

Міністерство науки і освіти України
Національний університет «Одеська морська академія»
(НУ «ОМА»)

Кваліфікаційна наукова
робота на правах рукопису

Соколенко Василь Інокентійович

УДК 656.61.052

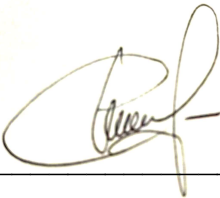
ДИСЕРТАЦІЯ

**ВДОСКОНАЛЕННЯ МЕТОДІВ ПЛАНУВАННЯ ШЛЯХУ І
УПРАВЛІННЯ СУДНОМ В СТИСЛИХ ВОДАХ**

Спеціальність 05.22.13 – навігація та управління рухом

Подається на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело



Соколенко В.І.

Науковий керівник к.т.н., доцент Ворохобін І.І.

Одеса – 2019

АНОТАЦІЯ

Соколенко В.І. Вдосконалення методів планування шляху і управління судном в стислих водах. – Кваліфікаційна наукова робота на правах рукопису. Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.22.13 – навігація та управління рухом. Національний університет «Одеська морська академія», Одеса, 2019. 214 с.

Виконаний аналіз і уточнення термінологічних понять розділу науки, предметом досліджень яких є безпека судноплавства, дозволив виділити стислі води основним регіоном, в якому відбуваються аварії та аварійні події. Здійснені огляд і аналіз літературних джерел по навігаційній безпеці судноплавства в умовах обмеженого водного простору. Результати аналізу показали, що вдосконалення методів судноводіння в умовах обмеженого простору, вимагає розвитку специфічних методів планування і організації управління по траєкторії руху, що стало основними напрямками дисертаційного дослідження.

Безпека маневрування в розглянутих випадках не достатня через відсутність декларативної інформації про маневрені характеристики судна, як об'єкта управління, даних про поточну навігаційну обстановку, які повинні надходити від навігаційних пристроїв, призначених для контролю над процесом руху.

Визначено, що створення нових методів планування і навігаційних пристроїв інформаційного забезпечення руху судна сприяють необхідній точності і швидкодії системи управління.

Об'єктом дослідження є процес руху судна в стислих водах, а предметом дослідження є методи високоточного планування шляху судна і управління рухом по ньому.

Методологічне забезпечення дисертаційного дослідження виконано шляхом структуризації процесу його виконання на складові частини, сукупність яких утворює технологічну карту. При розробці технологічної карти наукового дослідження використано системний підхід, в якому для вирішення

основного завдання здійснено його розбиття на допоміжні завдання, результати вирішення яких, використовуються при синтезі системи планування і управління рухом в умовах обмеженого простору.

Метою дослідження є підвищення безпеки руху суден в обмежених водах за рахунок вирішення головного завдання по розробці високоточних методів планування шляху судна і оперативного контролю його руху. Для вирішення головного завдання вона розділена на три незалежних допоміжних: вибір безпечного режиму руху в небезпечних районах стислих вод; розробка високоточних методів планування шляху ТТ для забезпечення переходу; розробка інверсного способу сценарного планування і управління морськими операціями для навігаційних цілей.

Запропонована наукова гіпотеза про можливість організації безпечного процесу управління судном в обмежених водах за рахунок високоточних методів планування оптимального шляху, автоматизацію процесу розрахунку параметрів руху для оперативного контролю поточного місця. Показано, що отримані результати є результатом рішення незалежних допоміжних завдань. Крім того сформульовано наукове положення згідно з яким безпека руху суден в небезпечних районах стислих вод забезпечується використанням високоточних методів планування заданих координат, контролю відхилення поточного місця від планового шляху за допомогою автоматичного пристрою і інформаційного забезпечення контролю зближення з іншими суднами або навігаційними небезпеками.

Методикою вирішення поставлених завдань є укрупнений алгоритм реалізації виконаних досліджень. Він включає розробку способів вирішення навігаційних завдань, розробку змістовних і формалізованих моделей та виконання імітаційного моделювання.

У двох розділах дисертації, які складають основну частину, розглянуто теоретичні основи вибору режиму руху та планування шляху, які враховують маневрені властивості судна і його динаміку.

Наведено логічне обґрунтування терміну «небезпечні райони обмежених

вод» і виконаний аналіз особливостей плавання в таких районах.

Особливості вибору режиму руху описані п'ятьма моделями руху судна: розрахунок безпечної швидкості по дальності впевненого виявлення нерухомої небезпеки; розрахунок безпечної швидкості по дальності впевненого виявлення рухомого об'єкта; описано рух на каналах і фарватерах; розроблено спосіб перерахунку координат антени на ЦВ; розроблено спосіб попередження посадки судна на мілину.

Методика розрахунку швидкості заснована на порівнянні відстані до нерухомої небезпеки $D_{об}$ від центра ваги власного судна, в момент, коли вона виявлена, з характеристиками гальмування та обліком часу, необхідного для прийняття рішення по маневруванню і його виконання.

Методика розрахунку швидкості при рухомій небезпеці заснована на використанні інформації про параметри руху за даними АІС та обліку крім власних даних, також відомостей про маневрені характеристики рухомого об'єкту і оцінки відстані до нього.

Отримана формалізована модель оцінки максимального кута ризику судна в каналі за геометричними їх розмірами і погодних умов. Для перевірки змістовних і формалізованих моделей руху судна в каналі було виконано імітаційне моделювання. Виконання повороту проводилося при русі судна довжиною до 250 м, шириною до 35 м на тренажері фірми «Транзас Марін» NTC PRO 4000 в районі Руської коси, який розташований на 8-мому і 9-му коліннях БДЛК. Виконані дослідження підтвердили коректність розрахункових методів визначення параметрів руху.

Вперше запропоновано спосіб попередження посадки судна на мілину і розроблено алгоритм моделі його реалізації. Він заснований на використанні системи шляхових точок і отриманих на її основі сукупності матриць траєкторних точок прямолінійних і криволінійних ділянок шляху. При цьому автоматично виконуються розрахунки бічного відхилення поточного місця щодо заданих координат і порівняння його з допустимим значенням, яке задає судноводій. Допустиме значення зміщення рекомендується призначати по

величині радіальної СКП визначення місця судна, постійної часу затримки повороту і величиною зони нестійкості діаграми керованості, з урахуванням швидкості ходу.

На підставі системного аналізу морських пригод встановлено причину - наслідковий зв'язок загроз інформаційній безпеці на водних шляхах і способів навігаційного планування переходу. Вперше проведений синтез високоточної системи планування заданого шляху траєкторними точками і безпечного управління рухом судна в небезпечних районах обмежених вод, лоцманського проведення в портових водах і на підходах до них для формування навігаційного плану переходу судна.

Використовуючи отримані результати з планування шляху траєкторними точками, вперше розроблена методика підготовки суднового плану лоцманської проводки, який, на відміну від лоцманського плану, придатний для навігаційних цілей.

Система управління буде працювати ефективно, якщо оператор буде звертатися в банк предметних знань. При зверненні оператора в нижні рівні ієрархічної структури інформації йому доводиться робити обчислення і формувати знання, що недоцільно, а при дефіциті часу і неможливо. Для вирішення проблеми використання зайнятості робочого часу судноводія удосконалено методику визначення критерію залежності безпомилкового прийняття рішення по маневруванню судна від коефіцієнта завантаження судноводія рішенням навігаційних завдань. Встановлено, що при оптимальному коефіцієнті зайнятості судноводія значення ймовірності безпомилкової його роботи задовольняє вимогам нормативних документів.

У заключному розділі дослідження виконано синтез алгоритмів і розрахункових схем визначення координат ЦТ по положенню супутникової антени. Розроблено алгоритм і блок-схема навігаційного пристрою для перерахунку поправок координат антени на центр ваги судна.

Для досягнення мети дослідження були розроблені алгоритми, розрахункові схеми і комп'ютерні програми високоточного планування

прямолінійних і криволінійних ділянок шляху, вибору безпечного режиму руху та його контролю по заданій траєкторії.

Створено комп'ютерні програми, систему укрупненої схеми прямих зв'язків програми функціональних модулів, макета системи планування переходу і опис їх назви і роботи. Наведено вікна введення даних і графічна схема повороту для зображення ділянки шляху траєкторні точками. Описана блок-схема алгоритму розрахунку характеристик повороткості методом відрізків, вікно введення даних і зображення повороту на карті ТТ. Наведено вікно графічного зображення ділянки шляху при вході в порт Южний.

Розглянуто інструкцію роботи з програмою і наведено контрольний приклад розрахунку, а текст самої програми наведено в додатку В.

В результаті дослідження встановлено, що високоточний розрахунок координат заданого шляху ТТ і використання навігаційних пристроїв, що підвищують точність визначення місця і оперативність контролю бічного відхилення, дозволяє істотно зменшити ризик аварійної навігаційної події в обмежених водах.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в створенні нового способу плануванні шляху траєкторними точками і розробки навігаційного пристрою автоматизованого розрахунку плану переходу по траєкторним точкам, який відрізняється можливістю значного підвищення оперативного контролю місця і управління рухом.

У дисертаційній роботі отримані результати, які мають наукову новизну:

- вперше розроблено формалізовані моделі вибору безпечного режиму руху в стислих умовах;
- вперше розроблено навігаційну систему, що дозволяє автоматизувати процес планування заданого шляху способом траєкторних точок;
- удосконалено інверсний спосіб сценарного планування руху для навігаційних цілей при плаванні в небезпечних районах обмежених вод і при лоцманській проводці;
- удосконалено методику оцінки коефіцієнта зайнятості судноводія

безпомилковим рішенням навігаційних завдань;

- отримала подальший розвиток методика перерахунку координат приймальної супутникової антени на центр ваги;

- отримала подальший розвиток формалізована модель визначення допустимої точності отримання місця при проходженні на фарватері.

