



**ТЕХНИЧЕСКИ УНИВЕРСИТЕТ – ГР. ВАРНА**

инж. Ивайло Янков Иванов

**ОЦЕНКА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ECDIS,  
САМОСТОЯТЕЛНО И СЪВМЕСТНО С РАДИОЛОКАЦИОННА, И  
СПЪТНИКОВА НАВИГАЦИОННА СИСТЕМИ, ЗА ОСИГУРЯВАНЕ  
БЕЗОПАСНОСТТА НА ПЛАВАНЕТО ПРИ ОСОБЕНИ  
ОБСТОЯТЕЛСТВА**

**АВТОРЕФЕРАТ**

на дисертация за присъждане на образователна и научна степен

„Доктор“

**НАУЧЕН РЪКОВОДИТЕЛ:**

доц. д-р инж. Анастас С. Крушев

**РЕЦЕНЗЕНТИ:**

1. доц. д-р инж. Юрий Дачев
2. доц. д-р инж. Асен Шиваров

**Варна**

**2017**

## 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, основни приноси, списък на използваната литература и списък на публикациите по дисертационния труд. Дисертационният труд съдържа 232 страници, включително 53 фигури, 41 таблици, оформени в увод, 4 глави, общи изводи, 26 приложения и списък на използваната литература от 145 заглавия, от които 8 на кирилица и 137 на латиница – общо 163 страници основна част и 26 страници приложения.

Към дисертационния труд са разработени два алгоритъма за оценка удължаване времето и пътя за даден преход в зависимост от условията на плаване и използваните методи за ОМК, както и методически указания за използване на ECDIS при конкретните условия, поместени в Глава IV, състоящи се от 11 стр.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на 23.10.2017 г. от 10:00 часа в Конферентна зала НУК на ТУ – Варна на открито заседание на научно жури, сформирано със заповед на Ректора No 341/28.06.2017 г.

Материалите по защитата (дисертацията, рецензията и становищата) са на разположение на всички заинтересовани във ФД „Докторанти“, стая 318 на НУК.

# ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

## Актуалност на проблема

Съгласно изискването, изложено в правило V/19.2.10 на Международната конвенция по безопасност на море ( SOLAS ), системите за електронна навигация трябва да бъдат поетапно внедрени на борда на всички транспортни кораби предназначени за международни плавания в зависимост от техния тип, размер и година на конструирането им, като крайния срок за това е 01 Юли 2018 г. През последните 35 години, преминавайки през редица етапи, развитието на корабоводенето е довело до създаването и използването на два вида електронни карти: растрерни и векторни, всеки от които със своите предимства и недостатъци. Важното тук е да се отбележи, че има много компании производители на такива карти, продуктите на някои от които са, а на други не са одобрени от ИМО, предвид наложените изисквания за това, а именно, картите да бъдат издадени от оторизирано хидрографско дружество или съответна правителствена институция, като формата, съдържанието и изобразяването на векторните такива, както и методите за получаване, и обработване на информацията, постъпваща от другите технически средства в състава на ECDIS, да са съобразени със съответните стандарти, правилници и наредби. Добре е да се знае също, че някои корабни компании и центрове за обучение използват електронни карти разработени от частни производители, като тези карти наподобяват официално приетите, но съществуват разлики свързани с техния тип и точността на изобразяваната информация, още повече актуализирането им не е регулярно и регламентирано, а публикуването им не се контролира от правителствени организации, в следствие на което отговорността за надеждността им е задължение единствено на компаниите производителки. Съществуват така също и редица компании, производители на конзоли за електронна навигация, отличаващи се с определена специфика на създадените от тях технически средства, като някои особености свързани с това са например: начина на оформление и разположение на елементите за управление на конзолата, надписите и символите разположени по тях, както и тези разположени по елементите за управление на софтуера, инсталиран в конзолите.

Отчитайки всичко споменато до тук основателно възникват редица въпроси, а именно: до каква степен трябва да се доверяваме на инсталираното на борда оборудване за електронна навигация; как то е интегрирано с останалите технически средства за корабоводене; адекватно ли е обучението за работа с него и каква е степента на готовност за реакция и справяне при отказ на компоненти от системата; допустимо ли е възстановяване работата на конзолите със собствени сили и средства по време на прехода без намеса на специалисти от брега и др.

## Проблем

Проблемите засегнати в дисертацияния труд касаят точността на изобразеното върху електронната карта място на кораба при различни условия на плаване за осигуряване на безопасността му, както и до каква степен конзолите за електронна навигация допринасят за ефективното изпълнение на даден преход.

## Цели и задачи на изследването

Целта на настоящата дисертация е да се оцени ефективността на използване на ECDIS съмостоятелно и съвместно с другите технически средства за корабоводене, инсталирани на борда на съвременните кораби и в следствие да вдъхне увереност на помощник-капитаните, относно надеждността на методите и средствата заложи в конзолите за електронна навигация, използвани в управлението на кораба и осигуряване на неговата безопасност при различни условия.

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

- **Задача 1:** Изчисляване точността на ОМК (Определяне Мястото на Кораба) в различни ситуации при съвместно използване на конзолата на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС) и спътникова навигационна система (СНС), изготвяне на анализ относно това, как тази точност влияе върху безопасността на кораба в конкретния случай, а именно: заставане на котва, плаване на кораба по фарватер в канал, или в теснина;
- **Задача 2:** Изчисляване точността на СМК (Счислимото Място на Кораба) при плаване в карйбрежен район и определяне на действителното място на кораба с КРЛС (Корабна Радиолокационна Станция), изготвяне на анализ относно това, как тази точност влияе върху безопасността на кораба в конкретния случай;
- **Задача 3:** Извършване на изчисления и анализи относно влиянието на честотата на ОМК с различни технически средства за корабоводене при различни условия на плаване върху осъществяването на даден преход и демонстриране, как това се отразява върху икономическите показатели, важни за ефективното реализиране на този преход, а именно изминатото от кораба разстояние и необходимото време за това.

## Обект и предмет на изследването

**Обект на изследването** са разсейването в позицията на мястото на кораба и точността на определеното място на кораба (ОМК), изобразено на електронната карта при различни условия на плаване и в различни ситуации, както и дължината на изминатия от кораба път, и необходимото време за това при следване на даден курс за определено състояние на кораба, при плаване в различни хидрометеорологични условия.

**Предмет на изследването** са разликите в разсейването на позициите на мястото на кораба и разликите в точността на ОМК за различни ситуации на плаване при използване на данни от корабната радиолокационна станция (КРЛС), данни от приемника за спътникова навигация и по визуални способи за ОМК, както и разликата в изминатия от кораба път при ОМК по данни от КРЛС, по данни от GPS приемника и по визуални способи, за различни

хидрометеорологични условия на плаване при дадено състояние на кораба, а така също и разликата във времената, необходими на кораба да извърши даден преход при ОМК по данни от КРЛС, по данни от GPS приемника и по визуални способности за ОМК, за различни хидрометеорологични условия на плаване при дадено състояние на кораба.

### **Метод на изследването**

За извеждане на получените в дисертационния труд зависимости са използвани следните математически и статистически методи, средства, и похвати:

- Прилагане на метода на размаха за определяне СКГ на измерените навигационни параметри, определяне и сравняване на средно-квадратичните кръгови грешки на мястото на кораба при заставане на котва, получено по данни от КРЛС, GPS приемника и по визуални способности за ОМК;
- Прилагане на метода на абсолютното привързване за определяне СКГ на измерените навигационни параметри, определяне на допустимата и очакваната средно-квадратични кръгови грешки на мястото на кораба по данни от КРЛС, GPS приемника и по визуални способности при преминаване през теснина, или канал, изчисляване на очакваната вероятност за безопасно плаване на същия, сравняване на получените резултати за различните методи на ОМК;
- Изготвяне на анализ на невязките и определяне на средно-квадратичната кръгова грешка на мястото на кораба при плаване по счисление, и такава при плаване по наблюдения, определени с помощта на КРЛС, сравняване на получените резултати за оценка точността на полученото място на кораба;
- Използване на закона за нормалното разпределение и неговите параметри, за оценка разсейване позицията на кораба и извеждане на уравнения за определяне удължаването на изминатия от кораба път и увеличаване на времето на прехода, при плаване в различни хидрометеорологични условия в зависимост от методите и средствата за ОМК (КРЛС, GPS, визуални способности).

### **Научна новост на изследването**

Разработката предлага метод за оценка достоверността на информацията за определеното място на кораба, изобразено на екрана на конзолата за електронна навигация, в сравнение с това, получено въз основа на конвенционалните методи за ОМК, за различни ситуации на море. Разработена е методика и алгоритми с помощта на които в зависимост от състоянието на кораба, хидрометеорологичните условия и методите, и средствата за определяне на местоположението му, да се оцени разсейването в позицията на мястото на кораба и да се изведат линейни уравнения за определяне на реалният път който ще измине той до следващото пристанище, както и да се определи реално необходимото време за това.

## **Практическа ценност на изследването**

Получените резултати относно разсейването в позицията на мястото на кораба и оценката на точността на местоположението му по данни от ECDIS в сравнение с конвенционалните методи за ОМК и използването на данни от КРЛС, доказват приложимостта на конзолите за електронна навигация, като основно средство за водене на кораба, в следствие на което вахтените офицери могат да се чувстват по-уверени при работа с ECDIS, предвид усвещеността им относно актуалността на информацията изобразена на екрана на конзолата при разгледаните ситуации на море.

Изведените уравнения за изчисляване на действителния път, който ще измине кораба и реално необходимото време за това при различни хидрометеорологични условия, в зависимост от средствата и методите, използвани за ОМК, могат да се използват за определяне на допълнителното разстояние, което ще проплава кораба, както и допълнително необходимото време за това, в сравнение с пътя и времето при нормални условия на плаване, и по този начин да се предвидят необходимите допълнителни разходи за даден преход: храна, питейна вода, гориво, отработени часове на машини и механизми и други подобни.

## **Апробация на изследването**

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

- XXIV Международна конференция на Съюза на учените в гр. Стара Загора, 5-6 Юни 2014
- Международна конференция на Съюза на учените в гр. Варна „Науката в служба на обществото“, 30 Октомври 2014
- XXV Международна конференция на Съюза на учените в гр. Стара Загора, 5-6 Юни 2015
- Международна конференция на Съюза на учените в гр. Варна „Науката в служба на обществото“, 30 Октомври 2015

Цялостно, дисертационния труд е докладван на 23.06.2017 г. на заседание на катедрен съвет, сформиран от членове на катедра КУТОЧВП при КФ на ТУ – Варна.

На основа на разработката е изготвена методика за използване на ECDIS конзолите в условия на плаване, разгледани в дисертационния труд, която да е в помощ на коробоводителите.

# СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД

## Увод

Съгласно изискването, изложено в правило V/19.2.10 на Международната конвенция по безопасност на море ( SOLAS ), системите за електронна навигация трябва да бъдат поетапно внедрени на борда на всички транспортни кораби предназначени за международни плавания в зависимост от техния тип, размер и година на конструирането им, като крайния срок за това е 01 Юли 2018 г. Развитието на корабоводенето през последните 35 години е довело до създаването и използването на два вида електронни карти: растерни и векторни, всеки от които със своите предимства и недостатъци. Важното тук е да се отбележи, че има много компании производители на такива карти, продуктите на някои от които са, а на други не са одобрени от ИМО, предвид наложените изисквания за това, а именно, картите да бъдат издадени от оторизирано хидрографско дружество или съответна правителствена институция, като формата, съдържанието и изобразяването на векторните такива, да са съобразени със стандарти ИНО S-52 и ИНО S-57. Добре е да се отбележи също, че някои корабни компании и центрове за обучение използват електронни карти разработени от частни производители, като тези карти наподобяват официално приетите, но съществуват разлики свързани с техния тип и точността на изобразяваната информация, още повече актуализирането им не е регулярно и регламентирано, а публикуването им не се контролира от правителствени организации, в следствие на което отговорността за надеждността им е задължение единствено на компаниите производителки. Съществуват така също и редица компании, производители на конзоли за електронна навигация, отличаващи се с определена специфика на създадените от тях технически средства, такива компании са: JRC, Transas, Kelvin Hughes, и др. Някои особености свързани с това са например: начина на оформление и разположение на елементите за управление на конзолата, надписите и символите разположени по тях, както и тези разположени по елементите за управление на софтуера, инсталиран в конзолите.

Отчитайки всичко споменато до тук основателно възникват редица въпроси, а именно: до каква степен трябва да се доверяваме на инсталираното на борда оборудване за електронна навигация; адекватно ли е обучението за работа с него и каква е степента на готовност за реакция и справяне при отказ на компоненти от системата; допустимо ли е възстановяване работата на конзолите със собствени сили и средства по време на прехода без намеса на специалисти от брега и др.

Целта на настоящата дисертация е да оцени ефективността на използване на ECDIS съмостоятелно и съвместно с другите технически средства за корабоводене, инсталирани на борда на съвременните кораби.

За постигане на споменатата по – горе цел са разгледани три аспекта, касаещи безопасността на плавателния съд в различни условия и ефективното изпълнение на даден преход, а именно: оценка точността на определеното място на кораба при заставане на котва и при плаване във фарватер, оценка точността на счислимото място на кораба при плаване по електронна карта в крайбрежен район и оценка на икономическите показатели (действително

изминатото от кораба разстояние и необходимото време за това), съществени за ефективното реализиране на конкретен преход.

## ГЛАВА I

### **Проблеми свързани с използването на векторни електронни карти (ECDIS) на борда на съвременните кораби и насоки за оптимизиране на работата с електронното оборудване, инсталирано на мостика**

#### **I.1. Проблеми, произтичащи от използването на ECDIS**

##### **I.1.1. Проблеми свързани с предоверяването от страна на вахтените офицери на информацията, постъпваща от екрана на конзолата за електронна навигация**

Морските лица трябва да знаят, че картните системи, като всяко техническо средство, могат да ги подведат при вземане на решение в дадена ситуация, ако не съпоставят информацията за ОМК с други технически средства за навигация. Грешките, които могат да възникнат при работа с ECDIS са свързани с външното влияние върху сигнала, постъпващ в приемника на системата за сателитна навигация или този постъпващ в КРЛС; неизправности в системата; грешки при инсталирането на софтуера на конзолата, електронните карти и техните актуализации; слаб GPS сигнал; използване или неизползване на диференциален GPS; използване на информация от радиолокационните системи; съставните грешки в електронните карти, свързани с основата върху която са създадени; пропуските в изобразяване на информацията, в следствие избирането на различни скали на работа на системата; човешките грешки при опериране с конзолите на ECDIS и др. Независимо дали системата функционира изправно или не, основна грешка на оператора е пренебрегването на информацията постъпваща от останалите технически средства на мостика и пълното доверяване на информацията идваща от екрана на електронната карта.

##### **I.1.2. Проблеми свързани с възможността на вахтения офицер да възприема и асимилира голямо количество информация, постъпващо от екрана на ECDIS**

По време на даден преход корабът плава през различни райони, както по-малко, така и повече наситени с плавателни средства, навигационно оборудване и географски обекти. Такива са теснините, каналите, заливите, проливите, подходите към пристанища и др., което в случаите на интензивен трафик и силно наситен район с такива обекти, и оборудване, води до голямо количество информация изобразена на дисплея на електронната карта. Способността на вахтения офицер да възприема цялата информация от дисплея е определяща за вземането на решения за осигуряване на безопасността на прехода, като тази способност е различна за отделните индивиди. Още повече, че при плаване в споменатите райони и при споменатите условия, промяната на мащаба на дадена електронна карта, може да доведе до загуба на част от информацията за обкръжаващата кораба среда.

Ефекта от претрупване на дисплея на ECDIS с информация, още повече се засилва, когато върху електронната карта се наложи и радарно изображение, което още повече може да обърка вахтения офицер.



### **I.1.3. Проблеми свързани с плаването на кораба в райони, различни в хидрометеорологично отношение**

При плаване на кораба в определени хидрометеорологични условия, може да се повлияе директно върху сигнала постъпващ от космическия сегмент на системите за сателитна навигация, например преминаването на кораба през топъл или студен фронт, което оказва пряко влияние върху точността на определеното място, изобразено на електронната карта.

Върху точността на определеното място на кораба (ОМК), влияние може да окаже и отразяването на GPS сигнала от голям брой географски обекти, намиращи се в района на плаване, преди приемането му на кораба от антената на GPS приемника, като: мостове, масивни постройки, а дори и от обекти намиращи се на борда на кораба, такива като мачти например.

Обледеняването на антените на GPS приемниците, дъждовете, снеговалежите, влажността и силното вълнение например, могат да доведат до подаване на информация на входа на конзолата на ECDIS с големи отклонения, постъпваща от жирокомпаса, лага, ехолота, приемника на GPS сигнал, системата за автоматична идентификация (AIS), радиолокационната станция (РЛС) и др. При наслагването на радарно изображение върху екрана на ECDIS например, всички негативни влияния от наличието на валежи се пренасят от дисплея на радара, върху този на ECDIS, което в последствие може да обърка и/или заблуди навигационния офицер при оценка на дадената ситуация.

