20 кабелта, начало на маневрата 00 06. Проследявани са три цели:

цел В			цел С			цел D		
Време [hour: min]	Пел енг [°]	Дистанция [cables]	Време [hour: min]	Пел енг [°]	Дистанция [cables]	Време [hour: min]	Пел енг [°]	Дистанция [cables]
00 00	055°	74	00 00	055°	68	00 00	054°	51
00 06	055°	55	00 06	055°	49	00 06	053°	32

**Табл. 4.1 Данни за три цели, с които се решава задача за разминаване**

Цел В – на пресичащ курс, СРА=0 в 23-та минута.  $K_k=267^\circ$ ,  $V_k=15.6$  kn. Ако се започне маневра в 6-та минута и курсът се отклони с  $60^\circ$  надясно, разминаването ще бъде на дистанция 20 кабелта в 00 18.

Цел С – при вятър със сила 20 kn и посока  $225^\circ$  на маневриращия кораб ще му бъде необходимо време 01:46 мин., за да промени курса си с  $60^\circ$ . Ще се премести 3.8 каб. напред по първоначалния си курс и 0.9 каб. по първоначалния си траверс (табл. 3.4). Тези данни са с пренебрежимо малка разлика от данните, получени при маневрените изпитания. За това време цел В би се придвижила 4.6 каб. напред по курса си. Пеленгът към целта ще бъде  $055^\circ$ , дистанция 49 каб. Това е положението на цел С в 00 06.

Цел D - при вятър със сила 50 kn и посока  $225^\circ$  на маневриращия кораб ще му бъде необходимо време 06:38 мин., за да промени курса си с  $60^\circ$ . Ще се премести 10.7 каб. напред по първоначалния си курс и 2.4 каб. по първоначалния си траверс. За това време цел В би се придвижила 17.2 каб. напред по курса си. Пеленгът към целта ще бъде  $053^\circ$ , дистанция 32 каб. Това е положението на цел D в 00 06.

В 00 06 се променя курсът на маневриращия с  $60^\circ$  надясно, за да се размине с цел В на безопасната дистанция 20 каб.

**Табл. 4.2 CPA и TCPA за трите цели от пример 1**

	<i>цел В</i>	<i>цел С</i>	<i>цел D</i>
<i>CPA [cab]</i>	<i>20</i>	<i>18</i>	<i>13</i>
<i>TCPA [hour:min]</i>	<i>00:18</i>	<i>00:17</i>	<i>00:13</i>

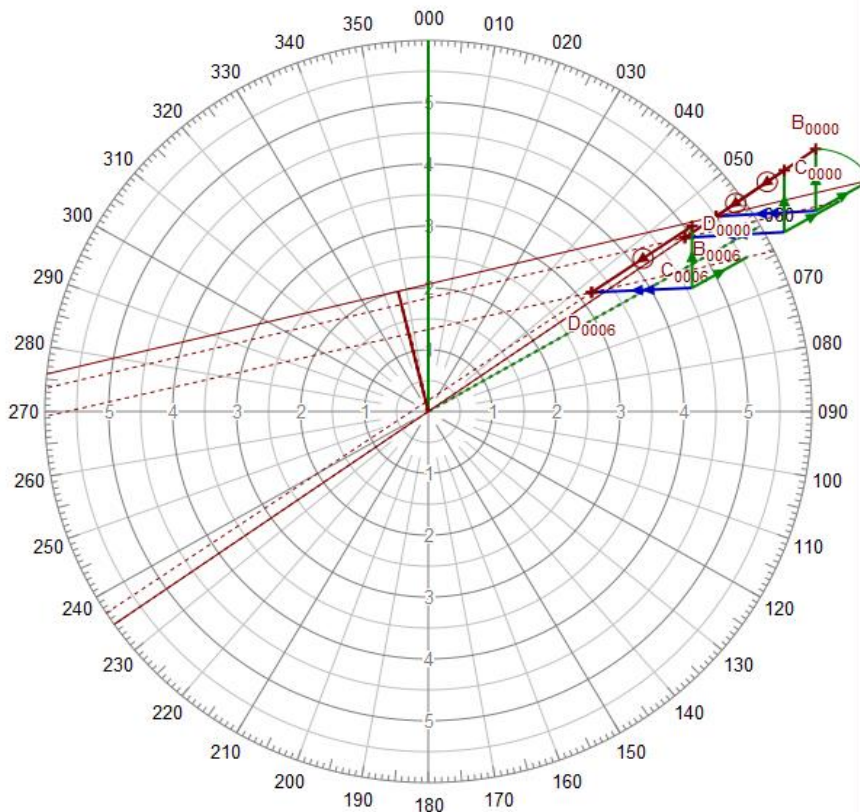
В тази задача ако не се отчитат маневрените характеристики при спокойно време CPA намалява с 2 кабелта, а ако не се отчитат маневрените характеристики при силния вятър CPA намалява със 7 кабелта, което е в пъти по-голяма грешка от която и да е грешка при акуратна работа.