Розроблений навігаційний інформаційний - аналітичний комплекс «Планування траєкторії» має практичне значення, так як містить вперше запропоновані високоточні способи і методики створення заданого алгоритму функціонування системи управління судном, і контролю над процесом переміщення по траєкторіях руху, включаючи криволінійні. Він дозволяє автоматизувати як процес планування траєкторії руху по характеристикам поворотності, так і контролювати безпечне маневрування.

Для підвищення безпеки управління на кінцевих ділянках переходу і в небезпечних районах обмежених вод, пропонується додатково до існуючого плану переходу, скласти судновий навігаційний план.

Результати можуть бути використані на судах при автоматичному плануванні переходу і при створенні тренажера для підготовки судноводіїв для виконання високоточного планування траєкторії руху в небезпечних районах обмежених вод. Вони можуть бути впроваджені в морських навчальних закладах при підготовці курсантів старших курсів до роботи на судах, на курсах підвищення кваліфікації та при виконанні теоретичних досліджень.

Результати дослідження впроваджені при виконанні науково-дослідної роботи в Херсонській морській академії № 21П / 17 «Створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден військового та цивільного призначення», яка виконується за рахунок коштів загально фонду державного бюджету (Підстава: Наказ МОН України № 1296 від 31.10.2016 р. «Про затвердження Переліку проєктів фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних (експериментальних) розробок», наказ МОН України № 198 від 10.02.2017 р. «Про обсяги фінансування наукових - дослідних робіт, наукових заходів та інфраструктури у 2017 році за КПКВК

2201040 ", наказ МОН України № 199 від 10.02.2017 р.« Про формування тематичних планів у 2017 році »), в якій автор розробив розрахункові алгоритми і контрольні приклади для перевірки програм (акт впровадження від 25.09.2018 р); приватним вищим навчальним закладом «Інститут післядипломної освіти» «Одеський морський тренажерний центр» для підготовки судноводіїв (акт впровадження від 25.09.2018 р); матеріали дослідження використовуються в навчальному процесі НУ «ОМА» при викладанні дисципліни «Дослідницький практикум» (акт впровадження від 25.09.2018 р).

Ключові слова: безпечна швидкість; криволінійний рух; фарватер і канал; небезпечні райони обмежених вод; високоточне планування шляху траєкторними точками; судновий навігаційний план лоцманської проводки; пристрій підтримки прийняття рішення при маневруванні.

Основні наукові результати дисертаційного дослідження здобувача опубліковані в наступних наукових працях.

Основні наукові результати дисертації.

1. Ворохобин И.И. Выбор режима движения каналом по габаритным размерам судна. / Ворохобин И.И., Соколенко В.И. // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып.18. -Одесса: «ИздатИнформ», 2010. С. 56-63.

Автором розроблено метод оцінки максимального кута рискання, розрахункову схему і контрольний приклад

2. Мальцев А.С. Информационно – аналитический комплекс лоцмана «Поворот»./ Мальцев А.С., Ворохобин И.И., Соколенко В. И., Ищук А.К.. // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып.19 –Одесса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 103 – 113.

Автором розроблена змістовна модель і розрахункова схема та контрольний приклад побудови траєкторії криволінійного руху методом відрізків.

3. Соколенко В.И. Судовой план лоцманской проводки./ Соколенко

В.И. // Судовождение: Сб. научн. Трудов ОНМА. Вып.20. –Одесса: «ИздатИнформ», 2011. – С. 209-220.

4. Соколенко В.И. Планирование заданного пути движения в стесненных условиях траекторными точками и контроль процесса движения./ В.И.Соколенко // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып..21. –Одесса: «ИздатИнформ», 2012. – С. 220-227.

5. **Пат. 57713 Україна, МПК G08G 3/00.** Пристрій для попередження посадки судна на мілину/А.С. Мальцев, І.І. Ворохобін, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія .- № U 2010 09828;заявл. 0608.2010; опубл. 10.03.2011.-Бюл. №5.-4 с.

Автором розроблено алгоритм, розрахункова схема та контрольний приклад для перевірки програм.

6. **Пат. 62155 Україна, МПК G08G 1/123.** Спосіб гарантованої передачі інформації / Г.Б. Вільський, А.С. Мальцев, М.М. Надич, В.В. Голіков, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія і Миколаївський політехнічний інститут. -№ U 2011 02072; заявл. 21.02.2011; опубл. 10.08.2011.-Бюл. №15.-4 с.

Автором розроблено змістовні моделі передачі інформації при маневруванні.

7. **Пат. 78679 Україна, МПК G08G 3/00, B63B 49/00.** Пристрій для інформаційного забезпечення лоцманської проводки морського судна /А.С. Мальцев, І.І. Ворохобін, В.В. Голіков, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія -№ U 2012 11569;заявл. 08.10.2012; опубл. 25.03.2013.-Бюл. №6.-4 с.

Автором визначена змістовна модель методології розробки суднового навігаційного плану під час лоцманського проведення.

8. **Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 68552 Україна.** Комп'ютерна програма «Система високоточного планування шляху переходу морського судна». А. С. Мальцев, А. П. Бень, О.В. Терещенкова, В.І. Соколенко (Україна): Заявник Херсонська державна морська академія. Дата

реєстрації 09.11.2016 року.

Автором розроблено структуру програми, блок – схему алгоритму, розрахункову схему і контрольні приклади., та інструкцію по використанню навігаційного пристрою судновим складом.

9. Vasyliy Sokolenko The system of precision planning marine ship's voyage. NAU, Vol.68, №3(216). -Kiev, 2016. –P.46-53.

10. Мальцев С.Е. The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity. Навигационное устройство пересчета координат спутниковой антенны судна на центр тяжести./ Мальцев С.Е., Мальцев А.С., Соколенко В.И.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 28 –Одесса: «ИздатИнформ», 2018. – С.

Автором удосконалена методика та алгоритм роботи макета навігаційного пристрою для перерахунку координат і розроблено контрольний приклад.

Публікації, які засвідчують апробацію матеріалів дисертації.

11. Соколенко В.И. Оценка допустимого угла рыскания при следовании по каналу/ В.И.Соколенко, И.И.Ворохобин //Николаев. Тезисы доклада научно – технической конференции «Инновации в судостроении и океан технике» - Николаев: НУК, 2010. С. 353-355.

12. Соколенко В.И. Маршрутный график безопасности плавания в стесненных условиях ./В.И. Соколенко// Матеріали науково-технічної конференції «Забезпечення безаварійного плавання суден» 16-17 листопада 2011 р. –Одеса, 2012. с.85-87.с

13. Соколенко В.И. Способ автоматизации планирования заданного пути движения в стесненных условиях траекторными точками. /В.И.Соколенко// Материалы научно технической конференции «Судоходство: перевозки, технические средства, безопасность» 14-15 ноября 2012 г. –Одесса: «ИздатИнформ», 2013. – С.126-129.

14. Соколенко В.И. Система поддержки принятия решения при движении морского судна в стесненных условиях. / В.И.Соколенко // Материалы XX

Международной конференции с автоматического управления, 25-27 сентября 2013 г. – Николаев: НУК, 2013. – С. 256.

15. Соколенко В.И. Тренажер судоводителя «Планирование пути в стесненных условиях»/В.И.Соколенко// Материалы конференции «Морские перевозки и информационные технологии в судоходстве» 18-19 ноября 2014 г. –Одесса: «ИздатИнформ», 2014. – С.182-186.

16. Соколенко В.И. Выбор безопасной скорости по дальности уверенного обнаружения неподвижной опасности. / Соколенко В.И., Мальцев С.Е.// «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація». Матеріали наук.-техн.конф., 16-17 листопада 2017 р. -Одеса, НУ «ОМА» 2018. – С. 209-2012.

17. Мальцев А.С. Инновационные технологии планирования пути и выбора режима движения крупнотоннажного судна в опасных районах стесненных вод./ Мальцев А.С., Соколенко В.И., Мальцев С.Е.// «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (MINTT-2018): матеріали дев'ятої Міжнарод. наук.-практ. конф., 29-31 травня 2018 р. – Херсон: ДМА, 2018. –С. 64-69.

ANNOTATION

Sokolenko V.I. Improvement of methods of planning the way and managing the ship in compressed waters. - Qualifying scientific work on the rights of manuscripts. Dissertation for the degree of a candidate of technical sciences in specialty 05.22.13 - Navigation and traffic management (271 "River and sea transport"). National University "Odessa maritime academy", Odessa, 2018.

The analysis and clarification of the terminological concepts of the science section, the subject of research of which is the safety of navigation, made it possible to identify the cramped waters as the main region in which accidents occur. A review and analysis of literature sources on navigational safety of navigation in cramped conditions has been made. As a result of the analysis it was established that improving the methods of navigation of vessels in cramped conditions requires the

development of specific methods for planning the trajectory of movement and organizing a control system for it, which are the main directions of the dissertation research.

At the same time, the safety of maneuvering in the cases under consideration is not sufficient because of the lack of necessary information on the maneuverability of the ship, as a control object and data on its current state, which must come from navigational devices designed to control the movement process.

It is determined that the creation of new planning methods and navigational devices for information support of the ship's movement ensure the necessary accuracy and speed of the control system.

The object of the study is the process of vessel movement in cramped waters, and the subject of research are methods of high-precision planning of the ship's path and control over it.

Methodological support of the dissertation research is carried out by structuring the process of its implementation into constituent parts, the totality of which forms a technological map. When developing a technological map for scientific research, a systematic approach is used in which the solution of the main problem is divided into auxiliary problems, the results of solving which are used in the synthesis of the planning and traffic control system in cramped conditions.