### **I.1.4. Проблеми свързани с качеството на обучение, нивото на компетентност и липсата на опит на операторите, обслужващи конзолите за електронна навигация**

Съгласно изискванията на ИМО, всички навигационни офицери трябва да са преминали специализиран курс (Model Course 1.27) за работа с електронни карти, като основните проблеми които могат да възникнат тук са: подходът на преподавателите към обучаемите, т.е. как се поднася информацията предвид факта, че тематиката е силно обвързана с компютърната техника и технологии, а нивото на възприемчивост на различните хора е различно; началните познания на обучаемите по въпроси свързани с работа с компютърна техника, което ще определи и тяхното ниво на възприемчивост на предавания материал; модела на конзолите върху които се обучават бъдещите оператори, отчитайки това, че различните производители, разполагат на различни места по конзолата средствата за управление на същата или на софтуера инсталиран в нея; използване на различни символи за изобразяване на елементите от картното съдържание, в следствие на което, ако модела на който се е обучавало лицето е различен от този инсталиран на кораба на който то ще плава, може да се получи объркване и да се изисква допълнително време за изучаване на наличната конзола.

Не на последно място е добре да се отбележи също и вида на учебния материал, който е заложен в курса на обучение, т.е. добре ли е обучен персонала, как да инсталира актуализациите на електронните карти; доколко той е обучен да възстановява системата след отказ без помощ от брега и дали по време на курса за обучение за работа с електронни карти са изградени навици у корабоводителя да използва цялата налична навигационна информация на мостика.

### **I.1.5. Проблеми свързани с правилното функциониране на ECDIS и изобразяване на коректна информация на дисплея ѝ, в следствие на данни, постъпващи от други технически средства за корабоводене**

Информацията постъпваща от всеки един външен източник в конзолата за електронна навигация се съхранява в отделен слой, след което се интегрира с останалите слоеве на системата. Основните проблеми, които могат да възникнат тук, са свързани с грешки в работата на другите технически средства. По този начин, натрупването на несъответствия допринася за промяна на информацията върху екрана на конзолата за електронна навигация, затруднява нейното нормално функциониране, и може да подведе корабоводителя при вземане на важно решение, като застраши сигурността на кораба, екипажа и товара, особено в екстремни ситуации:

#### **I.1.5.1. Неточности в изобразяването на мястото на кораба на екрана на ECDIS в следствие на грешки в системата за сателитна навигация (GPS)**

Едно от основните средства за определяне мястото на кораба в реално време, подаващо информация в ECDIS конзолите, това е приемника на системата за сателитна навигация, при което грешките характерни за работата на това оборудване се пренасят и върху електронната карта.

В следствие на споменатото по – горе, може да се обобщи, че максималната грешка на системата за сателитна навигация при ОМК, която може да се достигне след комбиниране на всички останали грешки, при максимално тяхно проявление е  $\pm 40$  метра или  $\pm 120$  фута, като в следствие на измервания е доказано обаче, че при нормални условия на плаване, тази грешка не надвишава  $\pm 10$  метра или  $\pm 30$  фута.

#### **I.1.5.2. Неточности в изобразяване мястото на кораба на екрана на ECDIS в следствие неправилно подаване на информация от сензора на GPS приемника**

Неточности, свързани с изобразяване позицията на кораба върху електронната карта, могат да бъдат породени и от неправилното подаване на информация към ECDIS от GPS приемника. Корабоводителя може да открие такива неточности, след като наложи радарното изображение върху електронната карта, при положение, че изображението е изместено тенденциозно в дадена посока, както е показано на Фиг. I.11, то тогава несъответствие в нормалната работа на СНС или нейните сегменти е налично.



Фиг. 1.11 – Изместване на радарно изображение, показващо неточности в данните постъпващи от GPS приемника

### **I.1.5.3. Неточности в информацията изобразявана на екрана на ECDIS, в следствие неправилно подаване на данни от сензора на приемника на AIS (Automatic Identification System)**

Информацията постъпваща от приемника на AIS в състава на ECDIS също може да бъде невярна в следствие неправилната работа на сензорите за подаване и приемане на данни на двете устройства, това лесно може да се провери, като данните постъпващи от AIS системата на екрана на конзолата за електронна навигация за дадена цел се сравнят с информацията за същата цел, подавана от инсталираната ARPA на борда на кораба.

### **I.1.5.4 Неточности в информацията изобразявана на екрана на ECDIS, в следствие на неизправност в сензора за подаване на сигнал от жирокомпаса (ЖК) или от магнитния компас (МК)**

Когато наблюдаваме движението на кораба върху електронната карта, ние виждаме стойността на неговия курс или стойността на сметите пеленги към други кораби или обекти на брега, благодарение на информацията подавана на ECDIS от жирокомпаса или от магнитния компас. При положение, че има повреда в сензорите за подаване на този сигнал, възможно е, данните смети за ОМК да са грешни, което води и до грешно определена позиция на кораба или в другия случай, данните (пеленги) смети за определяне параметрите на движение на дадена цел да са неверни, което да доведе до грешно определяне курса на насрещния кораб и от там вземане на грешно решение за маневра.

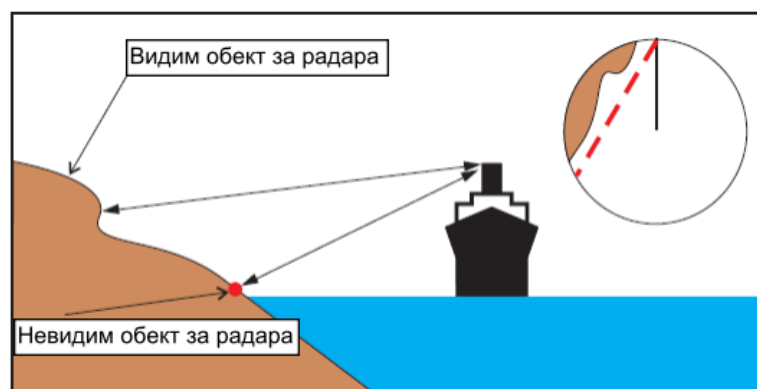
### **I.1.5.5. Неточности в работата на системата за електронна навигация в следствие налагане на радарно изображение върху електронната карта**

Методът за налагане на радарно изображение върху електронна карта е много трудоемък и изисква голямо количество време и ресурси за реализирането му. За да се осигури висока точност на процеса, е необходимо да се разгледат няколко основни проблема,

свързани главно с изграждането на комуникационна връзка между корабната радиолокационна станция и конзолата на ECDIS:

- *Правилно и точно синхронизиране на позицията на електронната карта с актуалните географски координати (географска ширина и географска дължина) на кораба,*
- *Голямо количество информация, постъпващо в конзолата на ECDIS от корабната радиолокационна станция,*
- *Неточности в следствие на отражение на радиолокационния сигнал от обекти, разположени във вътрешността на сушата:*

В повечето случаи сигнала излъчен от РЛС се отразява не от бреговата линия, а от обекти с по-добри отразяващи свойства разположени във вътрешността на брега (стръмни склонове, масивни обекти и др.):



Фиг. 1.20 - Елементи от бреговата линия, видими и невидими за радара

Как изложеното до тук оказва влияние върху безопасността на даден преход можем да обясним по следния начин:

Когато например определяме мястото на кораба по две разстояния, снети с помощта на РЛС от два брегови ориентира и нанесем тези разстояния от същите обекти, намиращи се на електронната карта, то тогава мястото на кораба получено на електронната карта, може да е различно от действителното в следствие на това, че се получава разминаване в очертанията на бреговата линия получена от радиолокационното изображение и тази визуализирана върху електронната карта. Това може да заблуди корабоводителя относно реалното положение на кораба на морската повърхност и да създаде необходимост от ненужни маневри, които да застрашат безопасността на плавателния съд.

#### **1.1.6. Проблеми, свързани с липсващи върху електронната карта обекти:**

Структурата на електронната карта дава възможност при използване на различни мащаби или модели за визуализирането ѝ (основен, стандартен, разширен), на екрана на ECDIS конзолата да се изобразяват различни слоеве с информация или различни символи за един и същи обект, което до голяма степен може да обърка корабоводителя.

### **I.1.7. Наличие на картографски грешки в съдържанието на електронната карта:**

Разминаването в изображението на екрана на ECDIS конзолата с информацията от хартиената карта и дори със заобикалящата кораба обстановка, може да се дължи на факта, че даден район от електронната карта е изобразен на база данни, получени от хидрографски проучвания извършени със секстант и теодолит например, далеч във времето преди създаването на електронната карта, като използваните методи тогава са били много по – неточни в сравнение със съвременните. Още повече, че получените данни са използвани за създаване на хартиена карта, която в последствие е била оцифрована и от получената база данни е създадена електронна такава.

Важно е да се отбележи също, че несъответствието между действителното положение на бреговата черта и това изобразено на електронната карта, може да се дължи първо на факта, ще процеса на изработването на електронна карта е свързан с множество манипулации, където е възможно допускане на човешка грешка и второ, от момента на събиране на данните, до момента на изготвянето на електронната карта е минало много време, за периода на което, бреговата ивица се е променила в следствие на ерозия или несъзнателна човешка дейност.

### **I.1.8. Проблеми, свързани с количеството информация, предоставено от ECDIS, необходимо за съставяне на плана за даден преход и осигуряване на сигурността на кораба:**

Системите за електронна навигация, освен изобразяване на електронните карти на екраните на своите конзоли, предоставят и допълнителна информация на корабоводителя, която може да му помогне при планиране на даден преход. Важно е да се отбележи обаче, че ECDIS не може да предостави цялата необходима информация на навигационния офицер, ето защо той може да бъде въввлечен в заблуждение, че това което му предлага картната система е достатъчно и гарантира сигурността на прехода, а то всъщност да не е така.

## **I.2. Някои инциденти довели до катастрофални за корабите последствия в следствие на неправилното или некомпетентно използване на конзолите за електронна навигация, инсталирани на борда на съвременните кораби**

### **I.2.1. Засядане на м.к. „Темза“ на плитчина в пролива “Mull” на 09.08.2011**

### **I.2.2. Засядане на м.к. „Перформер“ на плитчината „Хайсборо“ на източния английски бряг на 12.05.2008**

### **I.2.3. Засядане на м.т. „Овит“ на плитчината “Varne” в Дувърския пролив на 18.09.2013**

### **I.5. Цел на дисертацията:**

Целта на настоящата дисертация е да се оцени ефективността на използване на ECDIS самостоятелно и съвместно с другите технически средства за корабоводене, инсталирани на борда на съвременните кораби, такива като жирокомпас и/или магнитен компас, лаг, AIS, КРЛС, приемник на GPS сигнал.

### **I.6. Основни задачи, предмет на настоящата дисертация:**

- **Задача 1:** Да се оцени ефективността на използване на картните системи за електронна навигация, посредством изчисляване точността на ОМК (Определяне Мястото на Кораба) в различни ситуации при съвместно използване на конзолата на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС) и спътникова навигационна система (СНС), и да се изготви анализ относно това, как тази точност влияе върху безопасността на кораба в конкретния случай, а именно: заставане на котва, плаване на кораба по фарватер в канал, или в теснина;
- **Задача 2:** Да се оцени ефективността на използване на ECDIS (Electronic Chart Display and Information System) самостоятелно, посредством изчисляване точността на СМК (Счислимото Място на Кораба) при плаване в карйбрежен район и определяне на действителното място на кораба с КРЛС (Корабна Радиолокационна Станция), и да се изготви анализ относно това, как тази точност влияе върху безопасността на кораба в конкретния случай;
- **Задача 3:** Да се оцени ефективността на използване на картните системи за електронна навигация, на база изчисления и анализи относно влиянието на честотата на ОМК с различни технически средства за корабоводене при различни условия на плаване върху осъществяването на даден преход и демонстриране, как това се отразява върху икономическите показатели, важни за ефективното реализиране на този преход, а именно изминатото от кораба разстояние и необходимото време за това.

### **I.7. Обзор на съществуващите методи, средства, и похвати, с помощта на които се определя оценката на ефективността на използване на ECDIS за описаните в т.І.6 ситуации:**

- Теория свързана с прилагане на метода на размаха и метода на абсолютното привързване за определяне СКГ на измерените навигационни параметри и определяне на средно-квадратична кръгова грешка на мястото на кораба;
- Теория свързана с прилагане на метода на абсолютното привързване, определяне на допустимата и очакваната средно-квадратични кръгови грешки на мястото на кораба, и изчисляване на очакваната вероятност за безопасно плаване на същия;
- Теория свързана с изготвяне на анализ на невязките и определяне на средно-квадратичната кръгова грешка на мястото на кораба при плаване по счисление;
- Теория свързана с използване на закона за нормалното разпределение и неговите параметри, за оценка ефективността на извършване на даден преход с помощта на

ECDIS, при плаване в различни ходрометеорологични условия и ОМК по различни способи.

## ГЛАВА II

### **Анализ на основни елементи, съставни за даден преход и съществени за безопасността на кораба, и ефективността на прехода, планиран и реализиран с помощта на конзолата за електронна навигация при плаване в особени обстоятелства. Методика за оценка ефективността на използване на ECDIS на база извършените анализи**

#### **II. 1. Фактори, оказващи влияние върху безопасността на кораба и ефективността на реализиране на даден преход**

Определяне на счислимото или обсервованото място на кораба (ОМК) в дадена ситуация, е един от най-важните фактори, оказващи влияние върху безопасността му и гарантиране на ефикасното и ефективно изпълнение на даден преход.

Поддържане кораба на линията на курса с помощта на навременното и точно определяне на неговото място, първо, гарантира безопасността на прехода, предвид това, че при съставяне на един подходящ план за този преход, са съобразени всички условия водещи до правилното и сигурното му реализиране и второ, гарантира, усвояване само на планираните разходи за дадено плаване, без значителна необходимост от допълнителни такива.

В тази глава от дисертацията, идеята е, да се представи теоретичната обосновка за изготвяне на оценка на ефективността на използване на картните системи за електронна навигация в различни ситуации, приети като особени такива, в условията на които е управляван даден кораб, с което се цели да се представи визуално и посредством математически изчисления, до каква степен вахтения офицер може да има доверие на информацията предоставена му от различните технически средства за ОМК, интегрирана в състава на ECDIS, в следствие обединяване на различни потоци от данни, и да прецени, кои са най – подходящите методи за водене на кораба в конкретния случай.

#### **II. 2. Оценка точността на ОМК в момента на заставане на кораба на котва при съвместно използване на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС) и спътникова навигационна система (СНС), и влиянието на тази точност върху определяне радиуса на котвената стоянка**

##### **II. 2. 2. Определяне на радиуса на котвената стоянка**

Котвената стоянка за един плавателен съд, сама по себе си представлява кръг с радиус  $R$  и когато кораба се намира в границите на този кръг, то тогава е осигурена неговата безопасност до степен, зависеща от това до колко капитана или помощник-капитана са се съобразили с описаните по – горе фактори при избора на котвеното място.

Радиусът на котвената стоянка се получава от следната формула:

$$R = 3.Mo + lx + Lk + D \dots\dots\dots(2.2).$$

**II. 2. 3. Методика за определяне ефективността на използване на ECDIS в момент на заставане на кораба на котва**

1. Определяне на мястото на кораба в момента на отдаване на котвата, чрез измерване на пеленги и дистанции с различни ТС към три брегови ориентира, при равни други условия: състояние на времето, състояние на кораба (газене, наветрена площ, товароподемност, скорост, курс и др.), подход към котвената стоянка и др.. Реда за измерване на навигационните параметри към споменатите ориентира се определя по приетите в корабоводенето правила, в следствие на добрата морска практика. Всички измерени стойности се коригират с поправката на уреда, посредством който са направени измерванията, ако такава поправка е налична;
2. Определяне на СКГ на измерените навигационни параметри, за всеки един случай
3. Оценка точността на ОМК, посредством кръгова СКГ, за всеки едни случай на определянето му;
4. Изчисляване радиуса на котвената стоянка за всеки един случай на ОМК, определено чрез използване на различни технически средства (визуален способ, РЛС, ECDIS и GPS);
5. Оценка на ефективността на използване на различните ТС за водене на кораба при заставане на котва, в зависимост от получения радиус на котвената стоянка и в зависимост от оценката за точността на позицията на плавателния съд в момента на пускане на котвата.

От тук нататък, теоретичната постановка за оценка на точността на ОМК, определяне влиянието ѝ върху безопасността на плавателния съд и оценка ефективността на използваните различни технически средства при заставане на кораба на котва, следва методиката описана в II.2.3 и преминава през следните етапи:

**II. 2. 4. Ред за определяне на оценката на точността на ОМК в момента на отдаване на котвата, при снемане на навигационните параметри с различни ТС (технически средства):**

Определяне на радиуса на кръговата СКГ за ОМК в момента на спускане на котвата, при измерване на навигационните параметри с различни ТС (технически средства) се извършва по следната формула:

$$Mo = \sqrt{a^2 + b^2} \dots\dots\dots(2.26),$$

където „a“ и „b“ са голямата и малката полуос на елиптичната грешка.



**II. 2. 5. Влияние на големината на определената СКГ при използване на различните технически средства за ОМК върху определянето на радиуса на котвената стоянка:**

Сравняването на радиусите на една котвена стоянка, получени вследствие ОМК с различни ТС в момента на отдаване на котвата, би дало на корабоводителя ясна представа за това до каква степен той може да се довери на оборудването инсталирано на мостика на кораба и какви методи за ОМК може да използва той в момент на заставане на кораба на котва.