Ако се разгледа цел D и трябва да се спази безопасната дистанция 2 мили възможностите са две:

1) Да продължи промяната на курса надясно, докато новата линия на относително движение допре окръжността с радиус 2 мили, което означава още около  $60^\circ$  промяна на курса надясно. Това не винаги е безопасно или възможно – наличие на навигационни опасности, плаване в схеми за разделно движение и т.н. Или:

2) Започване на маневрата 6-7 минути по-рано.

От гледна точка на кораба цел при положение, че се познава поведението на даващия път кораб в конкретните условия, и иска да запази безопасна дистанция 2 мили трябва или да разчита на голяма промяна на курса на маневриращия, или да предприеме действия за увеличаване дистанцията на разминаване.



**Фиг. 4.1 – Решение на задача за разминаване с използване на маневрен планшет**

За сравнение ако се разгледа отново фиг. 4.1 – цел „В” би трябвало да се размине на дистанция 20 кабелта, цел „С” на 17 кабелта, а цел „D” на 13 кабелта. Грешката в изчислената минимална дистанция за разминаване в случай, че не се отчитат маневрените характеристики, надминава значително която и да е грешка при изчислението на минималната дистанция.

Важно е да се отбележи:

- При достигане на желаната промяна на курса рулят все още е отклонен на ъгъл  $35^\circ$ , т.е. „не се посреща”, което би увеличило времето за промяна на курса и респективно намалило дистанцията за разминаване;
- Намалването на скоростта следствие на циркулацията се отчита;
- Не се отчита неравномерността на вълнението, което би намалило скоростта поради слеминг или други причини, което от своя страна води до влошаване на маневрените характеристики;
- Експериментите са направени в условия на дълбока вода. При плаване в плитководие маневрените характеристики са влошени допълнително, което усложнява още повече промяната на курса.
- Установено е, че посоката на вятъра е от голямо значение за влиянието му върху маневрените характеристики.

#### **4.4 Научно – приложни приноси**

1. Разработена е методика за изследване маневрените характеристики на корабни модели с използване на навигационен симулатор.
2. Изследвани са маневрените характеристики на пет корабни модела в по-неблагоприятни от предписаните от ММО условия за провеждане на маневрени изпитания. Получените резултати са обобщени в таблици за лесно практическо използване.
3. Разработена е методика за решаване задачата за разминаване с отчитане маневрените характеристики при конкретните външни условия.
4. Сравнени са резултатите, получени с използване на методиката с традиционното решение на маневрен планшет, както и с пробна маневра, симулирана от ARPA. Разгледаните примери показват, че ако не се отчитат маневрените характеристики за конкретните условия в които плава кораба,



може да бъде допусната груба грешка при вземането на решение за извършване на маневра. Това може да доведе до развитие на опасна ситуация и евентуално последващ инцидент.

#### **4.5 Насоки за практическа реализация на получените резултати и препоръки към навигационните офицери**

От анализа на литературните източниците може да се направи извода, че в близко бъдеще новите кораби ще имат близнаци в цифров вид. С помощта на софтуер, аналогичен на навигационните тренажори, ще може да се симулира бъдеща маневра. Евентуалната траектория, по която действително ще мине кораба, съобразена с условията на плаване, би била от огромна полза за навигационните офицери при вземането на решения. Например траекторията на кораба при отклонение на руля  $35^\circ$  (или друг зададен ъгъл) в конкретната обстановка би способствала за прецизиране на задачата за разминаване и точното изпълнение на критериите за безопасност.