The purpose of the study is to improve the safety of vessel traffic in cramped waters by solving the main task of developing high-precision ways of planning the ship's way and monitoring its movement in cramped waters. To solve the main problem, it is divided into three independent auxiliary ones: the choice of a safe traffic regime in hazardous areas of cramped waters; the development of high-precision methods for planning the way for information support for the transition; the development of a navigation device for the continuation of decision-making in hazardous areas of cramped waters.

A scientific hypothesis is proposed on the possibility of ensuring the safety of ship control in cramped waters due to highly accurate ways of planning the optimal path, automating the process of calculating the parameters of motion for the

operational control of the current location. It is shown that the results obtained are the result of solving independent auxiliary problems. In addition, the scientific position is formulated according to which the safety of vessel traffic in hazardous areas of cramped waters is ensured by the use of high-precision methods for planning the given coordinates, controlling the deviation of the current location from a given path by means of an automatic device and providing information to control convergence with other vessels or navigational hazards.

The methodology for solving the problems posed is a larger algorithm for the implementation of the studies performed. It includes the development of methods for solving navigation problems, the development of meaningful and formalized models and the implementation of simulation modeling.

In two sections of the dissertation, which form the main part, the theoretical foundations of the choice of the mode of motion and path planning are considered, which take into account the maneuvering properties of the ship and its dynamics.

The logical substantiation of the term "dangerous areas of cramped waters" is given and the analysis of the features of navigation in such areas is made.

The features of the choice of the mode of motion are described by five models of the ship's motion: calculation of the safe speed for the range of confident detection of the fixed hazard; calculation of safe speed for the range of confident detection of a mobile object; describes the movement of the vessel on rectilinear sections of the track; the movement on the canals and fairways is described: a method has been developed to prevent the ship landing on the strand.

The method of calculating the speed is based on comparing the distance to the fixed hazard D_{det} from the center of gravity of the own ship, at the time it is detected, with the braking characteristics and the time taken to make the decision to maneuver and perform it.

The method of calculating the speed for moving danger is based on the use of information on the parameters of motion according to AIS data and taking into account the own and maneuvering characteristics of the target and estimating the distance to the mobile danger.

Based on the analysis of yawing of the vessel, on straight sections of the fairway, a formalized model for estimating the allowable width maneuvering bias, taking into account the requirements of the IMO for the error in determining the location.

A formalized model is obtained for estimating the maximum yaw angle of a vessel in a channel by geometric dimensions and weather conditions. To verify meaningful and formalized models of vessel traffic in the channel, simulation was performed. The turn was made when the ship was traveling up to 250 m in length and 45 m in width on the simulator of the Transas Marine company NTC PRO 4000 in the area of the Russian spit, which is located on the 8th and 9th bends of the BDLK.

The performed studies confirmed the correctness of the calculation methods for determining the motion parameters.

For the first time, a method for preventing landing of a vessel on a strand is proposed and an algorithm for its implementation is developed. It is based on the use of the system of waypoints and the set of matrices of trajectory points of rectilinear and curvilinear sections of the path developed on its basis. At the same time, calculations of the lateral deviation of the current position with respect to the specified coordinates are automatically performed and compared with the allowable value set by the navigator. The permissible offset value is recommended to be assigned by the radial MSE value of the ship's position determination, the delay time constant of the turn and the magnitude of the instability zone of the controllability diagram, taking into account the speed of the course.

Based on the system analysis of marine incidents, a causal relationship has been established between threats to information security on waterways and ways of navigating the transition. For the first time, a synthesis of a high-precision system for planning a given path by trajectory points and safe control of ship movement in hazardous areas of cramped waters, port waters and approaches to them has been performed to form a navigation plan for the ship's transition.

Using the obtained results for planning the way by trajectory points, for the first time a method of preparing a pilot plan for pilotage was developed, which, unlike the

pilot plan, is suitable for navigational purposes.

The management system will work effectively if the operator will contact the bank of subject knowledge. When the operator turns to the lower levels of the hierarchical structure of information, he has to make calculations and form knowledge, which is inappropriate, and if time is short, it is impossible. To solve the problem of using employment time of the master, the methodology for determining the criterion for the error-free decision-making for maneuvering the vessel from the load factor of the master by solving navigational problems has been improved. It has been established that, with the optimal rate of employment of the master, the probability of error-free operation satisfies requirements of IMO regulations.

In the final section of the study, a synthesis of algorithms and calculation schemes for determining the coordinates of the centre of gravity from station based on the position of the satellite antenna was performed. An algorithm is developed and a block diagram of the navigation device for recalculating the corrections of the antenna coordinates to the center of gravity of the vessel.

To achieve the research goal, algorithms, calculation schemes and computer programs for high-precision planning rectilinear and curvilinear sections of the track, the choice of a safe mode of motion and control of movement along a given trajectory. A layout of the navigation device for planning the transition from the pilot landing point to the receiving point in the port of arrival has been created.

It contains a description of the enlarged scheme of direct links of the program of functional modules, the layout of the transition planning system and a description of their name and work. Data entry windows and a graphical rotation scheme and an image of the path section by trajectory points are provided. A block diagram of the algorithm, for calculating the rotational characteristics of the segment method, a data entry window, and a map rotation image on the map by the trajectory points are described. The graphical image window of the path section is shown.

The instruction for working with the program is considered and a control calculation example is given, and the text of the program is given in Appendix B.

As a result of the research it was established that a high-precision calculation of

the coordinates of the given path by trajectory points and the use of navigation devices that increase the accuracy of locating and the effectiveness of the lateral deviation control significantly reduces the risk of an emergency navigation incident in cramped waters.

The scientific novelty of the results is the creation of a new way to plan the path by trajectory points and create a navigation device for automatic calculation of the waypoints transition plan, which is distinguished by the possibility of a significant increase in operational control of the site and traffic control.

In the dissertation work results are obtained that have scientific novelty:

- for the first time, a navigation device has been developed that makes it possible to automate the process of planning a given path in the way of trajectory points;
- for the first time, a method was proposed for creating a ship navigation plan for navigation in hazardous areas of cramped waters and pilotage;
- further developed the method of calculating safe speed for the range of reliable detection of stationary or moving objects and maneuvering properties of the vessel;
- the technique of recalculating the coordinates of the receiving satellite dish by the center of gravity has been further developed;
- improved methodology for estimating the coefficient of employment of the navigator with an unmistakable solution to navigational problems;
- model for determining the permissible accuracy of obtaining a place and estimating the time constant of the vessel while following the fairway has been obtained.

The developed navigation information and analysis system "Path Planning" is of practical importance, since it contains for the first time the proposed high-precision methods and techniques for creating a given algorithm for the operation of the ship's control system, and control over the motion traversal along the trajectories, including curvilinear ones. It allows you to automate both the process of planning the trajectory of motion by the characteristics of the swivel, and to control the safe maneuvering.

To improve the safety of management in the final sections of the transition and in hazardous areas of cramped waters, it is proposed in addition to the existing

transition plan, to compile a ship navigation plan.

The results can be used on ships with automatic transition planning and when creating a simulator for the training of masters to perform high-precision planning of the trajectory in hazardous areas of cramped waters. They can be introduced in maritime training institutions in the preparation of cadets for senior courses to work on ships, on courses of advanced training and in the performance of theoretical studies.

The results of the research were introduced during the research work at the Kherson Maritime Academy No. 21P / 17 "Creation of high-precision intelligent systems for controlling the movement of military and civilian vessels", which is executed at the expense of the general fund of the state budget (Reason: Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 1296 October 31, 2016 "On Approval of the List of Projects of Fundamental and Applied Research and Scientific and Technical (Experimental) Development", Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 198 dated February 10, 2017 "On the Amounts of Financing auctions - research works, scientific events and infrastructure in 2017 for CPCS 2201040, "Order of the Ministry of Education and Science of Ukraine No. 199 dated January 10, 2017" On the Formation of Thematic Plans in 2017 "), in which the author developed the calculation algorithms and control samples for verification Programs (implementation act dated September 25, 2018); private institution of higher education "Institute of Postgraduate Education" "Odessa Sea Training Center" for the training of navigators (implementation act dated September 25, 2018); Materials of the research are used in the educational process of OU "OMA" during the teaching of the discipline "Research Workshop" (implementation act dated September 25, 2018).

Key words: safe speed; curvilinear motion; fairway and canal; dangerous areas of cramped waters; high-precision path planning by trajectory points; navigational plan for pilotage; decision support device.

The main scientific achievements of the researcher's dissertation research are

published in the following scientific papers.

The main scientific results of the dissertation.

1. Ворохобин И.И. Выбор режима движения каналом по габаритным размерам судна. / Ворохобин И.И., Соколенко В.И. // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып.18. -Одесса: «ИздатИнформ», 2010. С. 56-63.

The author developed a method for estimating the maximum angle of rotation, a calculation scheme and a control example.

2. Мальцев А.С. Информационно – аналитический комплекс лоцмана «Поворот»./ Мальцев А.С., Ворохобин И.И., Соколенко В. И., Ищук А.К.. // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып.19 –Одесса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 103 – 113.

The author developed a content model and design scheme and a control example of constructing a trajectory of curvilinear motion by the method of segments.

3. Соколенко В.И. Судовой план лоцманской проводки./ Соколенко В.И. // Судовождение: Сб. научн. Трудов ОНМА. Вып.20. –Одесса: «ИздатИнформ», 2011. – С. 209-220.