**II. 2. 6. Ред за изчисляване на ефективността на използване на различни ТС за ОМК при заставане на кораба на котва, в зависимост от получения радиус на котвената стоянка и оценката за точността на позицията на плавателния съд в момента на пускане на котвата:**

Процентното изражение на ефективността на използването на различни ТС за ОМК, в момента на спускане на котвата, се извършва по следните формули:

- При използване на ECDIS съвместно със СНС:

$$E_1 = \frac{R_3}{R_2} \cdot 100 [\%] \dots \dots \dots (2.28),$$

където:

R3 – радиус на котвената стоянка определен с помощта на визуални способности

R2 – радиус на котвената стоянка определен с помощта на ECDIS и СНС

- При използване на ECDIS съвместно с РЛС:

$$E_2 = \frac{R_3}{R_1} \cdot 100 [\%] \dots \dots \dots (2.29),$$

където:

R3 – радиус на котвената стоянка определен с помощта на визуални способности

R1 – радиус на котвената стоянка определен с помощта на ECDIS и РЛС

**II. 3. Оценка точността на ОМК при плаване на кораба по фарватер и съвместно използване на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС), и спътникова навигационна система (СНС). Влияние на оценената точност върху безопасността на прехода и ефективността от използването на ECDIS**

Идеята тук е да се представи теоретичната обосновка за изготвяне на оценката на точността на ОМК при съвместно използване на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС) и спътникова навигационна система (СНС), при плаване на кораба по фарватер в района на даден канал или теснина, и влиянието на тази точност върху определяне на очакваната вероятност за безопасно плаване в споменатия район.

### **II. 3. 1. Методика за определяне ефективността на използване на ECDIS при плаване на кораба по фарватер в района на даден канал или теснина**

1. Определяне на мястото на кораба в различни моменти от време при плаване по фарватер, чрез измерване на пеленги и дистанции с различни ТС към брегови ориентир за пет пробега на кораба при преход в теснина или канал, при равни други условия: състояние на времето, характеристики на теснината или канала, състояние на кораба (газене, курс, наветрена площ, скорост, товароподемност) и др. Реда за измерване на навигационните параметри към споменатите ориентир се определя по приетите в корабоводенето правила, в следствие на добрата морска практика. Всички измерени стойности се коригират с поправката на уреда, посредством който са направени измерванията, ако такава поправка е налична,
2. Определяне на СКГ на измерените навигационни параметри, за всеки един случай;
3. Оценка точността на ОМК посредством кръгова СКГ, за всеки един случай на определянето му;
4. Определяне на допустимата СКГ при плаване на кораба по фарватер в теснина или канал;
5. Определяне на допустимата СКГ на мястото на кораба в момент на поворота при използване на данни от РЛС, и от ECDIS;
6. Определяне на очакваната вероятност за безопасно плаване на кораба в теснина или канал при използване на данни от РЛС, и от ECDIS;
7. Оценка на ефективността на използване на различните ТС за водене на кораба при плаване по фарватер в теснина или канал, в зависимост от получените стойности на СКГ-ки за ОМК и сравняването им с допустимите такива, и посредством сравняване на получените очаквани вероятности за безопасно плаване на кораба в теснината или канала, при ОМК с помощта на ECDIS и РЛС.

Предвид изложеното до тук, определянето на оценката на точността на ОМК и влиянието ѝ върху безопасността на кораба при плаването му в границите на безопасна в навигационно отношение полоса с използването на различни технически средства и способности, преминава през следните етапи:

### **II. 3. 2. Изчисляване на допустимата средноквадратична грешка (СКГ) на определеното място на кораба (ОМК):**

- Допустима СКГ по перпендикуляра на оста на фарватера:

$$m\delta 1 \leq \frac{(0,5 \cdot \text{III} - D_{II})}{z} \dots \dots \dots (3.1),$$

- Допустима СКГ по направление на оста на фарватера

$$m\delta 2 \leq \frac{(0,5 \cdot \text{III} - D_{II})}{z \cdot \sin \alpha} \dots \dots \dots (3.2),$$

Основната цел на разсъжденията в тази част от дисертацията е да се покаже, как функционалността в навигационно отношение на една електронна карта или РЛ картина е в същия порядък, като тази на една хартиена карта, предвид използването на различни технически средства за определяне мястото на кораба. Освен това, съществено за последващите изводи е и сравнението между местоположението на кораба при плаване в теснина или канал, получено на база визуални наблюдения към брегови ориентир, разположени около плавателния съд в реална обстановка, с местоположението му за същата ситуация, получено в съответствие с образите на тези ориентир, илюстрирани на екрана на радара и върху електронната карта.

### **II. 3. 3. Ред за определяне на оценката на точността на ОМК при плаване на кораба по фарватер, при снемане на пеленги и дистанции към брегови ориентир с различни технически средства (ТС):**

За оценка на точността на мястото на кораба с помощта на кръгова СКГ е необходимо първо, да се определят средно-квадратичните грешки на навигационните параметри измерени с помощта на различни технически средства към ориентир, разположени на сушата.

От тук нататък, определянето на точността на мястото на кораба при плаване по фарватер и в теснина се извършва в следната последователност:

- Определяне на СКГ в линиите на положението ( $m_{лп1}$ ,  $m_{лп2}$ ) за всяко едно определено място на кораба,
- Определяне на радиуса на кръговата СКГ във всяко едно място на кораба при плаване по фарватер и снемане на навигационни параметри с различни технически средства,

След определяне на СКГ на ОМК, по данни от електронната карта и от РЛС, същата се сравнява с допустимата СКГ по перпендикуляра на оста на фарватера ( $m\delta 1$ ) и с допустимата средноквадратична грешка на ОМК по направление на оста на фарватера ( $m\delta 2$ ), от където може да се направи извод за това, кой от методите за водене на кораба, а именно по електронна карта и ОМК със СНС, или по радиолокационна картина, и ОМК с пеленги, и дистанции снети от РЛС е по – ефективен, относно осигуряване на необходимата безопасност на плаване на кораба.

### **II. 3. 4. Ред за определяне на допустимата СКГ на мястото на кораба в момент на поворота и очакваната вероятност за безопасно плаване при използване на данни от РЛС, и от ECDIS:**

За определяне на допустимата СКГ на определеното място на кораба в момента на поворота при плаване по фарватер се използва следната формула:

$$M\delta \leq \frac{(0,5.III)}{R}, nm \dots \dots \dots (3.14);$$

От направените оценки за точността на мястото на кораба по метода описан в т. II.3.3 и данни снети от РЛС и от ECDIS, приемаме следните стойности за СКГ на ОМК с най – висок риск за безопасността на кораба, предвид най – ниската точност на определеното място:

$M_{изх/рлс}$  – СКГ на планирана обсервация по данни от РЛС

$M_{изх/gps}$  – СКГ на планирана обсервация по данни от ECDIS

Данните получени за  $M_{изх/рлс}$  и  $M_{изх/gps}$  се сравняват с получената стойността на допустимата СКГ на определеното място на кораба в момента на поворота при плаване по фарватер ( $M\partial$ ).

Очакваната СКГ в момента на поворота се получава по следната формула:

$$M = \sqrt{(M_{изх})^2 + 0,5 \cdot 0,8^2 \cdot 0,2^2} \dots \dots \dots (3.15);$$

За получаване на очакваната вероятност за безопасно плаване се използват следните формули:

$$R_{рлс} = \frac{0,5 \cdot \Pi}{M} \dots \dots \dots (3.16),$$

$$R_{gps} = \frac{0,5 \cdot \Pi}{M} \dots \dots \dots (3.17).$$

Въз основа на получените резултати се сравняват очакваните вероятности за безопасно плаване при ОМК с помощта на РЛС и с СНС, от където може да се направи извод за това, кой от методите за водене на кораба, а именно по електронна карта и ОМК със СНС, или по радиолокационна картина, и ОМК с пеленги, и дистанции снети от РЛС е по – ефективен, относно осигуряване на необходимата безопасност на плаване на кораба.

## **II. 4. Оценка точността на счислимото място на кораба, при плаване в крайбрежен район. Влияние на оценката върху безопасността на прехода и ефективността на използване на ECDIS**

### **II. 4. 1. Определяне на средно – квадратичната грешка (СКГ) на счислението**

Експериментално е установено, че средноквадратичната грешка на счислението се изменя, както следва:

- при интервали на счислението по-малки от или равни на два часа ( $t \leq 2h$ ) по линеен закон:

$$M_c(t) = \frac{1}{2^{1-\theta}} \cdot K_c \cdot t \dots \dots \dots (4.1),$$

- при интервали на счислението по-големи от два часа ( $t > 2h$ ) по параболичен закон:

$$M_c(t) = K_c \cdot t^\theta \dots \dots \dots (4.2),$$

Изчисленията свързани с определяне на СКГ на счислението се извършват в следната последователност:

1. Осъществяване на крайбрежен преход, с определяне на мястото на кораба по счисление и кореспондиращото му място по време посредством наблюдения с КРЛС по пеленг и дистанция, за интервали от време по-малки от два часа;
2. Осъществяване на крайбрежен преход, с определяне на мястото на кораба по счисление и кореспондиращото му място по време посредством наблюдения с КРЛС (Корабна Радиолокационна Станция) по пеленг и дистанция, за интервали от време по-големи от два часа;
3. Определяне на СКГ (средноквадратичната грешка) на измерения пеленг и дистанция по метода на абсолютното привързване, описан в т. II.3.3;
4. Определяне на стойността на невязките при водене на счисление и определяне наблюдаваното място на кораба с КРЛС за интервал от време, по-малък от два часа;
5. Определяне на стойността на невязките при водене на счисление и определяне наблюдаваното място на кораба с КРЛС за интервал от време, по-голям от два часа;
6. Оценка точността на наблюдаваните места на кораба посредством кръгова СКГ по измерените пеленги и разстояния с КРЛС;
7. По величината на невязките, съответстващи на интервалите на счисление  $t_i \leq 2h$ , се изчислява коефициента  $K_1$ ;
8. По величината на невязките, съответстващи на интервалите на счисление  $t_j > 2h$ , се изчислява коефициента  $K_2$ ;
9. Изчисляване на СКГ на коефициентите  $K_1$  и  $K_2$ ;
10. Изчисляване на коефициента на точността на счислението;
11. Разчитане на точността на величината  $K_c$ ;
12. Определяне на СКГ на счислението по формули (4.1) и (4.2).

#### **II. 4. 2. Оценка на точността на счислимото място на кораба**

Средноквадратичната грешка  $M_c$  на счислимото място се изчислява по следната формулата:

$$M_c = \sqrt{M_c^2(t) + M_0^2} \dots \dots \dots (4.13).$$

#### **II. 4. 3. Коригиране на счислението и анализ на невязките**

Анализа на правилното водене на кораба по счисление се извършва на база на получени наблюдения в момента на определяне на счислимото място на кораба върху електронната карта, от където може да се направи извод, че ако  $M_o < 3M_{c(t)}$ , то тогава получената наблюдението е целесъобразна, като за проверка за наличие на груби грешки в навигационната прокладка се използва следната формула:

$$C \leq 2,1\sqrt{M_c^2 + M_0^2} \dots \dots \dots (4.14),$$

ако невязката „С“ удовлетворява неравенство (4.14), то тогава с вероятност 0,997 груби грешки в навигационната прокладка няма.

Средноквадратичната грешка на най-вероятното място на кораба се изчислява по формулата:

$$Mb = \frac{M_c M_0}{\sqrt{M_c^2 + M_0^2}} \dots \dots \dots (4.16),$$

При  $M_0 \leq 1/3M_c$ , то тогава най – вероятното място на кораба се приема в обсервованата точка.

При  $M_0 > 3M_c$ , най – вероятното място на кораба е в счислимата точка.

При положение, че невязката „С“ е голяма, т.е. ако нейната величина превишава пределната сумарна грешка на обсервацията и счислението, необходимо е да се направи извод или за наличие на груби грешки в навигационната прокладка или за значително влияние на елементите на сноса върху движението на кораба.

След анализ на невязките от получените места на кораба в следствие водене едновременно, както на аналитично счисление за ОМК, така и ОМК с помощта на обсервации, получени от корабната РЛС за момента от време съответстващ на даденото счислимо място, следните изводи могат да бъдат направени:

- Стойността на невязката “С” е заключена в границите  $M_1 < C < M_2$ , където:

$$2,1\sqrt{M_{B_{i-1}}^2 + M_0^2} = M_1 \dots \dots \dots (4.18),$$

$$2,1\sqrt{M_{C_i}^2 + M_{0_i}^2} = M_2 \dots \dots \dots (4.19),$$

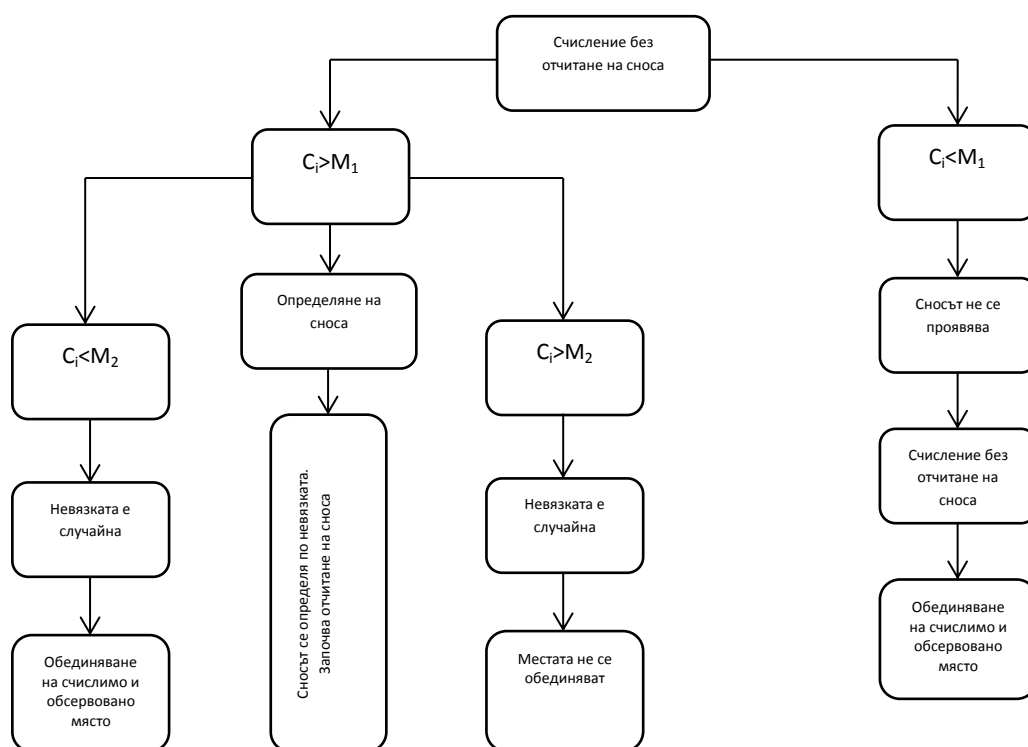
като в този случай причината за невязката се явява не толкова грешката в предната и дадената обсервация, а въздействието върху кораба на силите на сноса, като тук невязката е по – малка от пределната сумарна грешка на счислимото и обсервованото място, и тогава двете места се обединяват, и се намира най – вероятното място на кораба.

- Стойността на невязката “С” е  $C > M_2$ , като причината за тази невязка може да бъде или груба грешка в навигационната прокладка, или въздействие на силите на сноса.

- Стойността на невязката “С” е  $C < M_1$ , това свидетелства за случайно разминаване на счислимото и обсервованото място.

**II. 4. 4. Методика за определяне ефективността на използване на ECDIS при плаване на кораба в крайбрежен район и използване на ECDIS самостоятелно, без получаване на допълнителна информация от приемника на CHC, AIS, ARPA или КРЛС**

1. Определяне на СКГ на измерените пеленги и дистанции към брегови ориентири, снети с помощта на КРЛС, по методиката описана в т. II.3.3 (формули от 3.3 до 3.10);
2. Оценка точността на всяко едно ОМК, получено с помощта на КРЛС, съгласно методиката описана в т. II.3.3;
3. Определяне на СКГ на счислението, съгласно методиката описана в т. II.4.1;
4. Оценка точността на всяко едно получено счислимо място на кораба по формула (4.13);
5. Коригиране на счислението и анализ на невязките, съгласно методиката описана в т. II.4.3. Структурно-логическа схема на анализа на невязките при счисление без отчитане на снос, в съответствие с изложеното по-горе, е показана на Фиг. II.3.



Фиг. II.3 – Структурно-логическа схема на анализа на невязките при счисление без отчитане на снос

6. Изводи относно ефективността на използване на ECDIS при плаване на кораба без информация от AIS, GPS, ARPA или КРЛС, на база анализ на получените невязки при ОМК по счисление през определени интервали от време.

## **II. 5. 1. Определяне ефективността на използване на ECDIS, като резултат от оценка ефективността на извършване на даден преход при определяне мястото на кораба с помощта на визуални способности, радиолокационна станция и спътникова навигационна система**

Честотата на ОМК с различни технически средства при различни условия на плаване оказва пряко влияние върху икономическите фактори, важни за ефективното реализиране на даден преход, а именно изминатото от кораба разстояние и необходимото време за това, ето защо провеждането на експеримент, свързан с оценка на времето и изминатото от кораба разстояние за осъществяване на конкретен преход при едни и същи хидрометеорологични условия, но при използване на различни технически средства за ОМК и нанасяне мястото на кораба върху електронната карта, би дало ясна представа за избора на правилни методи и начини за водене на кораба с цел осигуряване на един ефективен преход от гледна точка на разхода на време и запаси.

### **II. 5. 1. 1. Цел на експеримента**

- Изследване на точността на разсейване на определената позиция на кораба в зависимост от средствата и начините за ОМК, и от условията на прехода;
- Изследване на удължаването на траекторията в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда;
- Изследване на промяната във времето, необходимо за реализиране на даден преход, в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда.