Освен това ако се използва аналогична информацията за корабите, с които би имало опасност от сблъскване или прекомерно сближение, би имало яснота за възможна маневра на кораб, който трябва да отстъпи път. Например кораб с дължина 75 м. трябва да отстъпи път на натоварен танкер с дължина 380 м. , с когото отиват на сблъскване. Даващият път кораб с оглед размера си може да започне маневра и на 10 дължини (750м, около 4 кабелта). На това, дори и на по-голямо разстояние каквото и да е действие на танкера (промяна на курс или скорост), ако се наложи и той да маневрира, би останало без резултат. Единствено ще му остане да се надява, че на мостика на другия кораб ще спазват правилата и своевременно (според големината на даващия път) ще започне маневра. Според МППСМ в ограничена видимост и двата кораба трябва да предприемат действия, като началото им за танкера е на няколко мили, а за малкия кораб няколкостотин метра.

Рулят да се отклонява до максималното положение (ако е  $35^\circ$ ) или до най-ефективното за извършване на промяната на курса.

Въз основа на направените експерименти и анализи в настоящата дисертация, за конкретни случаи бе доказано, че дори при правилната им експлоатация, системите за електронна навигация не осигуряват необходимата за мореплаването точност и безопасност при водене на кораба. По тази причина влиянието на промяната на маневрените характеристики върху безопасното разминаване на корабите да бъде разглеждано в учебните планове на катедра КУТОЧВП, дисциплина „Основи на маневрирането”. Да се решават задачи, аналогични на разгледаните примери, данни за които могат да се ползват от систематизираните резултати за петте изследвани модела. Тази тема да бъде включена и в обучението в курс „Използване на РЛС и АРСПС за осигуряване безопасност на корабоплаването”.

#### 4.5 Основни изводи

1. От анализа на инцидентите на море следва извода, че сблъскванията на кораби заемат голяма част - около около  $\frac{1}{4}$  от общия им брой. Неправилно действие, свързано с човешкия фактор, е причина за повече от половината инциденти на море. По данни на EMSA за периода 2011-2017 г. от 284 потънали кораба, в 86 случая първоначалното произшествие е било наводняване; вторият по значимост фактор е сблъскване - 43 случая. Смъртните случаи при инциденти с кораби са главно поради наводняване / наводняване и потъване (35.2%) или сблъскване (23.6%)

2. Маневрените характеристики на корабите задължително трябва да бъдат показани на корабния мостик. Това са данни за благоприятни условия на плаване.

3. При влошаване на хидрометеорологичните условия на плаване маневрените характеристики на корабите се променят, което затруднява извършването на маневра. Трябва да се

отчитат силата и посоката на вятъра, вълнението, дълбочината на района за плаване, както и състоянието на кораба – празен или с пълен товар, метацентрична височина, диферент и др.

4. Разгледаните примери при вятър 50 kn. показват, че при решаване задача за разминаване грешката в изчислената най-близка дистанция може да достигне 10 кабелта и да създаде предпоставка за инциденти, ако не е отчетена промяната на маневрените характеристики.

5. При опасност от сблъскване трябва да се отчита евентуалната промяна на маневрените характеристики на другите кораби, което би оказало влияние на своевременното изпълнение на безопасна маневра.

## ABSTRACT

The purpose of this study is the change in maneuverability under certain, more severe hydro meteorological conditions to be investigated, to be compared with the IMO criteria and conclusions about the maneuverability of the studied ship to be drawn. Navigational simulator class “A” is used for the experiments. This work examines the change of the maneuvering characteristics of five ship models - pure car carrier ship, middle and large size container vessels and VLCC fully loaded and under ballast 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 data from the maneuvering tests and from the experiment is analyzed and is used for solving a safe maneuvering problem. The differences between Closest Points of Approach calculated is up to 1 nautical mile, which is a potential reason for collisions to occur.

**Keywords:** maneuvering characteristics, strong wind and sea waves, maneuvering characteristics in strong wind, safe maneuvering in strong wind, closest point of approach

### **АННОТАЦИЯ**

В данной работе исследуется изменение маневренных характеристик пяти моделей судов - автовозов, средних и крупных контейнеровозов и VLCC в полной загрузке и под балластом при ухудшении гидрометеорологических условий - скорости ветра 20 узлов, 35 узлов и 50 узлов и возникающие морские волны. Проведено сравнение полученных данных с данными, полученными в ходе маневренных испытаний. Данные маневровых испытаний и эксперимента анализируются и используются для решения задачи безопасного маневрирования. Различия между рассчитанными ближайшими точками сближения составляют до 1 морской мили, что является потенциальной причиной возникновения столкновений.

**Ключевые слова:** маневренные характеристики, сильный ветер и волнение, маневренные характеристики при сильном ветре, безопасное маневрирование при сильном ветре, точка приближения.