4. Соколенко В.И. Планирование заданного пути движения в стесненных условиях траекторными точками и контроль процесса движения./ Соколенко В.И.// Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып..21. –Одесса: «ИздатИнформ», 2012. – С. 220-227.

5. **Пат. 57713 Україна, МПК G08G 3/00.** Пристрій для попередження посадки судна на мілину/А.С. Мальцев, І.І. Ворохобін, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія .-№ U 2010 09828;заявл. 0608.2010; опубл. 10.03.2011.-Бюл. №5.-4 с.

The author developed an algorithm, a calculation scheme and a control example for testing programs.

6. **Пат. 62155 Україна, МПК G08G 1/123.** Спосіб гарантованої передачі інформації / Г.Б. Вільський, А.С. Мальцев, М.М. Надич, В.В. Голіков, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія і Миколаївський політехнічний інститут. -№ U 2011 02072;

заявл. 21.02.2011; опубл. 10.08.2011.-Бюл. №15.-4 с.

The author developed meaningful models of information transmission during maneuvering.

7. **Пат. 78679 Україна, МПК G08G 3/00, B63B 49/00.** Пристрій для інформаційного забезпечення лоцманської проводки морського судна /А.С. Мальцев, І.І. Ворохобін, В.В. Голіков, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія -№ U 2012 11569;заявл. 08.10.2012; опубл. 25.03.2013.-Бюл. №6.-4 с.

The author defines a meaningful model of the methodology of developing a navigational plan for the pilot during pilotage.

8. **Свідоцтво про реєстрацію авторського права на твір № 68552 Україна.** Комп'ютерна програма «Система високоточного планування шляху переходу морського судна». А. С. Мальцев, А. П. Бенъ, О.В. Терещенкова, В.І. Соколенко (Україна): Заявник Херсонська державна морська академія. Дата реєстрації 09.11.2016 року.

The author developed the structure of the program, the block diagram of the algorithm, the calculation scheme and control examples., And the instruction on the use of the navigation device by the ship 's warehouse

9. Vasyliy Sokolenko The system of precision planning marine ship's voyage. NAU, Vol.68, №3(216). -Kiev, 2016. –P.46-53.

10. Мальцев С.Е. The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity. Навигационное устройство пересчета координат спутниковой антенны судна на центр тяжести./ Мальцев С.Е., Мальцев А.С., Соколенко В.И.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 28 –Одесса: «ИздатИнформ», 2018. – С.

The author perfected the methodology and algorithm of the operation of the navigating device model for converting coordinates and developed a control example.

Publications certifying testing of dissertation materials.

11. Соколенко В.И. Оценка допустимого угла рыскания при следовании по каналу/ Соколенко В.И., Ворохобин И.И.//Николаев. Тезисы доклада первой

международной научно – технической конференции «Инновации в судостроении и океанотехнике» - Николаев: НУК, 2010. С. 353-355.

12. Соколенко В.И. Маршрутный график безопасности плавания в стесненных условиях./В.И. Соколенко// Матеріали науково-технічної конференції «Забезпечення безаварійного плавання суден» 16-17 листопада 2011 р. –Одеса, 2012. - С.85-87.

13. Соколенко В.И. Способ автоматизации планирования заданного пути движения в стесненных условиях траекторными точками. / Соколенко В.И.// Материалы научно технической конференции «Судоходство: перевозки, технические средства, безопасность» 14-15 ноября 2012 г. –Одесса: «ИздатИнформ», 2013. – С.126-129.

14. Соколенко В.И. Система поддержки принятия решения при движении морского судна в стесненных условиях. / Соколенко В.И.// Материалы XX Международной конференции с автоматического управления, 25-27 сентября 2013 г. –Николаев: НУК, 2013. – С. 256.

15. Соколенко В.И. Тренажер судоводителя «Планирование пути в стесненных условиях»/ Соколенко В.И.// Материалы конференции «Морские перевозки и информационные технологии в судоходстве» 18-19 ноября 2014 г. –Одесса: «ИздатИнформ», 2014. – С.182 - 186.

16. Соколенко В.И. Выбор безопасной скорости по дальности уверенного обнаружения опасности. / Соколенко В.И., Мальцев С.Е.// «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація». Матеріали наук.-техн.конф., 16-17 листопада 2017 р. -Одеса, НУ «ОМА» 2018. – С. 209 - 212.

17. Мальцев А.С. Инновационные технологии планирования пути и выбора режима движения крупнотоннажного судна в опасных районах стесненных вод./ Мальцев А.С., Соколенко В.И., Мальцев С.Е. // «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (MINTT-2018): матеріали дев'ятої Міжнарод. наук.-практ. конф., 29-31 травня 2018 р. – Херсон: ДМА, 2018. –С. 64-69.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	23
РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПОШУК ШЛЯХІВ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОГО СУДНОВОДІННЯ.....	31
1.1. Системний підхід і навігаційна безпека судноплавства.....	31
1.2. Інформаційний пошук шляхів по забезпеченню навігаційної безпеки суден в стислих водах.....	40
1.3. Формування напрямку дослідження.....	54
1.4. Висновки по першому розділу	57
РОЗДІЛ 2 МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	59
2.1. Вибір теми наукового дослідження.....	59
2.2. Мета, задачі і методи виконання роботи.....	63
2.3. Формування технологічної карти досліджень.....	66
2.4. Висновки по другому розділу.....	69
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ВИБОРУ РЕЖИМУ РУХУ В СТИСЛИХ ВОДАХ.....	71
3.1. Вибір безпечної швидкості в районах стислих вод.....	71
3.2. Дослідження руху судна по фарватеру і каналу.....	78
3.3. Імітаційне моделювання повороту в районі Руської коси.....	81
3.4. Висновки по третьому розділу.....	85
РОЗДІЛ 4 СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПЛАНУВАННЯ РУХУ СУДНА В СТИСЛИХ ВОДАХ.....	86
4.1. Розробка високоточних способів планування траєкторії руху	86
4.2. Розробка способу контролю бічного зсуву.....	98
4.3. Інверсний метод сценарного управління маневруванням при морських операціях в стислих водах.....	103
4.4. Висновки по четвертому розділу	112

РОЗДІЛ 5	РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИСОКОТОЧНОГО ПЛАНУВАННЯ І ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ РУХУ СУДНА В РАЙОНАХ СТИСЛИХ ВОД.....	114
5.1.	Синтез допоміжних завдань для вирішення головного по розробці високоточних методів планування переходу судна...	114
5.2.	Вихідні дані і опис роботи програми планування переходу ...	118
5.3.	Розрахункові схеми і алгоритми автоматизації планування шляху	127
5.4.	Інструкція роботи з програмою і контрольний приклад	131
5.5.	Висновки по п'ятому розділу	137
	ВИСНОВКИ.....	138
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	141
ДОДАТОК А.	Вихідні дані для розрахунку маневрених характеристик...	155
ДОДАТОК Б.	Рішення диференціального рівняння для визначення маневрених характеристик	157
ДОДАТОК В.	Лістинг програми автоматизації розрахунку координат шляху траєкторними точками	162
ДОДАТОК С.	Список публікацій здобувача.....	202
ДОДАТОК Д.	Акти упровадження результатів дисертації	206

ВСТУП

Актуальність теми. Забезпечення навігаційної безпеки процесу судноплавства проводиться за рахунок: установки на водних шляхах плавучих і берегових знаків навігаційного огороження; обладнання суден навігаційними пристроями і системами для визначення курсу, швидкості, місця і управління ними при проході по заданому шляху.

Впровадження електронних картографічних навігаційних - інформаційних систем викликало істотні зміни в методах судноводіння, однак до якісного стрибка - застосування систем підтримки прийняття рішень і передачі функцій управління процесом маневрування пристроїв штучного інтелекту поки не відбулося. Це пояснюється тим, що відповідно до діалектикою розвитку на підставі чотирьох основних законів логіки - тотожності, виключеного третього, протиріччя і достатнього обґрунтування методи судноводіння і принципи організації штурманської служби на судах об'єктивно відстають від розвитку технічних засобів навігації та управління.

Діяльність людини на морі відбувається в умовах підвищеної небезпеки, яка зумовлена розвитком мережі портів і морських шляхів, збільшенням загального числа суден, їх водотоннажності, розмірів, швидкостей і збільшенням щільності потоків руху.

З усіх аварійних випадків, за статистикою P & Club, на частку навігаційних пригод за останні десятиліття припадає близько 77,4 %. За даними клубу в 1960-1979 рр. в морі щорічно гинуло близько 300 суден, що становило 0,4 % від загальної кількості суден Світового океану. Незважаючи на те, що до теперішнього часу кількість суден, які щорічно гинуть зменшилася, навігаційна аварійність зросла від 50,5 % до 77,4 %.

Альтернативою навігаційній аварійності є навігаційна безпека плавання, коли забезпечується мінімальний ризик аварійної ситуації. Однак статистика аварій відображає лише довгострокові тенденції минулого, що знижує її значення для прийняття оперативних заходів. Тому поряд зі статистичним аналізом аварійності необхідно розробляти методи кількісної оцінки впливу

окремих факторів на навігаційну безпеку і заходи щодо їх попередження.

Недостатня вивченість алгоритмів інтелектуальної діяльності судноводія в умовах обмеженого простору призводить до помилок капітана при управлінні судном. Відсутність методів, прийомів і засобів високоточного планування заданого алгоритму управління судном, які давали б відповіді на ці запитання ефективного і безаварійного переміщення, створює передумови виникнення аварійної ситуації.

Для його попередження потрібно використання інноваційних технологій планування траєкторії руху в умовах обмеженого простору для маневрування і перебудови портових служб, які відповідають за безаварійне плавання. Для організації безпечного управління рухом суден необхідно оцінити співвідношення геометричних їх розмірів та операційної акваторії, маневрені властивості, і розробити обґрунтований план проводки, який дозволить виконувати безпечне проходження суден і створить передумови для безаварійного плавання в районах інтенсивного судноплавства.