### **II. 5. 1. 2. Дефиниране на общите условия за реализиране на експеримента, влияещи върху крайния резултат**

Пълна товароподемност на плавателния съд; газене на равен кил; дължина на кораба, най-голяма; ширина на кораба, най-голяма; наветрена площ (площ над водолинията); площ под водолинията; площ на кърмата под водата; площ на кърмата над водата; дължина на прехода; район на плаване; дължина на всеки пробег; брой на колената на прехода; скорост на движение на кораба.



### **II. 5. 1. 3. Дефиниране на условията, характерни за конкретния преход и влияещи върху крайния резултат от експеримента:**

- Преход 1: плаване в спокойно време, без наличие на вятър, вълнение и течение
- Преход 2: плаване при наличие на вятър с определена посока и сила
- Преход 3: плаване при наличие на течение с определена посока и скорост
- Преход 4: плаване при наличие на сумарен снос от дрейф и течение
- Преход 5: плаване при наличие на вълнение с определена посока и сила

### **II. 5. 2. Изследване на точността на разсейване на определената позиция на кораба в зависимост от средствата и начините за ОМК, и от условията на прехода:**

Определяне мястото на плавателния съд има вероятностен характер, който зависи изключително от характера на грешките от измерванията при ОМК, разпределението на които се подчинява на закона за нормалното разпределение. За целта на настоящото изследване се използват следните параметри на закона за нормалното разпределение:

- Средна аритметична величина ( $\bar{X}$ ),
- Стандартно отклонение или дисперсия ( $S$ ),
- Коефициента на вариация ( $V$ ),
- Диапазон на разпределение на изследвания признак,  $[-3.S; +3.S]$

### **II. 5. 2. 1. Дефиниране на оценките за общото разпределение на позицията на кораба в зависимост от методите на воденето му, условията на плаване и изминатото разстояние, на база на които ще се анализират резултатите от експеримента:**

- Оценка на общото разпределение на позицията на кораба, без значение от методите за воденето му, при различни условия на плаване, за 2.5 мили изминато разстояние;
- Оценка на общото разпределение на позицията на кораба, без значение от методите за воденето му, при различни условия на плаване, за 5.0 мили изминато разстояние;
- Оценка на разпределението на позицията на кораба, определена с помощта на СНС, при различни условия на плаване, за 2.5 nm и 5.0 nm изминато разстояние;
- Оценка на разпределението на позицията на кораба, определена с помощта на РЛС, при различни условия на плаване, за 2.5 nm и 5.0 nm изминато разстояние;
- Оценка на разпределението на позицията на кораба, определена по визуален способ, при различни условия на плаване, за 2.5 nm и 5.0 nm изминато разстояние.

### **II. 5. 3. Изследване на удължаването на траекторията в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда:**

Основната идея тук е, да се оцени ефективността на използване на електронната карта при ОМК по визуални методи и при съвместна работа с РЛС и СНС, посредством анализ на

удължаване на траекторията на изминатото от кораба разстояние за различни условия на плаване на кораба, описани в П.5.1.3 и в зависимост от използваните методи, и средства за ОМК, в сравнение с това, определено в изготвения план на прехода.

Основа за получаване на реалната траектория на движение на плавателния съд при различните условия на прехода, това са определените места на кораба върху водната повърхност с помощта на различни технически средства и оборудване, през регулярни интервали от време.

### **П. 5. 3. 1. Методика за обработване на резултатите и извеждане на съответните зависимости, предвид входните елементи за даден анализ:**

В съответствие с изложеното в т. П.5.2, анализа на входните елементи за изследване на даден признак преминава през следните етапи:

- Определяне на средната аритметична стойност ( $\bar{X}$ ) на изследваната величина;
- Определяне на стандартното отклонение или дисперсията ( $S$ ) на изследваната величина;
- Определяне на коефициента на вариация ( $V$ ) за изследваната величина;
- Определяне на зоната на разсейване на изследваната величина –  $6.S$
- Определяне на линията на тренда, най-близка до получените от обработването на входните данни резултати (използва се специализирано софтуерно приложение – Microsoft Excel 2010);
- Извеждане на уравнението на линията на тренда, което представлява математическо изражение на зависимостта на удължаването на изминатото от кораба разстояние в следствие влиянието на външните фактори и честотата на ОМК (използва се специализирано софтуерно приложение – Microsoft Excel 2010).

### **П. 5. 3. 2. Дефиниране на случаите на изследване удължаването пътя на кораба при използване на различни ТС и уреди за ОМК, и при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение):**

- Общо изследване на удължаването на пътя на кораба при комбинирано използване на различни ТС и уреди за ОМК, и при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение);
- Общо изследване на удължаването на пътя на кораба при ОМК с помощта на СНС ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение);
- Общо изследване на удължаването на пътя на кораба при ОМК с помощта на РЛС (пеленг и разстояние до брегови ориентир), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение);

- Общо изследване на удължаването на пътя на кораба при ОМК по визуален способ (пеленг и разстояние до брегови ориентир), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение);

### **II. 5. 3. 3. Ред за изчисляване на ефективността от използването на различни ТС за ОМК при реализиране на даден преход, в зависимост от изминатото от кораба разстояние, при определените условия на прехода:**

Процентното изражение на ефективността на използването на различни ТС за ОМК, в зависимост от изминатото от кораба действително разстояние се извършва с помощта на следната формула:

$$E = \frac{S_r}{S_s} \cdot 100 = 1.100 = 100\% \dots \dots \dots (5.4),$$

С помощта на изведеното уравнение за линията на тренда може да се определи удължаването на изминатата от кораба траектория в зависимост от използваните ТС и уреди за ОМК при конкретни условия на плаване и да се оцени ефективността на използваните технически средства за корабоводене по формула (5.4) за следните случаи:

1. Определяне на изминатото от кораба действително разстояние и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS съвместно със СНС за ОМК;
2. Определяне на изминатото от кораба действително разстояние и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS съвместно с РЛС за ОМК;
3. Определяне на изминатото от кораба действително разстояние и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS при ОМК по визуални способности.

### **II. 5. 4. Изследване на промяната във времето, необходимо за реализиране на даден преход в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда:**

Подобно на горната точка, идеята тук е да се оцени ефективността на използване на електронната карта при ОМК по визуални способности и при съвместна работа с РЛС и СНС, посредством анализ на промяната на времето, необходимо на даден кораб да измине предварително зададено разстояние, определено в изготвения план на прехода за различните условия на плаване, описани в II.5.1.3 и в зависимост от използваните методи, и средства за ОМК.

Основа за получаване на действителното време за реализиране на даден преход е, засичане с хронометър на времето необходимо за извършване на целия преход, а така също и времето в предварително определени контролни точки при ОМК с различни ТС.

#### **II. 5. 4. 1. Методика за обработване на резултатите и извеждане на съответните зависимости, предвид входните елементи за даден анализ:**

В съответствие с изложеното в т. II.5.2, анализа на входните елементи за изследване на даден признак преминава през следните етапи:

- Определяне на средната аритметична стойност ( $\bar{X}$ ) на изследваната величина;
- Определяне на стандартното отклонение или дисперсията ( $S$ ) на изследваната величина;
- Определяне на коефициента на вариация ( $V$ ) за изследваната величина;
- Определяне на зоната на разсейване на изследваната величина –  $6.S$
- Определяне на линията на тренда, най-близка до получените от обработването на входните данни резултати (използва се специализирано софтуерно приложение – Microsoft Excel 2010);
- Извеждане на уравнението на линията на тренда, което представлява математическо изражение на зависимостта на промяната на времето, необходимо на кораба да измине зададеното разстояние в следствие влиянието на външните фактори и честотата на ОМК (използва се специализирано софтуерно приложение – Microsoft Excel 2010).

**II. 5. 4. 2. Дефиниране на случаите за промяната във времето, необходимо за реализиране на даден преход при използване на различни ТС и уреди за ОМК, и при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение):**

- Общо изследване на промяна на времето за прехода, при комбинирано използване на различни ТС и уреди за ОМК, и при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение);
- Общо изследване на промяна на времето за прехода, при ОМК с помощта на СНС ( $\varphi$ ,  $\lambda$ ) и при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение);
- Общо изследване на промяна на времето за прехода, при ОМК с помощта на РЛС (пеленг и разстояние до брегови ориентир), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение);
- Общо изследване на промяна на времето за прехода, при ОМК по визуален способ (пеленг и разстояние до брегови ориентир), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение).

**II. 5. 4. 3. Ред за изчисляване на ефективността от използването на различни ТС за ОМК при реализиране на даден преход, в зависимост от времето, необходимо за реализиране на прехода, при определените условия на прехода:**

Процентното изражение на ефективността на използването на различни ТС за ОМК, в зависимост от времето необходимо на кораба да реализира даден преход, се извършва с помощта на посочената по долу формула формула:

$$E = \frac{T_r}{T_s} \cdot 100 = 1.100 = 100\% \dots \dots \dots (5.5),$$

С помощта на изведеното уравнение за линията на тренда може да се определи реалното време необходимо на даден плавателен съд да извърши даден преход в зависимост от използваните ТС и уреди за ОМК при конкретни условия на плаване и да се оцени

ефективността на използваните технически средства за корабоводене по формула (5.5) за следните случаи:

1. Определяне на времето необходимо на кораба да извърши даден преход и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS съвместно със СНС за ОМК;
2. Определяне на времето необходимо на кораба да извърши даден преход и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS съвместно с РЛС за ОМК;
3. Определяне на времето необходимо на кораба да извърши даден преход и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS при ОМК по визуални способности.

## ГЛАВА III

### **Експериментален модел на постановките за оценка ефективността на използване на ECDIS самостоятелно и съвместно с корабната радиолокационна станция, и спътниковата навигационна система**

#### **III. 1. 1. Оценката на точността на ОМК в момента на спускане на котвата, при снемане на навигационните параметри с помощта на РЛС:**

Определяне на радиуса на кръговата СКГ за ОМК в момента на спускане на котвата, при измерване на навигационните параметри с РЛС, по формула (2.26):

$$M_0 = \sqrt{0,069^2 + 0,031^2} = 0,07 \text{ nm} = 129,64 \text{ m}$$

#### **III. 1. 2. Оценката на точността на ОМК в момента на спускане на котвата, при снемане на навигационните параметри с помощта на ECDIS и приемника на GPS сигнал:**

Определяне на радиуса на кръговата СКГ за ОМК с помощта на СНС в момента на спускане на котвата, при снемане на навигационните параметри от електронната карта, по формула (2.26):

$$M_0 = \sqrt{0,029^2 + 0,024^2} = 0,04 \text{ nm} = 74,08 \text{ m}$$

#### **III. 1. 3. Оценката на точността на ОМК в момента на спускане на котвата, при измерване на навигационните параметри по визуален способ и нанасянето им върху електронната карта:**

Определяне на радиуса на кръговата СКГ за ОМК по визуални способности в момента на спускане на котвата, по формула (2.26):

$$M_0 = \sqrt{0,027^2 + 0,022^2} = 0,03 \text{ nm} = 55,56 \text{ m}$$

**III. 1. 4. Графично и цифрово изражение на влиянието на големината на определената СКГ при използване на различните технически средства за ОМК върху определянето на радиуса на котвената стоянка:**

Определяне на радиуса на котвената стоянка при ОМК с помощта на корабната РЛС:

$$Ra1 = 396,04 + 105,00 + 45,21 + 40,00 = 586,25 \text{ m}$$

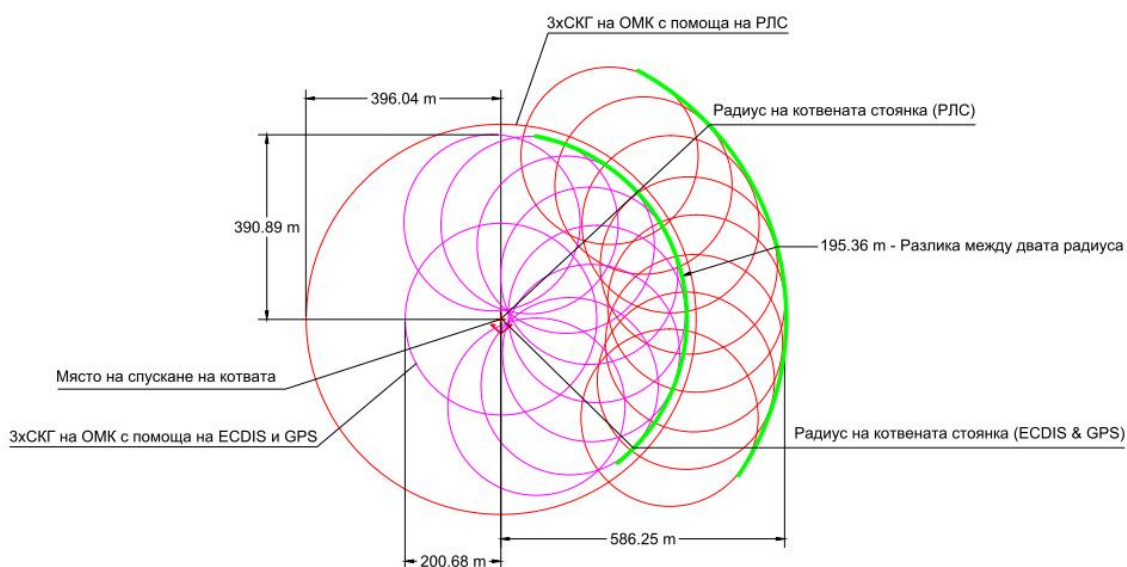
Определяне на радиуса на котвената стоянка с помощта на ECDIS и СНС за ОМК:

$$Ra2 = 200,68 + 105,00 + 45,21 + 40,00 = 390,89 \text{ m}$$

Определяне на радиуса на котвената стоянка при използване на визуални способности за ОМК:

$$R3 = 181,90 + 105,00 + 45,21 + 40,00 = 372,11 \text{ m}$$

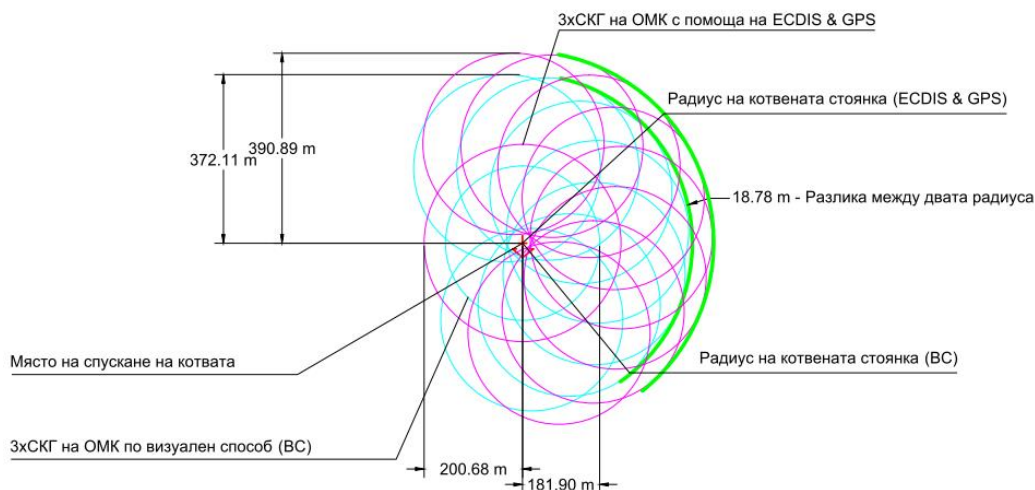
На Фиг. III.2 е представена разликата в радиусите на котвената стоянка при ОМК с помощта на СНС и РЛС, в момента на спускане на котвата  $\Delta Ra = 195,36 \text{ m}$ :



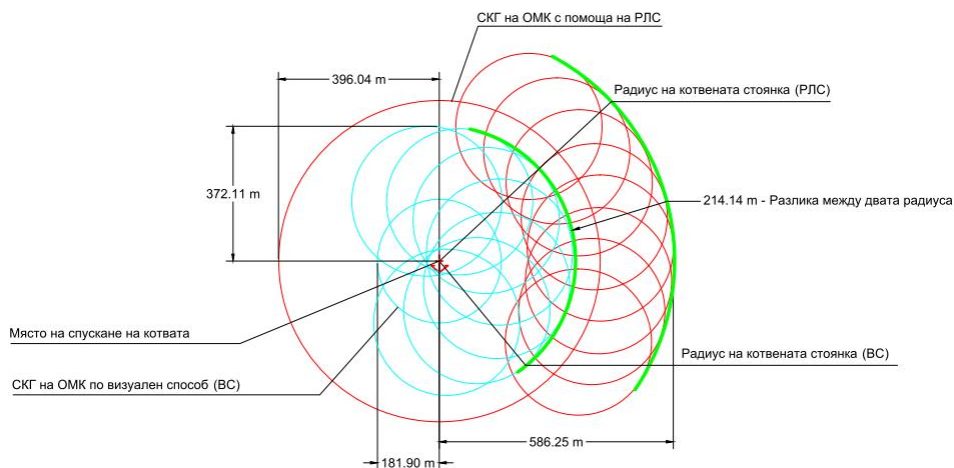
Фиг. III.2 – Разлика в радиусите на котвената стоянка при ОМК с помощта на СНС и РЛС, в момента на спускане на котвата – 195,36 m

На Фиг. III.3 е представена разликата в радиусите на котвената стоянка при ОМК с помощта на СНС и по визуален способ, в момента на спускане на котвата  $\Delta Ra = 18,78 \text{ m}$ .