Таким чином, проблема вдосконалення методів судноводіння в умовах портових вод та на обмежених акваторіях має науково - практичне значення і є досить актуальною.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами.

Робота виконувалася відповідно до транспортної стратегії України на період до 2020 року (розпорядження Кабінету Міністрів України №2174-р від 20.10. 2010 року), концепції безперервної національної транспортної політики розвитку всіх видів транспорту на 2007 - 2014 роки (наказ МТС України від 5.05.2007г ., №360), держбюджетної НДР (ДР №0110U00280) «Теоретичні основи гарантованої безпеки судноплавства в територіальному морі, внутрішніх водах та портах України», в якій автор підготував підрозділ «Забезпечення навігаційної безпеки судна в стисло водах», при виконанні господарчих договірних робіт на кафедрі Управління судном Національного університету ОМА за період 2012 по 2017 роки, в рамках планів досліджень НУ ОМА за держбюджетною темою «Забезпечення безпеки судноплавства в

обмежених районах плавання» (№ ДР 0115U003580, 2015 р) в якій автор підготував окремий розділ, і при виконанні держбюджетної роботи (Підстава: Наказ МОН України № 1296 від 31.10.2016 р. «Про затвердження Переліку проектів фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних (експериментальний) розробок», наказ МОН України № 198 від 10.02.2017 р. «Про обсяги фінансування науково дослідних робіт, наукових заходів та інфраструктурі у 2017 році за КПКВК 2201040 ", наказ МОН України № 199 від 10.02.2017 р.« Про формування тематичних планів у 2017 році ») в Херсонській державній морській академії, в якій автором підготовлено блок - схеми алгоритмів, розрахункові схеми, вихідні дані і контрольні приклади для перевірки роботи програм планування шляху траєкторними точками.

Мета і завдання дослідження. Метою дослідження є підвищення безпеки руху суден в обмежених водах шляхом удосконалення способів обробки і забезпечення даними про процес планування координат заданого шляху і управління маневруванням за допомогою комп'ютерних програм.

Наукова гіпотеза полягає в можливості підвищення безпеки процесу управління судном в обмежених водах за рахунок високоточних методів планування оптимального шляху, автоматизації процесу розрахунку параметрів руху для оперативного контролю поточного місця.

Головне завдання виконуваних досліджень полягає в розробці розрахункових схем, алгоритмів і програм визначення параметрів руху в обмежених водах, створення високоточних методів планування шляху судна і оперативного контролю його руху під час керування.

Для вирішення головного завдання вона розділена на три незалежних допоміжних:

- вибір безпечного режиму руху в небезпечних районах обмежених вод;
- розробка високоточних методів планування безпечного шляху для інформаційного забезпечення переходу;
- розробка навігаційного пристрою підтримки прийняття рішення в небезпечних районах обмежених вод.

Об'єктом дослідження є процес руху судна в стислих водах.

Предметом дослідження є методи високоточного планування шляху судна і управління по ньому в стислих водах.

Методи дослідження. Удосконалення технології високоточного планування заданого шляху і безпечного управління по ньому забезпечується теоретично - експериментальним рішенням дослідницьких завдань на загальному методологічному підґрунті. Шляхом аналізу основних підходів методом дедукції визначені проблеми безпеки судноводіння. Методи експертної оцінки використані для вибору теми і напрямку досліджень. Рішення рівнянь моделей руху судна здійснено з використання сучасного обчислювального комплексу дослідження операцій, при декомпозиції головної задачі, і теоретичної механіки при розробці диференціальних рівнянь руху та математичного аналізу для їх вирішення.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в наступному:

- вперше розроблено навігаційну систему, яка відрізняється способом представлення шляху переходу у вигляді матриць траєкторних точок прямолінійних і криволінійних відрізків, що дозволяє використовувати їх значення для автоматизації процесу планування заданого шляху по відомій таблиці шляхових точок, маневреним властивостям судна і конфігурації акваторії маневрування, а також для контролю процесу безпечного руху;

- отримали подальший розвиток формалізовані моделі вибору безпечного режиму руху в стислих умовах, які відрізняються способом вибору швидкості по одному навігаційному параметру – дальності до орієнтира в момент виявлення небезпеки і маневровим характеристикам судна, що дозволяє обґрунтовано призначати параметри безпечного переходу;

- отримала подальший розвиток методика перерахунку координат приймальної супутникової антени на центр ваги, яка відрізняється від існуючих розрахунковим алгоритмом, що дозволяє отримати комп'ютерні програми для навігаційних приладів;

- отримала подальший розвиток формалізована модель визначення

допустимої точності отримання місця при проходженні на фарватері, яка відрізняється від існуючих врахуванням допустимого кута зсуву, що дозволяє виконати оцінку можливості безпечного плавання при існуючих погодних умовах;

- удосконалено інверсний спосіб сценарного планування руху для навігаційних цілей при плаванні в небезпечних районах обмежених вод і при лоцманській проводці, який відрізняється від існуючих способом планування траєкторії руху, що дозволяє використовувати планові координати для навігаційних цілей та автоматизувати процес управління;

- удосконалено методику оцінки коефіцієнта зайнятості судноводія безпомилковим рішенням навігаційних завдань, який відрізняється від існуючих врахуванням вимог ММО до ймовірності 0,95 безпомилкового вирішення навігаційних завдань, що дозволяє визначити раціональний інтервал часу для контролю обстановки.

На підставі отриманих результатів сформульовано наукове положення, згідно з яким підвищення безпеки руху суден в небезпечних районах стислих вод забезпечується вибором належної швидкості за умовами видимості і маневреними властивостями судна, використанням високоточних методів планування заданих координат прямолінійних і криволінійних ділянок, оперативного контролю відхилення поточного місця від заданого шляху за допомогою автоматичного пристрою і інформаційного забезпечення контролю зближення з іншими суднами або навігаційними небезпеками.

Практичне значення отриманих результатів полягає в створенні високоточних методів планування шляху траєкторними точками і розробки заданого алгоритму функціонування системи управління судном, в небезпечних районах обмежених вод, і оперативного контролю над процесом переміщення по траєкторіях руху, включаючи криволінійні, що дозволяє автоматизувати як процес планування руху по шляховим точкам траєкторними, і характеристикам поворотності судна, так і контролювати безпечне маневрування. Отримані результати можуть бути використані на суднах при їх експлуатації, при

дослідженні роботи існуючих і розробці нових навігаційних систем.

Результати роботи впроваджені при виконанні науково-дослідної роботи в Херсонській морській академії № 21П / 17 «Створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден військового та цивільного призначення», яка виконується за рахунок коштів загального фонду державного бюджету (Підстава: Наказ МОН України № 1296 від 31.10.2016 р. «Про затвердження Переліку проектів фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних (експериментальний) розробок», наказ МОН України № 198 від 10.02.2017 р. «Про обсяги фінансування науково-дослідних робіт, наукових заходів та інфраструктурі у 2017 році за КПКВК 2201040 ", наказ МОН України № 199 від 10.02.2017 р. « Про формування тематичних планів у 2017 році »), в якій автор розробив розрахункові алгоритми і контрольні приклади для перевірки програм (акт впровадження від 25.09.2018 р); приватним вищим навчальним закладом «Інститут післядипломної освіти» «Одеський морський тренажерний центр» для підготовки судноводіїв (акт впровадження від 25.09.2018 р); матеріали дослідження використовуються в навчальному процесі НУ «ОМА» при викладанні дисципліни «Дослідницький практикум» (акт впровадження від 25.09.2018 р), при виконанні господарчих договірних робіт кафедри УС в 2014 - 2016 роках, в яких автор підготував окремі розділи з розробки технологічних схем маневрування при швартовних операціях.

Особистий внесок здобувача полягає в створенні узагальненої методології та технології забезпечення високоточного планування заданого шляху і способів оперативного контролю руху в районах стислих вод, включаючи небезпечні і криволінійні його ділянки. Основні наукові результати теоретичних і експериментальних досліджень отримані автором особисто. В основних наукових роботах, які виконані в співавторстві, використані лише ті положення, які належать автору.

Автором розроблено: метод оцінки максимального кута рискання, розрахункову схему і контрольний приклад [1]; змістовну модель і

розрахункову схему та контрольний приклад побудови траєкторії криволінійного руху методом відрізків [2]; алгоритм, розрахункову схему та контрольний приклад для перевірки роботи програм [5]; змістовні моделі передачі інформації при маневруванні [6]; визначена змістовна модель методології розробки суднового навігаційного плану під час лоцманського проведення і при русі в небезпечних районах стислих вод [7]; структуру програми, блок - схему алгоритму, розрахункову схему і контрольні приклади, та інструкцію по використанню програмного забезпечення судновим складом [8]; удосконалена методика і алгоритм роботи макета навігаційного пристрою для перерахунку координат і розроблено контрольний приклад [10].

Апробація результатів дисертації. Основні наукові результати докладалися, обговорювалися і були схвалені на наукових, на науково - технічних та науково - практичних конференціях: першій міжнародній науково - технічній конференції «Інновації в суднобудуванні та Океанотехніка» (Миколаїв 2010.); науково технічній конференції «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека» (Одеса, 14-15 листопада 2012); XX Міжнародній конференції з автоматичного управління, (Миколаїв, 25-27 вересня 2013); науково – технічній конференції «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві» (Одеса, 18-19 листопада 2014); науково - технічній конференції «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація». (Одеса, 16-17 листопада 2017); дев'ятій Міжнародній науково-практичній конференції «Сучасні інформаційні та Інноваційні технології на транспорті» (MINTT-2018): (Херсон , 29-31 травня 2018).

Публікації. За наслідками виконання досліджень автором опубліковано 17 наукових робіт (з них 3 одноосібних, 3 патенти на корисну модель, 1 свідоцтво про авторське право на комп'ютерну програму), зокрема: у наукових профільних виданнях, що входять в перелік МОН України -5 наукових статей [1-4, 10], у міжнародних журналах - 1 [9], у збірках матеріалів наукових конференцій - 8 тез доповідей [11-17].

Структура й обсяг роботи. Дисертація складається зі вступу, 5 розділів, висновку, списку з 137 використаних джерел й 5 додатків. У додатках наведені акти та інші матеріали, що підтверджують результати дослідження і впровадження. Загальний обсяг дисертації складає 214 сторінок і містить 138 сторінок основного машинописного тексту, 31 рисунків, та 10 таблиць. Перелік джерел посилання розміщений на 14 сторінках, додатки на 61 сторінках.

РОЗДІЛ 1. ІНФОРМАЦІЙНИЙ ПОШУК ШЛЯХІВ ОРГАНІЗАЦІЇ БЕЗПЕЧНОГО СУДНОВОДІННЯ

1.1. Системний підхід і навігаційна безпека судноплавства

Сучасні суднові технічні системи характеризуються високим рівнем складності як структурного, так і динамічного характеру. Тому головним стало застосування системного підходу при експлуатації таких систем [1].

Цінність системного аналізу визначається тим, що він може служити не тільки підготовчою фазою до створення математичної моделі, а й замінювати цю модель. Це особливо важливо при створенні концепцій складних технічних систем, якими є сучасні суднові навігаційні інформаційні системи, їх абстрагування математичним описом неможливо чи можливо частково [2].

Разом з тим цінність системного підходу обумовлена коректністю встановлених зв'язків між елементами в системі. Тому необхідно організовувати логічні зв'язки між елементами різної природи, які дозволять коректно забезпечувати структурну цілісність на концептуальному рівні і ефективно впливати на поведінку системи шляхом людського втручання.

На підставі комплексного аналізу існуючих визначень поняття системи [1-6] може бути сформульоване наступне: «Системою є сукупність елементів різної природи, об'єднаних функціональними зв'язками для виконання поставленої мети».

В 70-х роках для спеціалістів в області методології науки стало очевидним [2,3], що виникла група понять, які хоч і не є філософськими, але успішно використовуються в різних предметних областях наукового пізнання. Серед них необхідно відзначити: алгоритм, система, елемент, інформація, зв'язок, вірогідність, параметри, управління та ряд інших.

В відмінності від використовуваних понять в окремих галузях знань, загальнонаукові категорії грають роль методологічних принципів вивчення та

опису процесів будь-якої природи. Признання указаних концепцій загальнонауковими привело до того, що одночасно формуються якісно нові загальнонаукові підходи до пізнання процесів і явищ навколишнього нас світу - системний, структурний, функціональний, інформаційний, модельний, вірогідний, детермінований та ряд інших.

Приведене загальне визначення поняття «система», і її складові частини «елемент», «зв'язок», «керування» та ін. піддаються деталізації для кожної предметної області, однак у процесі роздумів і розумових зв'язків, внутрішній істотний зв'язок втрачається і головний логічний закон точності порушується. Спроба виразити введені поняття різними словесними виразами обумовлює можливість підміни однієї думки іншою, що призводить до багатозначності та появи невизначеності.

В роботі [4] викладені основні відомості про суднові навігаційні інформаційні системи (НІС) та використовуваних у їх складі електронних картах. Відзначається, що основними функціями НІС є: планування траєкторій переходу та керування рухом; управління зображенням карт; попередження зіткнень суден; організація пошуку та спасіння на морі і ряд інших. Для виконання таких функцій НІС використовує дані всіх суднових навігаційних пристроїв: гірокомпасу, лагу, ехолоту, РЛС, транспондери, АІС, приймачів супутникових та берегових навігаційних систем.

Відзначається, що незважаючи на значну кількість виконуваних функцій, НІС не забезпечує достатньої точності та повноти інформації, яка необхідна для підтримки прийняття рішень при управлінні рухом і маневруванням.

Основним обмеженням [5,6] на наш погляд, у понятійній базі теорії систем є відсутність виділення серед елементів системи головного - "об'єкт управління". Об'єкт управління це елемент системи, який реалізує поставлену ціль. В залежності від поставленої цілі та виду об'єкта система може бути інформаційною, енергетичною або інформаційно-енергетичною.

Після того як введено поняття «об'єкт управління», отримують предметне навантаження поняття «прямий зв'язок» і «зворотній зв'язок». Якщо інформація

про параметри стану елементів системи передається від них до об'єкту управління, то це "прямий зв'язок", а коли передається від об'єкта управління до інших елементів, то будемо називати "зворотній зв'язок". Якщо інформація передається між елементами системи, то такі зв'язки будемо називати локальними.

У роботі [3] використовується поняття "теорія штучного інтелекту", яка не відображає суті вирішуваних задач. Основний зміст вирішуваних завдань полягає в тому, що дослідники автоматизують інтелектуальні функції за допомогою кібернетичних пристроїв, використовуючи алгоритми природного інтелекту. По цьому більш логічно розглянути [5,6] дві теорії - теорія інтелекту та теорія автоматизації інтелектуальних функцій. У такому випадку розрізнятимемо види інтелекту - природний, гібридний і штучний.

Широке впровадження інформаційних технологій організації безпечного судноплавства для цілей управління рухом і маневруванням морського судна істотно змінило умови роботи судноводія [4]. Це дозволило меншою кількістю команди навігаційного містка великовантажного судна, ефективно і безпечно управляти його маневруванням.

При цьому використовуються сучасні навігаційні пристрої, які дозволяють забезпечити інформаційне забезпечення прийняття рішення при управлінні процесом руху судна по маршруту переходу.

Найефективнішою судновою навігаційною системою, яка змінила характер роботи штурманського складу, є навігаційна - інформаційна з електронною картою (ECDIS). Вона дозволяє крім звичайних функцій паперової карти забезпечити значні переваги щодо виконання окремих елементів штурманської роботи з планування безпечного маршруту переходу і функцій підтримки прийняття рішення при управлінні його рухом і маневруванням

Незважаючи на значну кількість вже наявних функцій розвиток ECDIS триває. Він відбувається у напрямку підвищення точності планованих навігаційних завдань і забезпечення параметрами про процес управління морськими операціями, які в даний час відсутні. Така необхідність виникає при

навігаційному високоточному плануванні траєкторії в умовах обмеженого простору при заході в порт, швартуванні і виході з нього, постановці на якорі і ряд інших.

Виконання морських операцій по маневруванню суден в умовах обмеженого простору [7] супроводжується дією зовнішніх збурень і для збереження високих експлуатаційних характеристик системи управління в таких складних умовах необхідно використовувати підхід, заснований на впровадженні навігаційних пристроїв підтримки прийняття рішення. На відміну від використовуваного оглядово - порівняльного способу управління рухом, використання навігаційних пристроїв вимагає автоматизації процесів обробки інформації та прийняття рішень з управління судном

В останні десятиліття перебуває в стадії створення і розвитку наука про організацію безпечного навігаційного плавання суден в частині запобігання посадок на мілину і їх зіткнень [8,9]. Ця наука повинна вирішувати проблему інформаційного забезпечення судноплавства і містити теоретичні та методологічні рішення по розробці ергатичних систем навігації і управління суднами як в берегових навігаційних пристроях так і безпосередньо на судні. Необхідно відзначити, що проблема навігаційної безпеки і методології вирішення окремих завдань не знайшли відображення в існуючій літературі.

Динамічність людської діяльності і принципова можливість використовувати системний підхід при вирішенні будь-яких наукових і технічних завдань привели до того, що в різних розділах науки одні і ті ж поняття отримали різні назви, єдиної точки зору, на зміст яких, не існує [7,9]. Це створює труднощі і проблеми методологічного забезпечення постановки і вирішення наукових і технічних завдань. Звертає на себе увагу, що в багатьох випадках проводиться обговорення шляхів вирішення завдань без попереднього визначення змісту використовуваних понять, чим порушуються основні формально-логічні закони.

У деяких випадках це призводить до помилкових тверджень і використання понять, які не відповідають суті розглянутих явищ, в результаті

чого створюються формалізовані моделі процесів управління, змістовні алгоритми яких не вивчені. В результаті такого підходу відбувається невірна постановка завдань і вибір методів їх вирішення.

З цієї причини при оперативному управлінні рухом судна і дослідженні завдань навігації його розглядають як матеріальну точку. При моделюванні завдань управління його розглядають як тверде тіло, поточний стан якого описується координатами центра ваги, включаючи лінійну і кутову швидкість обертання, а також кут дрейфу від повороту [10].

Термінологічно, при розгляді питань навігаційної безпеки плавання, розглядають у такому значенні [11 -13].

Морська навігація - являє собою науку про планування безпечного шляху, забезпечення переміщення по ньому від порту відходу до порту приходу з мінімальними відхиленнями, і обліку зовнішніх збурень [11]. Під терміном «море» розуміються поняття океан, морські затоки та морські протоки, а також акваторії портів та прилеглі райони. Тому він включає підхідні морські канали та фарватери, судноплавні ділянки річок, зовнішні і внутрішні рейди і акваторію гаваней і портів, оскільки навігаційний контроль над переміщенням тут не менш важливий, ніж у відкритому морі.