На Фиг. III.4 е представена разликата в радиусите на котвената стоянка при ОМК с помощта на корабната РЛС и по визуален способ, в момента на спускане на котвата  $\Delta Ra = 214,14 \text{ m}$ .



Фиг. III.3 – Разлика в радиусите на котвената стоянка при ОМК с помощта на СНС и по визуален способ, в момента на спускане на котвата – 18,78 m



Фиг. III.4 – Разлика в радиусите на котвената стоянка при ОМК с помощта на корабната РЛС и по визуален способ, в момента на спускане на котвата – 214,14 m

### III. 1. 5. Оценка на ефективността на използване на различни ТС за ОМК при заставане на кораба на котва:

Изчисленията се извършват на база методиката описана в II.2.5, както следва:

- При използване на ECDIS съвместно със СНС, по формула (2.28):

$$E_1 = \frac{356,89}{412,45} \cdot 100 = 86,53 \%$$

- При използване на ECDIS съвместно с РЛС, по формула (2.29):

$$E_2 = \frac{356,89}{634,69} \cdot 100 = 56,23 \%$$

**III. 2. Експериментална постановка за оценка точността на ОМК при плаване на кораба по фарватер и съвместно използване на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС), и спътникова навигационна система (СНС). Влияние на оценената точност върху безопасността на прехода и ефективността от използването на ECDIS**

**III. 2. 1. Резултати от оценка точността на ОМК при плаване на кораба по фарватер и снемане на пеленги, и дистанции с помощта на РЛС:**

Резултати от определения радиус на кръговата СКГ във всяко едно място на кораба при плаване по фарватер и снемане на навигационни параметри от корабната РЛС, използва се формула (3.13):

$$\begin{aligned}Ms1 &= \sqrt{0,009^2 + 0,068^2} = 0,07 \text{ nm} = 129,64 \text{ m} \\Ms2 &= \sqrt{0,010^2 + 0,096^2} = 0,10 \text{ nm} = 185,20 \text{ m} \\Ms3 &= \sqrt{0,008^2 + 0,091^2} = 0,09 \text{ nm} = 166,68 \text{ m} \\Ms4 &= \sqrt{0,005^2 + 0,067^2} = 0,07 \text{ nm} = 129,64 \text{ m} \\Ms5 &= \sqrt{0,004^2 + 0,070^2} = 0,07 \text{ nm} = 129,64 \text{ m} \\Ms6 &= \sqrt{0,001^2 + 0,065^2} = 0,06 \text{ nm} = 111,12 \text{ m} \\Ms7 &= \sqrt{0,003^2 + 0,055^2} = 0,06 \text{ nm} = 111,12 \text{ m} \\Ms8 &= \sqrt{0,009^2 + 0,113^2} = 0,11 \text{ nm} = 203,72 \text{ m} \\Ms9 &= \sqrt{0,003^2 + 0,095^2} = 0,09 \text{ nm} = 166,68 \text{ m} \\Ms10 &= \sqrt{0,023^2 + 0,125^2} = 0,13 \text{ nm} = 240,76 \text{ m}\end{aligned}$$

**III. 2. 2. Резултати от оценка точността на ОМК с помощта на СНС при плаване на кораба по фарватер и снемане на пеленги, и дистанции от електронната карта:**

Резултати от определения радиус на кръговата СКГ във всяко едно място на кораба при плаване по фарватер и снемане на навигационни параметри от корабната СНС, използва се формула (3.13):

$$\begin{aligned}Ms1 &= \sqrt{0,003^2 + 0,038^2} = 0,04 \text{ nm} = 74,08 \text{ m} \\Ms2 &= \sqrt{0,003^2 + 0,040^2} = 0,04 \text{ nm} = 74,08 \text{ m} \\Ms3 &= \sqrt{0,003^2 + 0,050^2} = 0,05 \text{ nm} = 92,60 \text{ m} \\Ms4 &= \sqrt{0,001^2 + 0,047^2} = 0,05 \text{ nm} = 92,60 \text{ m} \\Ms5 &= \sqrt{0,0004^2 + 0,036^2} = 0,04 \text{ nm} = 74,08 \text{ m} \\Ms6 &= \sqrt{0,0004^2 + 0,040^2} = 0,04 \text{ nm} = 74,08 \text{ m} \\Ms7 &= \sqrt{0,002^2 + 0,024^2} = 0,02 \text{ nm} = 37,04 \text{ m} \\Ms8 &= \sqrt{0,006^2 + 0,051^2} = 0,05 \text{ nm} = 92,60 \text{ m} \\Ms9 &= \sqrt{0,004^2 + 0,049^2} = 0,05 \text{ nm} = 92,60 \text{ m} \\Ms10 &= \sqrt{0,009^2 + 0,062^2} = 0,06 \text{ nm} = 111,12 \text{ m}\end{aligned}$$



### III. 2. 3. Резултати от определяне на допустимата средноквадратична грешка на определеното място на кораба при плаване по фарватер в Босфора:

За определяне на допустимата СКГ ( $m\delta 1$ ) по перпендикуляра на оста на фарватера се използва формула (3.1).

От направените по – горе изчисления за определяне на СКГ на ОМК, по данни от електронната карта и от РЛС се вижда, че СКГ-шки на ОМК по данни от електронната карта с определяне позицията на кораба по GPS са значително по-малки от допустимата СКГ перпендикулярно на оста на фарватера ( $m\delta 1$ ), докато тези определени с помощта на данни снети от РЛС са много по-близки до нея, като за последното определено място на кораба по РЛС дори, СКГ е по – голяма от допустимата. Данните са представени в Таблица III.18:

ТАБЛИЦА III.18 – СРАВНИТЕЛНА ТАБЛИЦА НА СКГ

<i>No на ОМК</i>	<i>По данни от РЛС</i>	<i>По данни от ECDIS (GPS)</i>	<i><math>m\delta 1</math>, nm</i>
<b>1</b>	0,07	0,04	0,09
<b>2</b>	0,10	0,04	0,10
<b>3</b>	0,09	0,05	0,10
<b>4</b>	0,07	0,05	0,11
<b>5</b>	0,07	0,04	0,11
<b>6</b>	0,06	0,04	0,10
<b>7</b>	0,06	0,02	0,10
<b>8</b>	0,11	0,05	0,11
<b>9</b>	0,09	0,05	0,11
<b>10</b>	<b>0,13</b>	0,06	0,11

### III. 2. 5. Резултати от определяне на допустимата СКГ на мястото на кораба в момента на поворота и очакваната вероятност за безопасно плаване при използване на данни от РЛС, и от ECDIS:

Допустимата СКГ на определеното място на кораба в момента на поворота при плаване по фарватер се определя по формула (3.14):

$$M\delta \leq \frac{(0,5,0,5)}{1,8} = 0,14 \text{ nm} = 259,28 \text{ m}$$

Очакваната СКГ в момента на поворота се получава по формула (3.15):

$$M_{рлс} = \sqrt{(0,13)^2 + 0,5 \cdot 0,8^2 \cdot 0,2^2} = 0,17 \text{ nm} = 314,84 \text{ m}$$

$$M_{gps} = \sqrt{(0,06)^2 + 0,5 \cdot 0,8^2 \cdot 0,2^2} = 0,13 \text{ nm} = 240,76 \text{ m}$$

от тук се вижда, че:

- При плаване по фарватер и ОМК с помощта на РЛС, зададената вероятност за безопасно плаване не се осигурява, предвид получените резултати:  $M_{рлс} > M\delta$ ;
- При плаване по фарватер и ОМК с помощта на СНС, зададената вероятност за безопасно плаване се осигурява, предвид получените резултати:  $M_{gps} < M\delta$

За получаване на очакваната вероятност „P“ за безопасно плаване при ОМК с помощта на ECDIS и РЛС, се използва формула (3.16):

$$R_{\text{рлс}} = \frac{0,5 \cdot 0,5}{0,17} = 1,45 \Rightarrow P = 0,877$$

За получаване на очакваната вероятност „P“ за безопасно плаване при ОМК с помощта на ECDIS и СНС, се използва формула (3.17):

$$R_{\text{gps}} = \frac{0,5 \cdot 0,5}{0,13} = 1,92 \Rightarrow P = 0,975$$

От направените изчисления ясно се вижда, че очакваната вероятност за безопасно плаване при ОМК с помощта на СНС е по – висока от очакваната вероятност за безопасно плаване при ОМК с помощта на РЛС.

### **III. 3. Експериментална постановка за оценка точността на счислимото място на кораба, при плаване в крайбрежен район. Влияние на оценката върху безопасността на прехода и ефективността на използване на ECDIS**

#### **III. 3. 1. Резултати от определянето на СКГ на ОМК по счисление**

По формули (4.1) и (4.2) се определя СКГ на счислението  $M_c(t)$  за различните интервали от време през които е определяно мястото на кораба:

- $M_{c(t)} = 0.12$ , за интервали на водене на счислението, равни на 15 минути
- $M_{c(t)} = 1.01$ , за интервали на водене на счислението, равни на 2 часа и 12 минути

Въз основа на изложеното до тук, по формула (4.13) се оценява точността  $M_c$  на всяко едно получено счислимо място на кораба, както следва:

**ТАБЛИЦА III.21 – ЗА ОМК ПО СЧИСЛЕНИЕ ПРЕЗ 15 МИНУТИ**

<b>Mc1</b>	<b>Mc2</b>	<b>Mc3</b>	<b>Mc4</b>	<b>Mc5</b>	<b>Mc6</b>	<b>Mc7</b>
0.26	0.26	0.27	0.26	0.27	0.27	0.27

**ТАБЛИЦА III.22 – ЗА ОМК ПО СЧИСЛЕНИЕ ПРЕЗ 2 ЧАСА И 12 МИНУТИ**

<b>Mc1</b>	<b>Mc2</b>	<b>Mc3</b>	<b>Mc4</b>	<b>Mc5</b>
1.04	1.04	1.04	1.04	1.04

#### **III. 3. 2. Анализ на получените резултати в следствие на водене на кораба по счисление**

Анализа на невязките и коригирането на пътя на кораба при определяне мястото му по счисление и с помощта на КРЛС се извършва по методиката описана в т. II.4.3.

#### **III. 3. 3. Изводи на база извършения анализ на невязките:**

- По-добра ефективност на даден преход от гледна точка на изминато от кораба разстояние и време за реализиране на прехода се осигурява при по-малка стойност на невязките, а именно тогава, когато счислението на кораба се води през по – малки интервали от време, тъй като в този случай кораба се колебае по – малко

около линията на планирания курс и изминатото от него действително разстояние е по-близко до планираното такова.

- От анализа на невязките (Приложение 14, Таблица 1) се вижда, че при ОМК по счисление за интервали от време равни на 15 минути, то  $C_1 < M_1$  за всеки един конкретен случай, от където следва, че разминаването между обсервованото и счислимото място на кораба има случаен характер, като силите на сноса в конкретния случай влияят слабо;
- От анализа на невязките (Приложение 14, Таблица 2) се вижда, че при ОМК по счисление за интервали от време равни на 2 часа и 12 минути, то  $M_1 < C_1 < M_2$  за всеки един конкретен случай, от където следва, че разминаването между обсервованото и счислимото място на кораба се влияе повече от силите на сноса, а не толкова от грешките в предходната и дадената обсервации;
- Обсервациите получени за всяко едно място на кораба с помощта на КРЛС са по-целесъобразни в сравнение с ОМК получено по счисление и нанесено на електронната карта, независимо от големината на интервалите от време през които се води счислението, предвид това, че  $M_0 < 1/3 M_c$  (Приложение 14, Таблица 1 и 2);
- Ефективността на реализиране на даден преход от гледна точка на изминато от кораба разстояние и време за реализиране на прехода е толкова по – голяма, колкото величината  $C_b$  е по-малка (Приложение 14, Таблица 1 и 2), предвид това, че в този случай, кораба ще се отклонява по – малко от планирания курс;
- От изложеното в т. III.3.3 и резултатите описани в Приложение 14, ясно се вижда, че воденето на кораба по електронна карта и ОМК по счисление е значително по – неефективно в сравнение със съвместното използване на ECDIS с КРЛС или ECDIS със СНС.

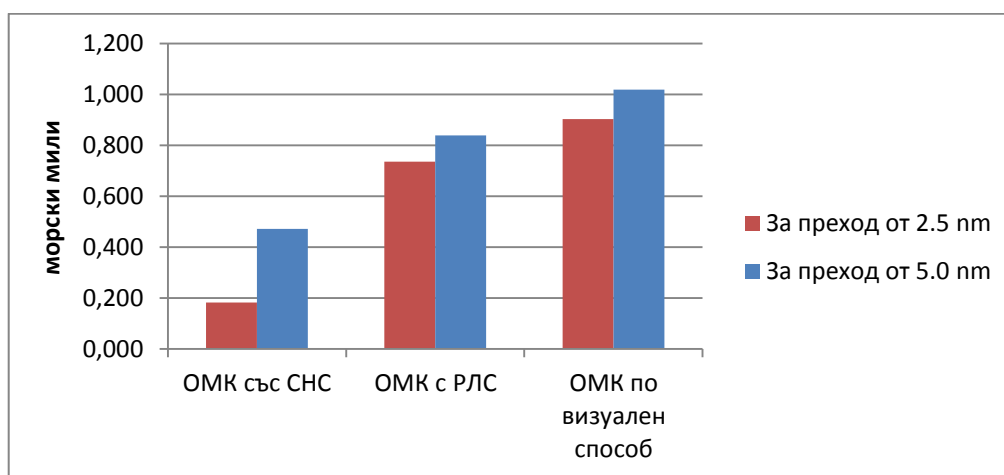
### **III. 4. Експериментална постановка за оценка ефективността на извършване на даден преход при ОМК с помощта на визуални способности, РЛС и спътникова навигационна система**

#### **III. 4. 4. Изследване на точността на разсейване на определената позиция на кораба в зависимост от средствата и начините за ОМК, и от условията на прехода:**

##### **III. 4. 4. 6. Анализи и изводи на база резултатите получени в т. III. 4. 4. 1 до т. III. 4. 4. 5:**

- При правилно планиране, един маршрут за даден кораб е толкова по-безопасен, колкото кораба се намира по-близко до линията на курса, от където произхождат и последващите разсъждения;
- Честотата на ОМК оказва влияние върху точността на следване линията на курса, т.е. колкото по-често за определена дължина на пътя на кораба се определя мястото му, толкова по-малки колебания около линията на курса ще прави той и толкова по-близко ще бъде кораба до начертаната на картата линия.
- Данните изобразени на Фиг. III.13, показват, че разсейването в позицията на кораба е най-малко, тогава, когато ECDIS се използва съвместно със СНС за ОМК, като два

основни аспекта, са съществени: първият касае влиянието на човешкия фактор, т.е. колко време му трябва на помощник капитана да прецени обстановката и определи мястото на кораба по визуален способ, и с помощта на КРЛС, и как оценява той безопасността на плаването по линията на курса, и до каква степен допуска отклонение от нея, предвид опасностите около курса на кораба, и възможността да наблюдава мястото му в реално време, когато електронната карта се използва съвместно със СНС, докато вторият аспект засяга факта, че независимо от дължината на пробегата за който се определя мястото на кораба (2,5 nm и 5,0 nm), разсейването в позицията на плавателния съд при всеки отделен вид ТС използвано за ОМК е приблизително еднакво, и не е реципрочно на дължината на прехода;

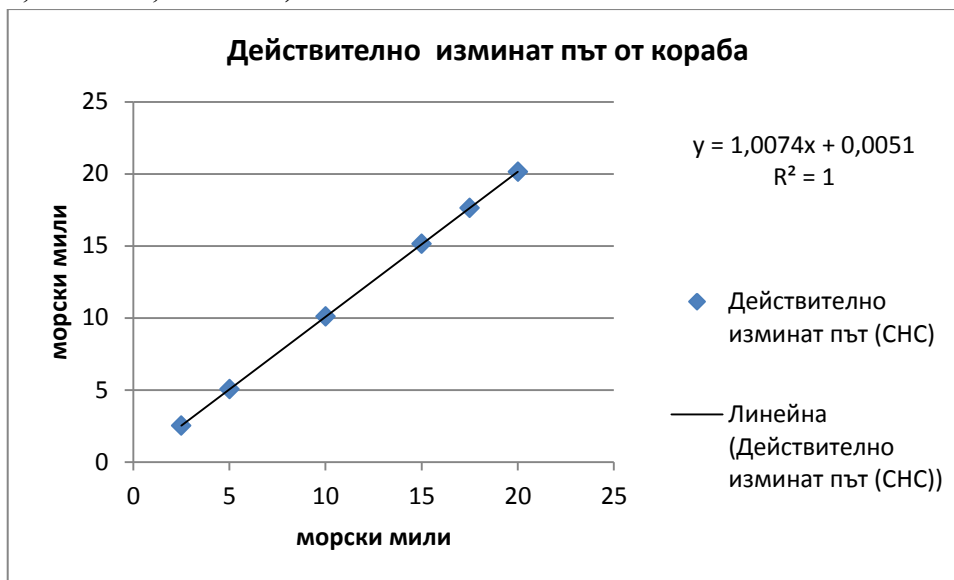


Фиг. III.13 – Сравнителна диаграма на определеното място на кораба с използване на различни технически средства и методи

- От направените изчисления, свързани със закона за нормалното разпределение се вижда, че коефициента на вариация “V%” е с много голяма стойност, което означава, че извадката е нееднородна и че разсейването на изследваната величина е много голямо (отклонение на позицията на кораба напречно от линията на курса), от което следва, че извеждане на математическа зависимост за оценка на позицията на кораба спрямо линията на курса е практически невъзможно.