Навігаційну безпеку плавання (НБП) суден будемо розглядати в загальному і вузькому сенсі такого поняття [12]. У найзагальнішому сенсі НБП можна визначити як комплексну характеристику судноплавства, визначальну можливість суден плавати без навігаційних загроз для життя екіпажів суден і характеру виконуваних робіт

У менш широкому сенсі НБП є комплекс заходів, що проводяться штурманським складом на судні і гідрографічними службами на березі для створення умов, що забезпечують виконання безпечного плавання без навігаційних пригод (НП) і аварій. НБП досягається виконанням комплексу заходів і умов [13]: навігаційно-гідрографічним обладнанням водних шляхів, адекватним складності плавання; належним плануванням траєкторії руху; чітким управлінням суднами за обраним безпечним шляхом; належною

організацією суднової штурманської та вахтової служб; своєчасною перевіркою навігаційної безпеки планового маршруту, і коригуванням траєкторії руху при зміні зовнішніх впливів; строгим дотриманням існуючих правил плавання і вимог керівних національних і міжнародних нормативних документів; високим рівнем знань і навиків особового складу судна.

У вузькому сенсі НБП є характеристика стану судна, при якому воно забезпечує відсутність можливості торкання ґрунту або неприпустимого зближення з навігаційною небезпекою. Оскільки координати судна через наявність похибок є випадковими величинами, то і НБП відноситься до ймовірнісної категорії.

Вимоги до штурманського складу судна визначені Міжнародною конвенцією з охорони людського життя на морі, СОЛАС - 74 [14] і Міжнародною конвенцією про підготовку та дипломування моряків та несення вахти, ПДНВ- 78/95, [15]. Конвенція СОЛАС-74 містить основні організаційно - технічні вимоги до суднового персоналу в частині забезпечення безпеки судна. Конвенція ПДНВ- 78/95 визначає вимоги до стандартів підготовки персоналу, який несе вахту і встановлює порядок організації вахтової служби на судні.

Терміну навігаційна небезпека (НН) в резолюції ІМО А-529 (13) від 12.11.1983 р було дано таке визначення - «про всяк визнаний або нанесений на карту елемент, або межа, які можуть представляти або окреслювати небезпеку для судна, або обмежувати район плавання ». Ця резолюція скасована в 2003 р в зв'язку зі зміною кількісних вимог до точності судноводіння, але ніякого іншого загального визначення не дано. З огляду на чіткість наведеного формулювання доцільно залишити її в якості загального визначення для поняття НН.

Інші міжнародні документи уточнюють це визначення НН. Міжнародна конвенція з охорони людського життя на морі СОЛАС-74, дозволяє розглядати в якості навігаційних небезпек також льоди, покинуті судна, тропічні шторми, області з температурою повітря нижче точки замерзання в умовах штормового вітру, що викликає зледеніння, області з вітром силою 10 балів і більше за шкалою Ботфорта. Всі ці елементи повинні характеризуватися їх становищем

на певний момент часу, розмірами і вектором швидкості або напрямком переміщення.

При цьому радіолокаційне спостереження в загальному випадку не розглядається як досить надійне через можливі помилки в упізнанні об'єктів і обмежень, властивих радіолокатору.

У роботах [11, 13, 17 - 21] введено поняття зони небезпечного зближення. Небезпечна зона зазвичай окреслюється навколо судна і для її позначення використовують термін «зона навігаційної безпеки» або домена. Особливістю підходу, запропонованого в роботі [17] є визначення небезпечної зони навколо судна з урахуванням його динамічних властивостей і ситуації зближення. Коли зустрічні судна потрапляють на кордон зазначеної зони, то потрібно застосування максимально можливих керуючих впливів, щоб запобігти аварійній пригоді. Спочатку в розпорядженні судноводія є три альтернативи - право на борт, ліво на борт і задній повний хід.

Черговість настання альтернатив залежить від ситуації зближення і характеристик повороткості і гальмування. Відстань до небезпеки або іншого судна, коли настає перша альтернатива, означає ситуацію надмірного зближення. При настанні другої альтернативи виникає ситуація небезпечного зближення, і коли настає остання альтернатива відбувається аварійне зближення. При наявності системи підтримки прийняття рішення судноводію відомий момент часу, вид маневру і відстань, при якій необхідне використання адекватного маневру для попередження аварії. Якщо остання альтернатива не використовується, то відбувається аварійне пригода.

Безпечним в навігаційному відношенні виконанням переходу морем є плавання при відсутності навігаційних пригод. Показником безаварійного переходу є ймовірність безпечного плавання $P_{БП}$.

Згідно вимог ІМО, навігаційна безпека плавання вважається забезпеченою для звичайних суден, згідно Резолюцій ММО, присвяченої цим питанням А-529 (13), А-817 (19), і А-953 (23) [11] прийнята ймовірність $P_{БП} > 0,95$, а ймовірність БП при перевезенні небезпечних вантажів $P_{БП} > 0,999$. В

конкретних умовах рішення задачі забезпечення НБП, використовуються додаткові показники точності роботи навігаційних пристроїв і критерії оцінки місця розташування судна.

Як загальноприйняті при навігаційних спостереженнях, будемо використовувати критерій середньої квадратичної похибки (СКП), що отримується з серії спостережень в незмінних умовах [11]. СКП визначають за такою залежністю:

$$M = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n \Delta_i^2}{n-1}},$$

де Δ_i - відхилення результатів вимірювань x_i від математичного очікування $\bar{x}$, яке розраховується по формулам:

$$\Delta_i = (x_i - \bar{x}) \quad \text{і} \quad \bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}.$$

В навігації [11, 12] прийняті значення СКП вимірюваних навігаційних параметрів, отриманих по результатам багатократних вимірювань:

гіроскопічного компасного пеленгу $m_{ГКП} = \pm 0,7^0$;

магнітного компасного пеленгу $m_{МКП} = \pm 1,5^0$;

радіолокаційного пеленгу $m_{РЛП} = \pm 1,0^0$;

радіолокаційної відстані при $D \leq 4$ милі $m_D = 1\%$ від шкали відстані і $m_D = 0,6\%$ при шкалі відстані $D > 4$ миль. Наведені величини дозволяють визначити СКП обсервованного місця по двом лініям положення по формулі:

$$M = \frac{1}{\sin \Theta} \sqrt{M_{ЛП1}^2 + M_{ЛП2}^2},$$

де M – СКП місця; Θ - кут між градієнтами навігаційних параметрів; $M_{ЛП1}, M_{ЛП2}$ - СКП ліній положення.

Рішення імовірнісних навігаційних завдань, пов'язаних із забезпеченням НБП, базується на оцінюванні точності плавання судна, яка характеризується показниками точності навігаційних параметрів (НП).

Окремо необхідно уточнити питання про навігаційні параметри приймачів індикаторів систем визначення координат [11]. Оскільки індикатори супутникових систем показують географічні координати, то їх приймають як навігаційні параметри.

Для супутникових систем визначення координат, що працюють в диференціальному режимі (DGPS), СКП широти становить $m_\varphi = 0,001'$, довготи $m_\lambda = 0,002'$. Тоді СКП місця, отриманого в DGPS, визначають за формулою:

$$M_{DGPS} = \sqrt{m_\varphi^2 + (m_\lambda \cdot \cos \varphi)^2}.$$

Вимоги до точності обсервованого місця судна визначені резолюцією ММО А-915 (22) - 2001 на 22-й Асамблеї ІМО. Згідно встановлених ММО вимог до точності судноводіння, райони плавання можуть бути розділені на три регіони плавання: океанські води; стислі води, включаючи прибережні і внутрішні водні шляхи; портова акваторія і прилеглі інфраструктури.

Вхід в гавань і підходи до неї, в яких значно обмежена свобода маневру, вимагають прийняття спеціальних заходів по організації управління судном, які зазвичай виконує прибережна держава, включаючи буксирне і лоцманське забезпечення судноплавства [7].

Таким чином, вимоги до точності визначення планованого місця судна з 95% ймовірністю і технічні характеристики радіонавігаційних систем, залежать від регіону плавання. При океанських переходах похибка повинна бути менше 100 метрів. В умовах обмеженого простору, включаючи прибережні і внутрішні водні шляхи, становить менше 10 м, а в портових акваторіях і прилеглих інфраструктурах менше 1 метра. Окремо виділяють регіони офшорних вод, які за вимогами [22] можуть бути віднесені до прилеглих інфраструктур. За характером виконуваних робіт [23 - 25] вони вимагають точності навігаційних пристроїв і акваторії для маневрування, схожих з портовими водами.

Аналіз рейсового часу морських суден приведений в роботі [17] показує, що вони близько 20% ходового проводять в умовах обмеженого простору, однак на його частку [7, 17] доводиться близько 80% усіх аварійних подій.

Особливістю маневрування великотоннажних суден в таких умовах, є необхідність використання акваторій, розміри яких знаходяться в граничних співвідношеннях з розмірами суден. З цієї причини стисненні води, включаючи прибережні і внутрішні водні шляхи, є основним джерелом аварійних подій.

Виконаний огляд методики розподілу районів плавання по регіонах і уточнення термінологічних понять розділу науки, предметом досліджень яких є безпека судноплавства, дозволив виділити стисненні води основним регіоном, в якому відбуваються аварійні події. Тому вдосконалення методів судноводіння суден в умовах обмеженого простору, розробка яких вимагає специфічних методів планування траєкторії руху і організації системи управління по ній являється актуальною.

1.2. Інформаційний пошук шляхів по забезпеченню навігаційної безпеки суден в стислих водах.