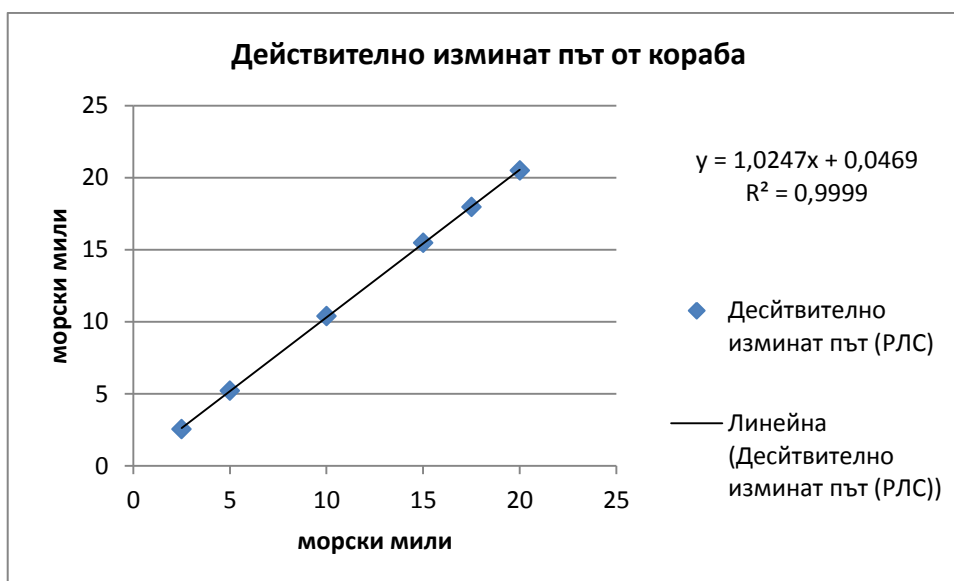
**III. 4. 5. Резултати от изследване на удължаването на траекторията в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда**

**III. 4. 5. 2. Резултати от общото изследване на удължаването на пътя на кораба при ОМК с помощта на СНС (φ, λ), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение, т. III.4.2):**



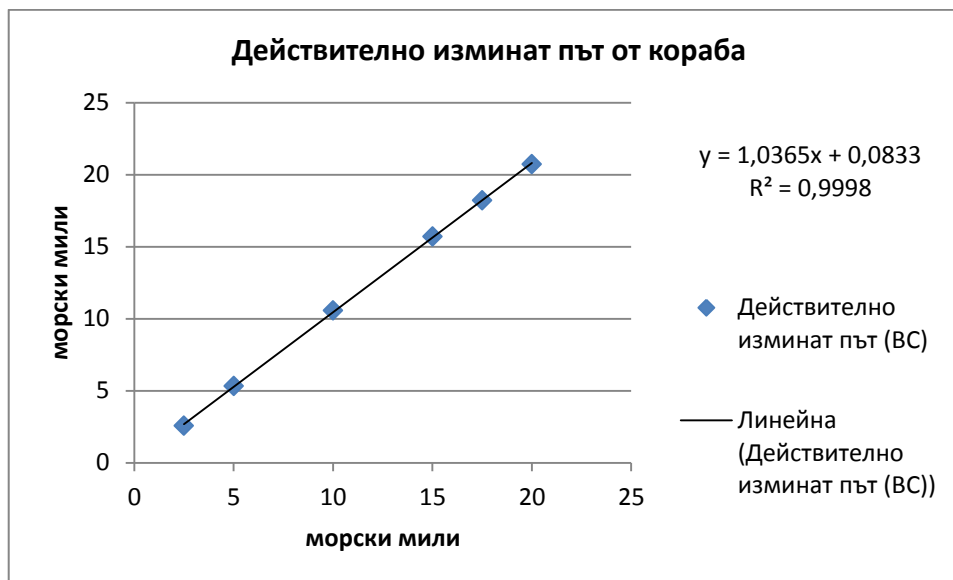
Фиг. III.15 – Действително изминат път от кораба, при различни условия на плаване (вятър, течение, вълнение) и ОМК с помощта на СНС

**III. 4. 5. 3. Резултати от общото изследване на удължаването на пътя на кораба при ОМК с помощта на РЛС (пеленг и разстояние до брегови ориентир), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение, т. III.4.2):**



Фиг. III.16 – Действително изминат път от кораба, при различни условия на плаване (вятър, течение, вълнение) и ОМК с помощта на РЛС

**Ш. 4. 5. 4. Резултати от общото изследване на удължаването на пътя на кораба при ОМК по визуален способ (пеленг и разстояние до брегови ориентир), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение, т. Ш.4.2):**



Фиг. Ш.17 – Действително изминат път от кораба, при различни условия на плаване (вятър, течение, вълнение) и ОМК по визуален способ

**Ш. 4. 5. 5. Резултати от определяне на ефективността на използването на различни ТС за ОМК при реализиране на даден преход, в зависимост от изминатото от кораба разстояние, при определените условия на прехода:**

Намирането на процентното изражение на ефективността на използването на различни ТС за ОМК, в зависимост от изминатото от кораба действително разстояние, се извършва по методиката, описана в т. П.5.3.3, като се приема, че условията на плаване са идентични с тези на база на които са изведени уравненията по – горе:

1. Определяне на изминатото от кораба действително разстояние и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS съвместно със СНС за ОМК, по формули (5.4) и (6.2):

$$S_r = 865 \text{ nm}$$

$$S_s = 1.0074 * S_r + 0.0051 = 1.0074 * 865 + 0.0051 = 871.4 \text{ nm}$$

$$E = \frac{S_r}{S_s} * 100 = \frac{865}{871.4} * 100 = 0.9926 * 100 = 99.26 \%$$

2. Определяне на изминатото от кораба действително разстояние и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS съвместно с РЛС за ОМК, по формули (5.4) и (6.3):

$$S_r = 865 \text{ nm}$$

$$S_s = 1.0247 * S_r + 0.0051 = 1.0247 * 865 + 0.0469 = 886.4 \text{ nm}$$

$$E = \frac{S_r}{S_s} * 100 = \frac{865}{886.4} * 100 = 0.9758 * 100 = 97.58 \%$$

3. Определяне на изминатото от кораба действително разстояние и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS при ОМК по визуални способи, с използване на формули (5.4) и (6.4):

$$S_r = 865 \text{ nm}$$

$$S_s = 1.0365 * S_r + 0.0833 = 1.0365 * 865 + 0.0833 = 896.6 \text{ nm}$$

$$E = \frac{S_r}{S_s} * 100 = \frac{865}{896.6} * 100 = 0.9647 * 100 = 96.47 \%$$

#### **III. 4. 5. 6. Анализи и изводи на база резултатите получени в т. III. 4. 5. 1 до т. III. 4. 5. 5:**

- Направените изчисления, свързани със закона за нормалното разпределение показват, че коефициента на вариация “V%” е със стойност не по-голяма от 12%, което означава, че извадката е еднородна и че разсейването на изследваната величина е много малко, от където следва, че е възможно извеждане на математическа зависимост за оценка на действително изминатото от кораба разстояние, като функция от описаните по – горе условия;

- Изведената функция, изразяваща зависимостта на изминатото от кораба разстояние в действителност, от начините и способите за ОМК, при описаните по – горе условия на прехода, е линейна от вида:  $y = ax + b$ , което означава, че увеличаването на разстоянието, изминато от кораба в действителност, спрямо това определено в плана на прехода става с постоянна скорост, предвид условията при които се извършва плаването;

- Изминатото от кораба действително разстояние до голяма степен зависи от това колко често се определя мястото на кораба и колко бързо ще реагира помощник капитана на отклонението от курса (предвид опита и създадените навици, което е строго индивидуално за всеки един човек и е константна величина), за да успее да върне бързо плавателния съд обратно на линията на пътя, което от своя страна ще приближи действително изминатото разстояние до планираното такова;

- От големината на скоростта на плавателния съд зависи, колко допълнително разстояние ще измине кораба между две обсервации при наличие на отклонение от курса или колкото скоростта е по-висока, толкова повече допълнително разстояние изминава кораба;

- Предвид резултатите получени в т. III.4.5.5, може да се направи сравнение относно ефективността на използване на различни ТС за ОМК на база изминатото от кораба действително разстояние, при едни и същи условия на прехода:

$$E (\text{СНС}) = 99.26 \%$$

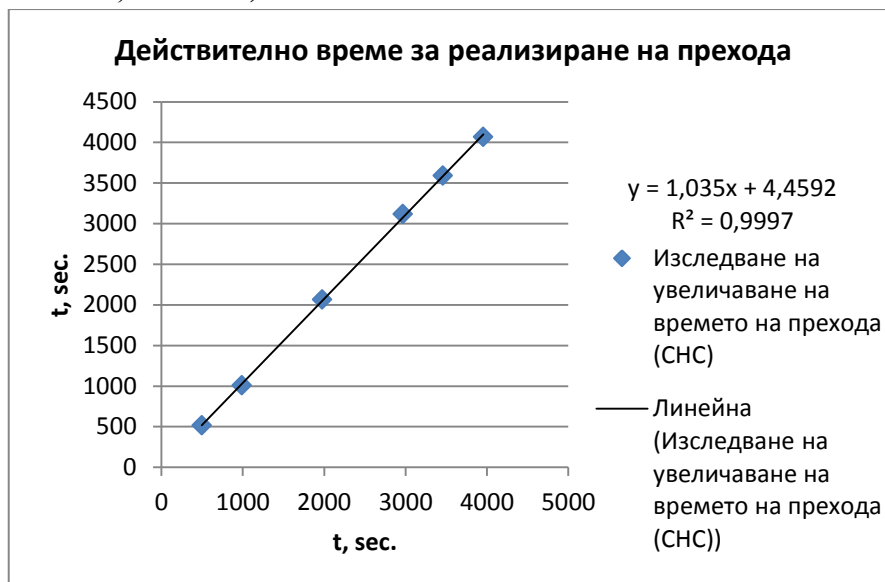
$$E (\text{РЛС}) = 97.58 \%$$

$$E (\text{ВС}) = 96.47 \%,$$

от което сравнение се вижда, че използването на ECDIS, съвместно със СНС е с най-висока ефективност, която е с 1,68% по-висока от използването на ОМК с помощта на РЛС и с 2,79 % по-висока от ОМК по визуален способ за преход с дължина  $S = 865 \text{ nm}$ , съгласно изготвения план за прехода.

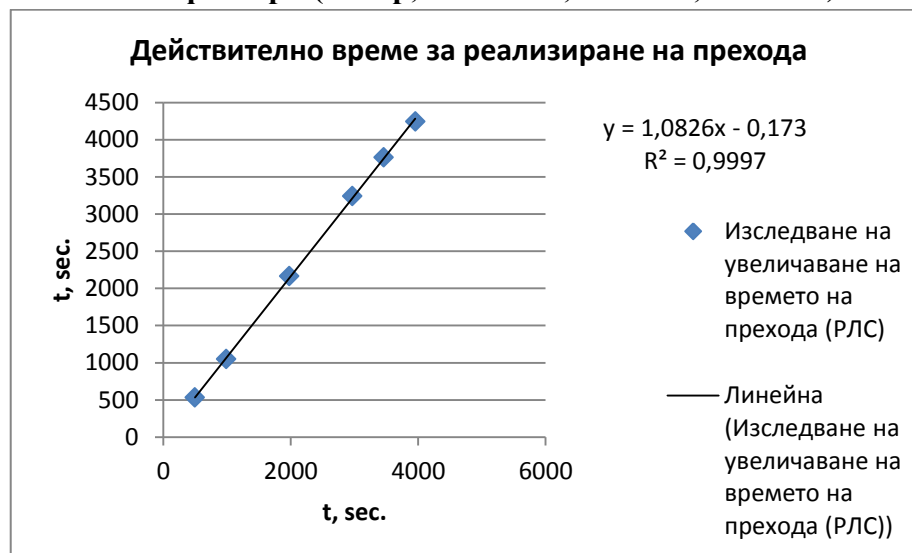
**III. 4. 6. Резултати от изследване на промяната във времето, необходимо за реализиране на даден преход, в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда:**

**III. 4. 6. 3. Резултати от общото изследване на промяна на времето за прехода, при ОМК с помощта на СНС (φ, λ), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение, т. III.4.2):**



Фиг. III.19 – Действително изминат път от кораба, при различни условия на плаване (вятър, течение, вълнение) и ОМК с помощта на СНС

**III. 4. 6. 4. Резултати от общо изследване на промяна на времето за прехода, при ОМК с помощта на РЛС (пеленг и разстояние до брегови ориентир), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение, т. III.4.2):**



Фиг. III.20 – Действително изминат път от кораба, при различни условия на плаване (вятър, течение, вълнение) и ОМК с помощта на РЛС



**III. 4. 6. 5. Резултати от общо изследване на промяна на времето за прехода при ОМК по визуален способ (пеленг и разстояние до брегови ориентир), при влияние на различни външни фактори (вятър, вълнение, течение, т. III.4.2):**



Фиг. III.21 – Действително изминат път от кораба, при различни условия на плаване (вятър, течение, вълнение) и ОМК по визуален способ

**III. 4. 6. 6. Изчисляване на ефективността от използването на различни ТС за ОМК при реализиране на даден преход, в зависимост от времето необходимо за реализиране на прехода, при определените условия:**

Предвид получените по-горе резултати, процентното изражение на ефективността на използването на различни ТС за ОМК, в зависимост от времето, необходимо на кораба да извърши даден преход, се пресмята по описаната методика в т.П.5.4.3, като се приема, че условията на плаване са идентични с тези на база на които са изведени уравненията по – горе:

1. Определяне на времето необходимо на кораба да извърши даден преход и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS съвместно със СНС за ОМК, по формули (5.5) и (6.6):

$T_r = 171099 \text{ sec} = 47 \text{ h } 31 \text{ min } 39 \text{ sec}$  за преход с дължина,  $S_r = 865 \text{ nm}$  и средна скорост на кораба,  $\vec{V} = 18,2 \text{ kts}$

$$T_s = 1.035 \cdot T_r + 4.4592 = 1.035 \cdot 171099 + 4.4592 = 177092 \text{ sec}$$

$$E = \frac{T_r}{T_s} \cdot 100 = \frac{171099}{177092} \cdot 100 = 0.9661 \cdot 100 = 96.61 \%$$

2. Определяне на времето необходимо на кораба да извърши даден преход и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS съвместно с РЛС за ОМК, по формули (5.5) и (6.7):

$T_r = 171099 \text{ sec} = 47 \text{ h } 31 \text{ min } 39 \text{ sec}$  за преход с дължина,  $S_r = 865 \text{ nm}$  и средна скорост на кораба,  $\vec{V} = 18,2 \text{ kts}$

$$T_s = 1.0826 \cdot T_r - 0.173 = 1.0826 \cdot 171099 - 0.173 = 185232 \text{ sec}$$

$$E = \frac{T_r}{T_s} \cdot 100 = \frac{171099}{185232} \cdot 100 = 0.9237 \cdot 100 = 92.37 \%$$

3. Определяне на времето необходимо на кораба да извърши даден преход и оценка на ефективността (E) на използване на ECDIS при ОМК по визуални способности, с помощта на формули (5.5) и (6.8):

$T_r = 171099 \text{ sec} = 47 \text{ h } 31 \text{ min } 39 \text{ sec}$  за преход с дължина,  $S_r = 865 \text{ nm}$  и средна скорост на кораба,  $\vec{V} = 18,2 \text{ kts}$

$T_s = 1.1282 \cdot T_r + 25.658 = 1.1282 \cdot 171099 + 25.658 = 193059 \text{ sec}$

$E = \frac{T_r}{T_s} \cdot 100 = \frac{171099}{193059} \cdot 100 = 0.8862 \cdot 100 = 88.62 \%$

#### **Ш. 4. 6. 7. Анализи и изводи на база резултатите получени в т. Ш. 4. 6. 1 до т. Ш. 4. 6. 6:**

- Направените изчисления, свързани със закона за нормалното разпределение показват, че коефициента на вариация “V%” е със стойност не по-голяма от 12%, което означава, че извадката е еднородна и че разсейването на изследваната величина е много малко, от където следва, че е възможно извеждане на математическа зависимост за оценка на времето, необходимо на кораба за изминаване на дадено разстояние, като функция от описаните по – горе условия на прехода;

- Изведената функция, изразяваща зависимостта на действителното време, необходимо на кораба за изминаване на дадено разстояние от начините, и способите за ОМК при описаните по – горе условия на прехода е линейна функция от вида:  $y = ax + b$ , което означава, че удължаването на времето, необходимо на кораба да измине дадено разстояние спрямо базовото такова (определено в зависимост от средната скорост на кораба и разстоянието посочено в плана за прехода), става с постоянна скорост, предвид условията при които се извършва плаването;

- Необходимото на кораба време за изминаване на дадено разстояние до голяма степен зависи от това, колко често се определя мястото на кораба и колко бързо ще реагира помощник капитана на отклонението от курса (предвид опита и създадените навици, което е строго индивидуално за всеки един човек и е константна величина), за да успее да върне бързо плавателния съд обратно на линията на курса, като колкото по-бързо плавателния съд се върне на линията на курса, толкова и времето за реализиране на прехода ще бъде по-близо до планираното такова;

- От големината на скоростта на плавателния съд зависи колко допълнително време е необходимо на кораба да измине разстоянието между две обсервовани точки, като колкото скоростта на кораба е по-ниска, толкова повече се увеличава времето за реализиране на целия преход и обратно;

- Предвид резултатите получени в т. Ш.4.6.6, може да се направи сравнение относно ефективността на използване на различни ТС за ОМК на база времето, необходимо на кораба да измине дадено разстояние, при едни и същи действащи фактори по време на извършване на прехода:

E (СНС) = 96.61 %

E (РЛС) = 92.37 %

E (BC) = 88.62 %,

от което сравнение се вижда, че използването на ECDIS, съвместно със СНС е с най-висока ефективност, която е с 4,24% по-висока от използването на ОМК с помощта на РЛС и

с 7,99 % по-висока от ОМК по визуален способ за преход с дължина,  $S = 865 \text{ nm}$ , съгласно изготвения план за прехода и средна скорост на кораба,  $\bar{V} = 18,2 \text{ kts}$ .

## ГЛАВА IV

### **Методически указания към корабоводителите за използване на ECDIS (Electronic Chart Display and Information Systems) при плаване в условия, подобни на разглежданите. Насоки за практическа реализация на получените резултати**

#### **IV. 1. Основни положения**

- Точността на мястото на кораба получено в момента на спускане на котвата при данни снети от електронната карта и ОМК с помощта на СНС е много близка и е от същия порядък, като точността на мястото на кораба, получено при измерване на навигационни параметри по визуални способи, снети от ориентири, намиращи се на брега, около кораба, което практически доказва в конкретния случай достоверността на определения радиус на котвената стоянка за осигуряване необходимата безопасност на плавателния съд, изчислен по данни от ECDIS, в сравнение с използването на други методи;
- При преминаване през теснина или канал, очакваната вероятност за безопасно плаване на кораба за разгледания случай, получена по данни снети от ECDIS и ОМК с помощта на СНС е с почти 10% по-висока от същата получена по данни снети с КРЛС, което еднозначно показва, че при плаване в такива райони е по-добре помощник капитана да разчита повече на системата за електронна навигация, като източник на актуална информация за заобикалящата кораба среда, отколкото на КРЛС;
- Намирането на кораба по-близко до планирания курс при водене на счисление през малки интервали от време (до 15 минути) е по-вероятно, отколкото при водене на счисление за ОМК през по-големи такива (2 ч. и 12 мин.), от където следва, че осигуряването на безопасността на даден преход е по-висока при водене на кораба по счисление за малки интервали от време. Аналитично бе доказано също, че воденето на кораба по електронна карта и ОМК по – счисление е значително по – неефективно, от гледна точка на осигуряване на безопасността на кораба, големината на изминатото от кораба разстояние за дадения преход и времето, необходимо за това, в сравнение със съвместното използване на ECDIS с КРЛС или ECDIS със СНС;
- Разсейването в позицията на мястото на кораба до голяма степен зависи от условията в които плава той, от опита на вахтения помощник-капитан и от характеристиките на кораба, извършващ прехода. Честотата на ОМК оказва влияние върху точността на следване линията на курса, т.е. колкото по-често за определена дължина на пътя на кораба се определя мястото му, толкова по-малки колебания около линията на курса ще прави той и толкова по-близо ще бъде мястото му до начертания на картата курс, като разсейването в позицията на кораба е най-малко, тогава, когато ECDIS се използва съвместно със СНС за ОМК;

- Удължаването на изминатата от кораба траектория при реализиране на даден преход при определени условия (хидрометеорологични, състояние на кораба, скорост и т.н) и използване на ECDIS съвместно със СНС за ОМК е по-малко от това при извършване на същия преход и ОМК на кораба по визуален способ, или с помощта на КРЛС, от където следва, че и разходите необходими за осъществяване на прехода са по – малко (ГСМ, храна, вода, провизии и т.н.);
- Увеличаването на времето, необходимо на кораб да измине даден път при реализиране на конкретен преход при определени условия (хидрометеорологични, състояние на кораба, скорост и т.н) и използване на ECDIS съвместно със СНС за ОМК е по-малко от това при извършване на същия преход и ОМК на кораба по визуален способ, или с помощта на КРЛС, от където следва, че и разходите необходими за осъществяване на прехода са по – малко (ГСМ, храна, вода, провизии и т.н.).

## **IV. 2. Разработени насоки за практическа реализация на получените резултати**

### **1. При заставане на кораба на котва**

#### **1.1 *Методически указания към корабоводителите за използване на ECDIS при заставане на котва***

### **2. При плаване на кораба в теснина или канал**

#### **2.1 *Методически указания към корабоводителите за използване на ECDIS при плаване на кораба в теснина или канал***

### **3. При плаване по счисление с използване на ECDIS**

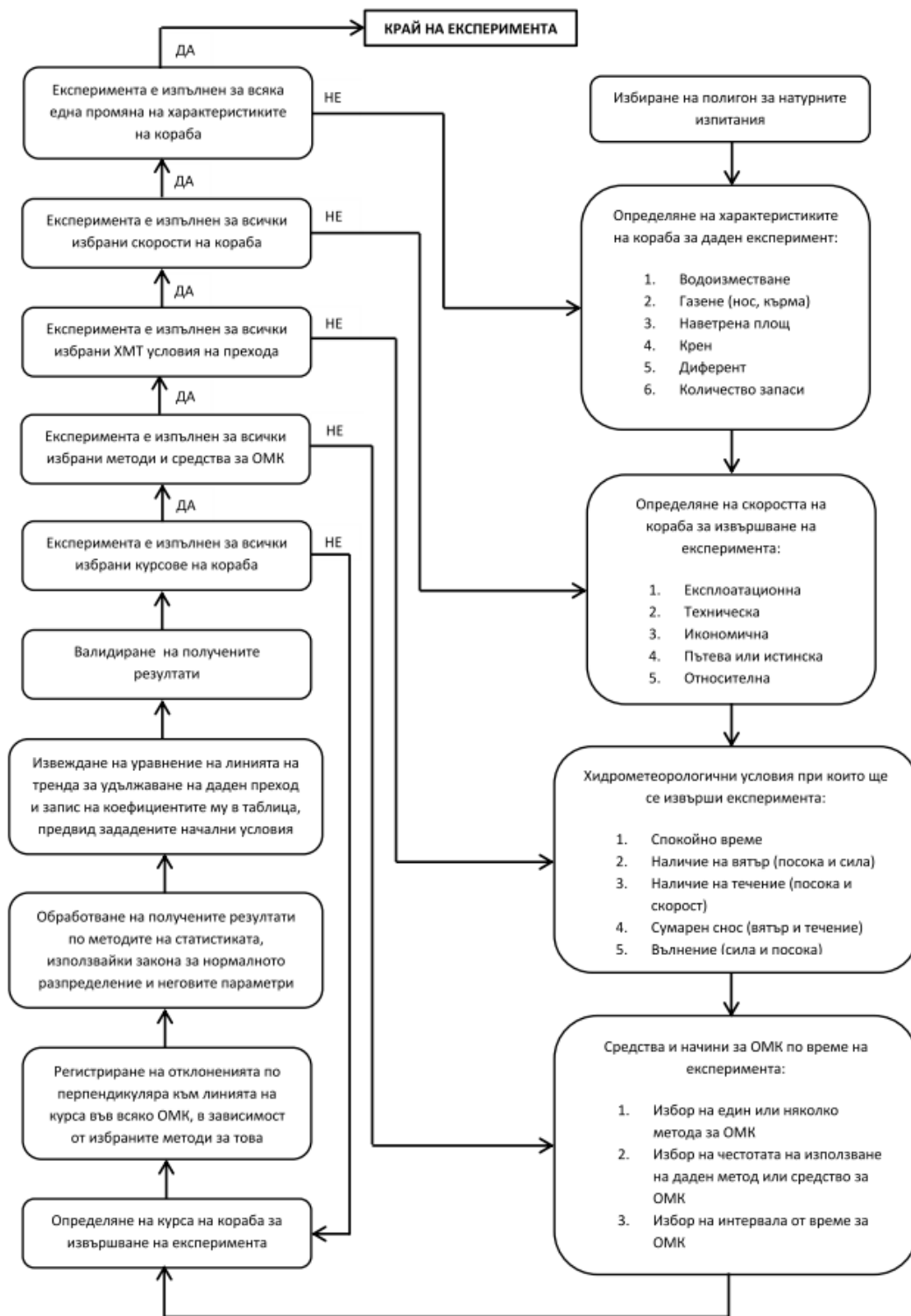
### **4. Разсейване в позицията на мястото на кораба**

#### **4.1 *Методически указания към корабоводителите за използване на ECDIS при извършване на даден преход***

### **5. Уравнение определящо удължаването на траекторията на плаване на кораба при определени условия, в зависимост от използваното средство за ОМК**

### **6. Алгоритъм за извеждане на уравненията, определящи удължаването на траекторията на плаване на кораба при определени условия, в зависимост от използваното средство за ОМК:**

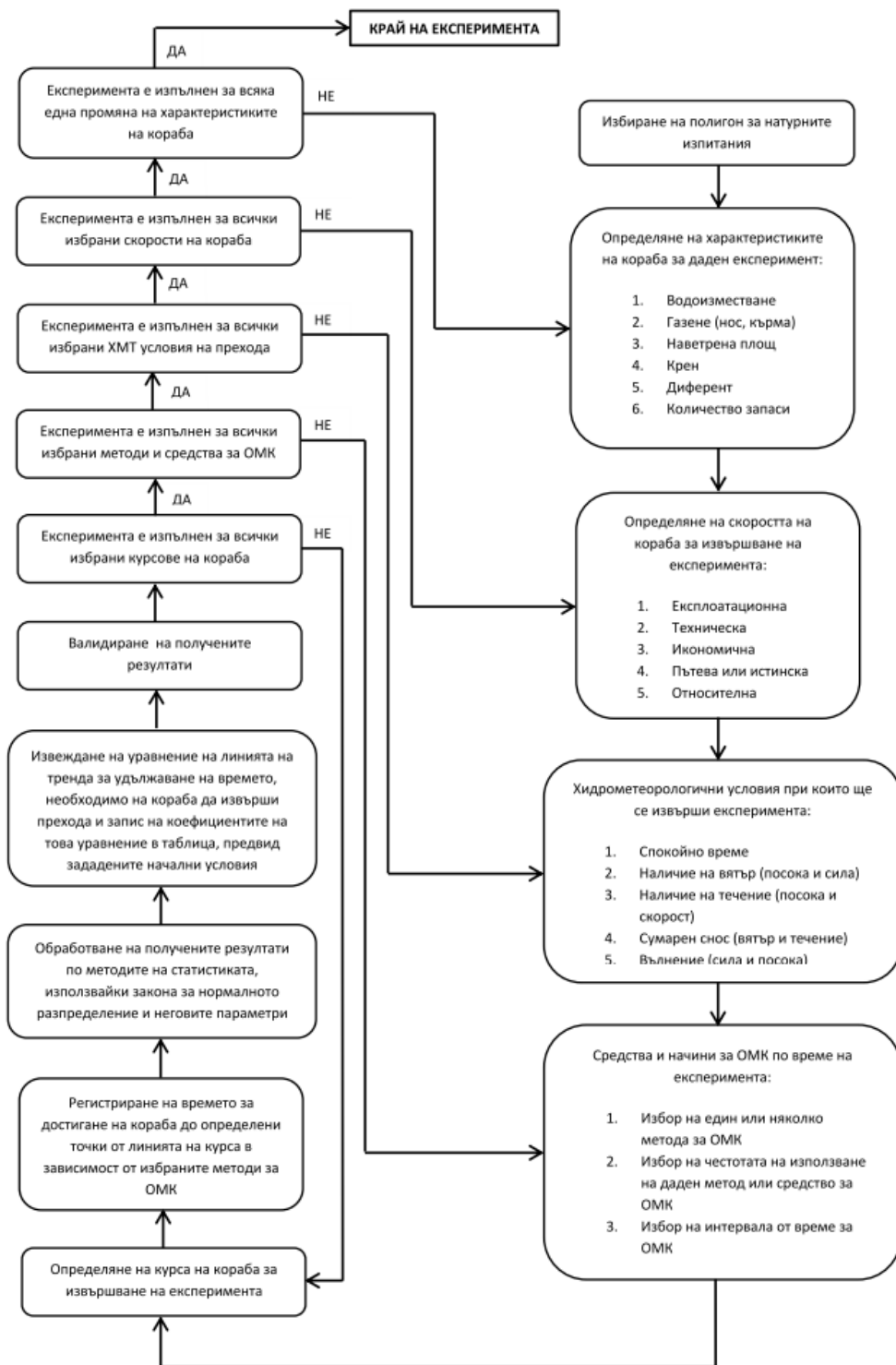
**Алгоритъм 1** – Определяне удължаването на траекторията на даден преход в зависимост от характеристиките на кораба, условията на плаване и методите, и средствата за ОМК



**7. Уравнение определящо увеличаване времето, необходимо на кораба да измине даден път при определени условия, в зависимост от използваното средство за ОМК**

**8. Алгоритъм за извеждане на уравненията, определящи увеличаването на времето, необходимо на кораба за реализиране на даден преход при определени условия, в зависимост от използваното средство за ОМК:**

**Алгоритъм 2** – Определяне удължаването на времето, необходимо на кораба да извърши даден преход в зависимост от характеристиките на кораба, условията на плаване и методите, и средствата за ОМК



### **IV. 3. Заключение**

Корабоводенето в наши дни следва съвременното развитие на компютърните технологии с цел задоволяване нуждите на морския бизнес, като едновременно с това поставя високи изисквания към квалификацията на персонала, обслужващ системите за електронна навигация, предвид това, че не малко са случаите на морски инциденти породени именно от ниско квалифициран и слабо обучен персонал. Наличието на конзола за електронна навигация на борда на кораба, улеснява корабоводителя при вземане на решения свързани, както със следене местоположението на кораба, така и в случаи на прекомерно сближаване на същия с други плавателни съдове.

Инсталирането на конзоли на ECDIS на борда на съвременните кораби, недвусмислено улеснява работата на вахтените и навигационни офицери, но едновременно с това не освобождава последните от отговорността им да се грижат за сигурността на плавателния съд, екипажа и товара.

Въз основа на направените експерименти и разсъждения, с помощта на математически зависимости и статистическа обработка на данните, в настоящата дисертация, за конкретни случаи бе доказано, че при правилната им експлоатация, системите за електронна навигация осигуряват необходимата за мореплаването безопасност при водене на кораба, като бе показано дори, че при използване на електронна карта и ОМК с помощта на СНС, икономическите показатели, свързани с реализирането на даден преход при определени условия на плаване, са значително по-добри от случаите при водене на кораба с КРЛС и по визуални способности при същите тези условия.

Методите за извеждане на уравненията за пресмятане удължаването на траекторията и увеличаването на времето за реализиране на даден от кораба преход, в зависимост от средствата и начините използвани за ОМК, могат да се използват за създаване на бази данни, които да се включат в състава на ECDIS или друга автоматизирана навигационна система с цел предоставяне на по – точна информация на корабоводителя относно реализирането на прехода и на корабостроителя относно експлоатационното време на проектираните от него, и инсталирани на борда на кораба машини и съоръжения.

### **ПРИНОСИ:**

#### **Научно - приложни приноси**

1. В ситуация на заставане на кораба на котва, бе доказано, че радиуса на котвената стоянка, определен по данни от електронната карта при ОМК със СНС е по – близък до действителния такъв, в сравнение с този определен по данни от КРЛС, като за целта се използва информация от картната система, като цяло (място на кораба, разположение на бреговите ориентири върху електронната карта, разположение на навигационните знаци върху електронната карта), а не само информация от отделни нейни сегменти (GPS);
2. При плаване в теснина, бе доказано, че очакваната вероятност за безопасно плаване на кораба в акваторията на теснината по данни получени от електронната карта при ОМК със СНС е по – голяма, от тази получена по данни от КРЛС, като за целта се използва информация от картната система, като цяло (място на кораба, разположение на бреговите ориентири върху електронната карта, разположение на

навигационните знаци върху електронната карта), а не само информация от отделни нейни сегменти (GPS);

3. Доказано е, че разсейването в позицията на мястото на кораба при воденето му с електронна карта и ОМК с помощта на СНС е значително по – малко, в сравнение със случаите при водене на плавателния съд с КРЛС и по визуален способ, за едни и същи условия на плаване;
4. Доказано е, че воденето на кораба по електронна карта и ОМК по – счисление е значително по – неефективно от гледна точка осигуряване на безопасността на прехода и размера на разходите за същия, в сравнение със случаите при съвместното използване на ECDIS с КРЛС или ECDIS със СНС.
5. Изведени са уравнения за пресмятане удължаването на траекторията на изминатия от кораба път в зависимост от използваните средства и методи за ОМК при определени условия на прехода, в следствие на които се установи, че при плаване с помощта на електронна карта и ОМК със СНС, изминатото от плавателния съд разстояние е по-късо в сравнение със случаите, когато ОМК се определя по визуален способ или с помощта на КРЛС при едни и същи условия на плаване;
6. Изведените са уравнения за пресмятане увеличаването на времето, необходимо на кораба да измине определен път, в зависимост от използваните средства и методи за ОМК при определени условия на прехода, в следствие на които се установи, че при плаване с помощта на електронна карта и ОМК със СНС, необходимото време на плавателния съд да измине дадено разстояние е по - малко в сравнение със случаите, когато ОМК се определя по визуален способ или с помощта на КРЛС, при едни и същи условия на плаване.

#### **Приложни приноси**

1. Създадена е методика за извеждане на линейни уравнения, с помощта на които да се изчисли разстоянието, което кораба би изминал в действителност, в зависимост от използваните методи и средства за ОМК, натоварването му, неговата скорост и газене, както и в зависимост от хидрометеорологичните условия на прехода, като същата може да се използва при натурни изпитания на плавателния съд, за да се създадат таблици с коефициенти на тези линейни уравнения или графики за същите, които да послужат на помощник-капитаните при фактическото водене на кораба – Алгоритъм No 1.
2. Създадена е методика за извеждане на линейни уравнения, с помощта на които да се изчисли действителното време, за което кораба би изминал даден път, в зависимост от използваните методи и средства за ОМК, натоварването му, неговата скорост и газене, както и в зависимост от хидрометеорологичните условия на прехода, като същата може да се използва при натурни изпитания на плавателния съд, за да се създадат таблици с коефициенти на тези линейни уравнения или графики за същите, които да послужат на помощник-капитаните при фактическото водене на кораба – Алгоритъм No 2.
3. Разработени са методически указания в полза на корабоводителите, относно използване на ECDIS в условия близки до тези на проведените експерименти: заставане на котва, плаване в теснини и канали, плаване по счисление, плаване в различни хидрометеорологични условия.



4. Разработени са методики, с помощта на които в даден район и в определени условия на плаване, да може да се провери функционалността в навигационно отношение на всяка една електронна карта, в сравнение с кореспондиращата ѝ хартиена такава. Случаите за които са предложими споменатите методики са същите, като тези в условията на които са проведени експериментите, описани в дисертацията, а именно: заставане на кораба на котва, плаване в теснини и канали, плаване по числение.

#### **ПУБЛИКАЦИИ ПО ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД:**

1. ПРОБЛЕМИ ПРИ ИЗПОЛЗВАНЕ НА ВЕКТОРНИ ЕЛЕКТРОННИ КАРТИ (ECDIS) В КОРАБОВОДЕНЕТО И НАСОКИ ЗА ОПТИМИЗИРАНЕ НА РАБОТАТА С ТЯХ, В СЪОТВЕТСТВИЕ С ПОСЛЕДНИТЕ ИЗИСКВАНИЯ НА КОНВЕНЦИЯТА STCW'95, И. Иванов, Volume IV, Number 2, 2014, Nautical & Environmental studies, XXIV Международна конференция на Съюза на учените в гр. Стара Загора, 5-6 Юни 2014;
2. ОЦЕНКА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ИЗПОЛЗВАНЕ НА СИСТЕМИТЕ ЗА ЕЛЕКТРОННА НАВИГАЦИЯ (ECDIS) САМОСТОЯТЕЛНО И СЪВМЕСТНО С РАДИОЛОКАЦИОННА СТАНЦИЯ (РЛС), И. Иванов, ISSN 1314-3379, pp 107-116, Международна конференция на Съюза на учените в гр. Варна „Науката в служба на обществото“, 30 Октомври 2014;
3. СЪВМЕСТНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ECDIS (ELECTRONIC CHART DISPLAY AND INFORMATION SYSTEM), РЛС (РАДИОЛОКАЦИОННА СТАНЦИЯ) И СНС (СПЪТНИКОВА НАВИГАЦИОННА СИСТЕМА) ЗА ОЦЕНКА ТОЧНОСТТА НА МЯСТОТО НА КОРАБА ПРИ ЗАСТАВАНЕ НА КОТВА. ФАКТОРИ ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ БЕЗОПАСНОСТТА НА КОТВЕНАТА СТОЯНКА, доц. д-р инж. А. Крушев, И. Иванов, Volume V, Number 2, 2015, Nautical & Environmental studies, XXV Международна конференция на Съюза на учените в гр. Стара Загора, 5-6 Юни 2015;
4. СЪВМЕСТНО ИЗПОЛЗВАНЕ НА ECDIS (ELECTRONIC CHART DISPLAY AND INFORMATION SYSTEM), РЛС (РАДИОЛОКАЦИОННА СТАНЦИЯ) И СНС (СПЪТНИКОВА НАВИГАЦИОННА СИСТЕМА) ЗА ОЦЕНКА ТОЧНОСТТА НА МЯСТОТО НА КОРАБА ПРИ ПЛАВАНЕ ПО ФАРВАТЕР. ФАКТОРИ ВЛИЯЕЩИ ВЪРХУ БЕЗОПАСНОСТТА НА ПРЕХОДА, доц. д-р инж. А. Крушев, И. Иванов, Volume V, Number 2, 2015, Nautical & Environmental studies, XXV Международна конференция на Съюза на учените в гр. Стара Загора, 5-6 Юни 2015;
5. ПРЕДИСМСТВА И НЕДОСТАТЪЦИ ОТ ЗАДЪЛЖИТЕЛНОТО ВЪВЕЖДАНЕ НА СИСТЕМИТЕ ЗА ЕЛЕКТРОННА НАВИГАЦИЯ НА БОРДА НА СЪВРЕМЕННИТЕ КОРАБИ И ОТРАЖЕНИЕТО ИМ ВЪРХУ КОНВЕНЦИОНАЛНИТЕ МЕТОДИ ЗА КОРАБОВОДЕНЕ, И. Иванов, ISSN 1314-3379, pp 79-88, Международна конференция на Съюза на учените в гр. Варна „Науката в служба на обществото“, 30 Октомври 2015;

**ДЕКЛАРАЦИЯ  
ЗА ОРИГИНАЛНОСТ И ДОСТОВЕРНОСТ**

от  
инж. Ивайло Янков Иванов

Във връзка с провеждането на процедура за защита на дисертация за придобиване на образователна и научна степен „доктор”, декларирам следното:

Дисертацията ми на тема: „ОЦЕНКА ЕФЕКТИВНОСТТА НА ИЗПОЛЗВАНЕ НА ECDIS, САМОСТОЯТЕЛНО И СЪВМЕСТНО С РАДИОЛОКАЦИОННА, И СПЪТНИКОВА НАВИГАЦИОННА СИСТЕМИ, ЗА ОСИГУРЯВАНЕ БЕЗОПАСНОСТТА НА ПЛАВАНЕТО ПРИ ОСОБЕНИ ОБСТОЯТЕЛСТВА“ е оригинален авторски труд.

21.01.2017 г.

Декларатор:

/ инж. И. Иванов/

**ABSTRACT**

TOPIC OF THE DISSERTATION:

“VALUATION OF THE EFFICENCY OF USE OF ECDIS, INDEPENDANTLY AND IN COOPERATION WITH SHIP’S RADAR STATION AND GLOBAL POSITIONING SYSTEM TO ENSURE SAFE NAVIGATION UNDER SPECIFIC CONDITIONS”

In accordance with regulation V/19.2.10 of SOLAS (International Convention for Safety Of Life At Sea), the ECDIS consoles have to be installed on board the all ocean going vessels, depending on their type, dimentions and year of build, the deadline of the implementation of that rule is 01 July 2018. As a result of the mentioned, the following questions arise: what is the level of trust and reliance on that electronic equipment; the methods of its connection to the other technical devices for navigation, installed on the bridge of the vessel; if the level of education of the operators is good enough and if they are skilful enough to fix problems at sea, in case of failure of the navigational electronic system’s components; is it possible, the normal operation of the system to be resumed during a voyage, without help from the shore, etc.

All the matters, discussed in the dissertation, refer to the accuracy of the displayed ship’s position on the electronic chart, during voyages in different conditions of sailing in order safe navigation to be provided and also what is the contribution of ECDIS, an effective voyage to be performed.

In order to achieve the ultimate aim of this science work, the following tasks were solved:

**Task 1.** Calculations of the accuracy of the ship's position, when information from ECDIS, Ship's Radar Station and GPS Receiver is used, analyses of the results about the impact of the accuracy on the safety of navigation in the following situations: anchorage, sailing in canal or narrows, navigation on fairway;

**Task 2.** Calculations of the accuracy of the calculated ship's position, when the voyage is fulfilled close to the shore and the real position of the vessel is defined with the help of Ship's Radar Station, analyses of the results about the impact of the accuracy on the safety of navigation in the certain situation;

**Task 3.** Calculations and analyses about the influence of the frequency of definition of the ship's position, when information from different technical devices is used, in different conditions of sailing, when a certain voyage is performed and how this affects the economical indicators, important for the efficiency of that voyage, such as distance covered by the vessel and the necessary time for this.

In result of the performed experiments, it was proved that ECDIS consoles can be used as a main tool for marine navigation and OOW can be more confident when operate with them. The received equations for calculation of the actual distance, which will be covered by the vessel and actual time required for this, when the vessel sails in different weather conditions and depending on the methods and tools, used for definition of the ship's position, can be used for calculation of the additional distance, which the vessel have to cover and the additional necessary time for this, in comparison with the time and the distance, when ship sails in calm weather and under non-specific circumstances, as a result, the additional expenses for the certain voyages can be predicted.

Based on the received results in the dissertation, instructions and methodological guidelines about the use of ECDIS were created, in help of the sailors, when the vessel sails in conditions, close to this of the performed experiments.

## **РЕЗЮМЕ НА РУССКОМ ЯЗЫКЕ**

### **ДИССЕРТАЦИЯ НА ТЕМУ:**

**“ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭКНИС, ИНДИВИДУАЛЬНО ИЛИ СОВМЕСТНО С КОРАБЕЛЬНЫХ РАДАРОВ И СИСТЕМ СПУТНИКОВОЙ НАВИГАЦИИ ДЛЯ ОБЕСПЕЧЕНИЯ БЕЗОПАСНОСТИ СУДОХОДСТВА В ОСОБЫХ ОБСТОЯТЕЛЬСТВАХ”**

Согласно требованию, изложенному в правиле V/19.2.10 Международной конвенции по безопасности на море (SOLAS), системы электронной навигации должны быть поэтапно внедрены на борт всех транспортных судов, предназначенных для международных плаваний в зависимости от их типа, размера и года конструирования, при этом крайний срок для этого - 01 Июля 2018 г., вследствие чего основательно возникает ряд вопросов: в какой степени нам следует доверять установленному на борту оборудованию электронной навигации; как оно интегрировано с остальными техническими средствами судовождения; адекватно ли е обучение для работы с ним, и какова степень готовности к реакции и преодолению в случае отказа компонентов системы; допустимо ли восстановление работы консолей собственными силами и средствами во время перехода, без вмешательства специалистов с берега и др.

Проблемы, затронутые в диссертационном труде, касаются точности изображенного на электронной карте места судна в различных условиях плавания, для обеспечения его безопасности, а также и в какой степени консоли электронной навигации способствуют эффективному выполнению определенного перехода.

Для достижения конечной цели диссертации, решены следующие задачи:

**Задача 1.** Расчет точности ОМС (Определение Места Судна) в разных ситуациях при совместном использовании консоли ЕКНИС, радиолокационной станции (РЛС) и спутниковой навигационной системы (СНС), изготовление анализа в отношении того, каким образом эта точность влияет на безопасность судна в конкретном случае, а именно: постановка на якорь, плавание судна по фарватеру в канале или в узкости.

**Задача 2.** Расчет точности СМС (Счисляемое Место Судна) при плавании в прибрежном районе и определение действительного места судна при помощи СРЛС (Судовой Радиолокационной Станции), изготовление анализа в отношении того, каким образом эта точность влияет на безопасность судна в конкретном случае.

**Задача 3.** Произведение расчетов и анализов в отношении влияния частоты ОМС при помощи различных технических средств судовождения в различных условиях плавания на осуществление определенного перехода, и демонстрация, каким образом это отражается на экономических показателях, важных для эффективной реализации определенного перехода, а именно пройденное судном расстояние и необходимое время для этого.

В результате проведенных экспериментов и полученных результатов, подтверждается применимость консолей электронной навигации, в качестве основного средства для вождения судна, вследствие чего вахтенные офицеры могут чувствовать себя более уверенными при работе с ЕКНИС. Выведенные уравнения для расчета действительного пути, который пройдет судно, и реально необходимого времени для этого в различных гидрометеорологических условиях, в зависимости от средств и методов, использованных для ОМС, могут использоваться для определения дополнительного расстояния, которое проплавает судно, а также и дополнительно необходимого времени для этого, по сравнению с путем и временем в нормальных условиях плавания, и таким образом предвидеть необходимые дополнительные расходы на определенный переход. На базе полученных результатов изготовлены направления и методические указания по использованию ЕКНИС в условиях, близких к условиям проведенных экспериментов.

# СЪДЪРЖАНИЕ

ХАРАКТЕРИСТИКА НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	Стр. 3
СЪДЪРЖАНИЕ НА ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.....	Стр. 7
УВОД.....	Стр. 7
ГЛАВА I: Проблеми свързани с използването на векторни електронни карти (ECDIS) на борда на съвременните кораби и насоки за оптимизиране на работата с електронното оборудване, инсталирано на мостика.....	Стр. 8
I.1 Проблеми, произтичащи от използването на ECDIS.....	Стр. 8
I.2 Някои инциденти довели до катастрофални за корабите последствия в следствие на неправилното или некомпетентно използване на конзолите за електронна навигация, инсталирани на борда на съвременните кораби.....	Стр. 13
I.5 Цел на дисертацията .....	Стр. 14
I.6 Основни задачи, предмет на настоящата дисертация.....	Стр. 14
I.7 Обзор на съществуващите методи, средства, и похвати, с помощта на които се определя оценката на ефективността на използване на ECDIS за описаните в т.1.6 ситуации .....	Стр. 14
ГЛАВА II: Анализ на основни елементи, съставни за даден преход и съществени за безопасността на кораба, и ефективността на прехода, планиран и реализиран с помощта на конзолата за електронна навигация, при плаване в особени обстоятелства. Методика за оценка ефективността на използване на ECDIS на база извършените анализи.....	Стр. 15
II. 1. Фактори, оказващи влияние върху безопасността на кораба и ефективността на реализиране на даден преход.....	Стр. 15
II. 2. Оценка точността на ОМК в момента на заставане на кораба на котва при съвместно използване на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС) и спътникова навигационна система (СНС), и влиянието на тази точност върху определяне радиуса на котвената стоянка .....	Стр. 14
II. 3. Оценка точността на ОМК при плаване на кораба по фарватер и съвместно използване на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС), и спътникова навигационна система (СНС).	

Влияние на оценената точност върху безопасността на прехода и ефективността от използването на ECDIS ..... Стр. 17

II. 4. Оценка точността на счислимото място на кораба, при плаване в крайбрежен район. Влияние на оценката върху безопасността на прехода и ефективността на използване на ECDIS ..... Стр. 20

II. 5. 1. Определяне ефективността на използване на ECDIS, като резултат от оценка ефективността на извършване на даден преход при определяне мястото на кораба с помощта на визуални способи, радиолокационна станция и спътникова навигационна система ..... Стр. 24

II. 5. 2. Изследване на точността на разсейване на определената позиция на кораба в зависимост от средствата и начините за ОМК, и от условията на прехода ..... Стр. 25

II. 5. 3. Изследване на удължаването на траекторията в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда ..... Стр. 25

II. 5. 4. Изследване на промяната във времето, необходимо за реализиране на даден преход в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда ..... Стр. 25

ГЛАВА III: Експериментален модел на постановките за оценка ефективността на използване на ECDIS самостоятелно и съвместно с корабната радиолокационна станция, и спътниковата навигационна система ..... Стр. 29

III. 1. 1. Оценка на точността на ОМК в момента на спускане на котвата, при снемане на навигационните параметри с помощта на РЛС ..... Стр. 29

III. 1. 2. Оценка на точността на ОМК в момента на спускане на котвата, при снемане на навигационните параметри с помощта на ECDIS и приемника на GPS сигнал ..... Стр. 29

III. 1. 3. Оценка на точността на ОМК в момента на спускане на котвата, при измерване на навигационните параметри по визуален способ и нанасянето им върху електронната карта ..... Стр. 29

III. 1. 5. Оценка на ефективността на използване на различни ТС за ОМК при заставане на кораба на котва ..... Стр. 31

III. 2. Експериментална постановка за оценка точността на ОМК при плаване на кораба по фарватер и съвместно използване на ECDIS, радиолокационна станция (РЛС), и спътникова

навигационна система (СНС). Влияние на оценената точност върху безопасността на прехода и ефективността от използването на ECDIS .....	Стр. 32
III. 3. Експериментална постановка за оценка точността на счислимото място на кораба, при плаване в крайбрежен район. Влияние на оценката върху безопасността на прехода и ефективността на използване на ECDIS .....	Стр. 34
III. 4. Експериментална постановка за оценка ефективността на извършване на даден преход при ОМК с помощта на визуални способности, РЛС и спътникова навигационна система .....	Стр. 35
III. 4. 4. Изследване на точността на разсейване на определената позиция на кораба в зависимост от средствата и начините за ОМК, и от условията на прехода .....	Стр. 35
III. 4. 5. Резултати от изследване на удължаването на траекторията в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда .....	Стр. 37
III. 4. 6. Резултати от изследване на промяната във времето, необходимо за реализиране на даден преход, в следствие на начина за определяне на мястото на кораба и условията на прехода. Извеждане на уравнение на линията на тренда .....	Стр. 40
ГЛАВА IV: Методически указания към корабоводителите за използване на ECDIS (Electronic Chart Display and Information Systems) при плаване в условия, подобни на разглежданите. Насоки за практическа реализация на получените резултати.....	Стр. 43
IV. 1. Основни положения .....	Стр. 43
IV. 2. Насоки за практическа реализация на получените резултати .....	Стр. 44
IV. 3. Заключение .....	Стр. 47
Приноси .....	Стр. 47
Публикации .....	Стр. 49