Методологічною основою, яка дозволяє зрозуміти і визначити основні причини збоїв в системі планування і управління процесом руху морського судна на переході з одного порту в інший, є аналіз причин конкретних аварійних подій, до яких призводить відмова елементів системи виконувати свої функції чи порушення прямих, зворотних або локальних зв'язків між ними. Вибір правильного, відповідного поставленій задачі контексту розгляду - само по собі важливе завдання, яке багато в чому визначає результати аналізу.

Безаварійне управління рухом судна забезпечується використанням різних предметних областей і розробкою різноманітних аспектів організації судноплавства. Основні з них такі [26]: науковий; технологічний; технічний; ергономічний; економічний; соціальний і юридичний

Науковий аспект домінує при вивченні, дослідженні та розробці національних і міжнародних нормативів на організації процесу судноплавства і перевірці відповідності проектних параметрів судна технічним вимогам після будівлі, а також плануванням і узгодженням траєкторії руху по морському

шляху з жорсткими і змінними обмеженнями, існуючими засобами навігаційного забезпечення і гідрометеорологічними умовами плавання.

Характер події, морський регіон в якому вона відбулася, місце і наслідки впливу зовнішніх факторів на судно і його на навколишнє середовище, визначають вид аварійної ситуації [17, 27]. Управління роботою судна носить системний характер і в залежності від того, в якому навігаційному пристрої системи відбулася відмова, і які функціональні зв'язки не працюють, розрізняють навігаційну і морехідну аварійність.

Навігаційна аварія відбувається через неправильну роботу системи управління рухом судна в різних умовах плавання. Причиною такої неправильної роботи може бути відмова елементів системи планування траєкторії, навігаційного пристрою визначення положення, засобів управління, а також порушення функціональних зв'язків між елементами системи - прямих, зворотних або локальних.

Морехідна аварія відбувається через втрату морехідних якостей судна як транспортного засобу через внутрішні причини, що знаходяться на самому судні, або через вплив зовнішніх факторів.

З огляду на те, що кожна подія на морі завдає шкоди навколишньому середовищу і викликає загибель людей, для інформації про події на морі ММО створила мережу оповіщення про аварії (Marine Accident Report System - MARS), а Резолюцією А.849 (20) від 27 листопада 1997 року прийняла «Кодекс з розслідування морських аварій та інцидентів». Морські друковані видання та електронні засоби [28-36] різних країн публікують статистичні відомості про аварійність, аналіз яких дозволяє оцінити тенденції зміни рівня забезпечення безпеки мореплавання, і намітити шляхи його підвищення.

Аналіз конкретних аварійних випадків дозволяє визначити і основні причини зіткнень. Вибір правильного, відповідного поставленій задачі контексту розгляду - само по собі важливе завдання, багато в чому визначає результати аналізу. Відстежуючи якісні зміни в минулому, ми отримуємо достовірну, абсолютно об'єктивну, не залежну від нас інформацію. Її аналіз дає

відповіді на загальні питання, допомагає виявити причини і слідства, побачити якісні переходи в розвитку даної проблеми [28-30].

Вихідними даними для визначення причин аварійних подій є статистичні дані, які зазвичай публікуються кожною прибережною державою [31-36], результати інформації MARS і аналізи клубів взаємного страхування. Однак із узагальнених статистичних даних, які публікують, встановити конкретну причину події і запропонувати заходи щодо її запобігання неможливо.

Опубліковані статистичні дані спеціалізованих джерел дозволяють визначити тільки параметри, які характеризують узагальнені тенденції аварійності. Деталі аварійної ситуації в такі матеріали не включені. Для більш детального пошуку причин потрібні результати опису аварій, які зазвичай містяться тільки в матеріалах розслідування компетентними органами [27] і висновках експертів при судовому розгляді [28].

Для пошуку причин аварійності розглянемо тенденції її зміни в світовому судноплаванні [29-38]. У 1885 р загинуло 1140 суден місткістю 488 770 рег.т. У той час число торгових суден становило 52086 одиниць місткістю 19586476 рег.т. Відносний відсоток загибелі становив 2,2%. За більш ніж столітній період технічного прогресу суднобудування і оснащення суден високоякісними і надійними засобами навігації в середньому, за даними Lloyd's Register of Shipping, щорічно гинуло 289 суден. За останні 30 років загинуло 8679 судна, місткістю близько 1748491 рег.т. Відносний відсоток загибелі становить близько 0,4% [28, 36-39].

Статистика аварій з пасажирськими суднами за період 1980 - 2006 роки [28] свідчить про загибель 20 судів з числом загинув 13612 чоловік.

Причинами аварійності були: посадка на мілину (скелі) в гарну погоду; посадка на мілину в складних погодних умовах; зіткнення суден; зіткнення з невідомим об'єктом; пожежа в машинному відділенні; пожежа на судні; загоряння вантажу; зміщення вантажу; порушення герметичності корпусу; штормові умови плавання; вибухи; несправність в машині; дії терористів (піратів). Причиною навігаційних пригод 29.2% складають посадки на мілину і

11,6% зіткнення.

За результатами статистичного аналізу навігаційної аварійності, проведеного Клубами взаємного страхування, до 6% аварійних випадків відносяться на відповідальність лоцманів, до 2% аварійних випадків - на відповідальність персоналу СРРС і маякових служб, за інші відповідальний судновий персонал. Таким чином, з виконаного огляду статистичних даних однозначно можна зробити висновок, що основним видом навігаційних пригод в умовах обмеженого простору є посадка на міліну і зіткнення, причинами.

Плавання судна в обмежених умовах являє собою співробітництво трьох операторів [40], які контролюють рух судна - капітана, лоцмана і лоцмана - оператора системи управління рухом (СУРС).

Капітан судна, яке проводять, має досвід і практику управління конкретним судном, однак з місцевими умовами плавання він ознайомлений лише за відомостями з лоції і карт. При цьому він несе постійну відповідальність за управління судном при будь-яких умовах плавання.

Лоцман має досвід і практику управління різними судами в регіоні його обслуговування, який обумовлений щоденним маневруванням в каналі або порту, а також знанням місцевих умов і правил плавання. Відповідно до Резолюції ІМО А. 884 (21) «Поправки до Кодексу з розслідування морських аварій та інцидентів», дії лоцмана, в разі виникнення інциденту, як правило, відносяться до навмисних випадків, коли мала місце помилка в розрахунку при відсутності наміру його вчинити. Однак зазначена відповідальність настає на період плавання під його проводкою.

Для того, щоб уникнути небезпечних непорозумінь, лоцман і капітан повинні попередньо обговорити план проводки, з тим щоб їх наміри були абсолютно зрозумілі. При цьому обов'язковим є ознайомлення лоцмана з лоцманської карткою (Pilot Card), яка містить опис характеристик судна, і доповнюється в будь-який інший час необхідною інформацією капітаном судна усно. Згідно вимог резолюції ІМО А.960 (23) «Рекомендації з підготовки і сертифікації морських портових лоцманів» лоцман повинен скласти

лоцманський план проводки (Pilotage Passage Plan). Капітан судна засвідчує підписом своє ознайомлення з планом, який дає йому можливість доповнити знання про майбутній район плавання і оцінити існуючу обстановку.

Лоцман - оператор СУРС [39, 40] має обов'язком контроль над координатами руху суден в зоні його відповідальності і видачі вказівок в частині дотримання правил плавання і характеру маневрування, проте його оцінки ситуації носять рекомендаційний характер.

Альтернативою навігаційній аварійності є навігаційна безпека плавання, коли забезпечується мінімальний ризик аварійної ситуації. Однак статистика аварій відображає лише довгострокові тенденції минулого, що знижує її значення для прийняття оперативних заходів. Тому поряд зі статистичним аналізом аварійності необхідно розробляти методи кількісної оцінки впливу окремих факторів на навігаційну безпеку і заходи щодо їх попередження.

Система управління процесом руху в обмежених умовах являє собою інформаційно-енергетичну систему [4, 17], об'єктом управління в якій представлений корпус судна.

При виконанні морських операцій, курс і швидкість судна змінюється таким чином, щоб слідувати по безпечній траєкторії з урахуванням жорстких і змінних обмежень, гідрометеорологічних впливів в умовах інтенсивного судноплавства. Відмінною особливістю такого плавання є істотне зменшення акваторії для безпечного маневрування, обмеження по можливості відхилення від заданого шляху для розходження з іншими суднами і скорочення часу на обробку інформації і прийняття рішення.

Незважаючи на впровадження в практику судноплавства найпередовіших досягнень науки і техніки, використання при будівництві та обладнанні суден новітніми технологіями, щорічно в морі відбуваються трагедії, сотні суден залучені в аварії і аварійні події і навіть просто безслідно зникають. З кожної події витягуються уроки і створюються норми і правила, які повинні попередити подібні аварії в майбутньому.

Найбільш детальний аналіз аварійності морських суден наведено в роботі

[30], де містяться статистичні дані для розслідування обставин, детальний опис характерних аварій, включаючи хронометраж дій екіпажу, висновки про причини його виникнення та заходи щодо попередження подібних випадків в майбутньому. Однак аналіз виконаний без урахування міжнародних документів ММО. При цьому тенденція про переважаючі причини морських подій по посадці на мілину являється низька точність приладів визначення місця судна.

Методологічні аспекти проведення науково-технічної експертизи морських аварій і системний науковий підхід до проблеми детального аналізу причин подій наведено в роботах [27 - 29, 37 - 39].

Причиною - наслідковій зв'язки системного аналізу навігаційної аварійності наведені в роботах [27 - 29, 40], які розглянемо на прикладі Північно-західної частини Чорного моря.

Найбільш детальний аналіз причин аварійних подій, пов'язаних з операторською діяльністю, включаючи випадки наявності лоцмана на борту, наведені в роботах [17, 29, 40]. Вони містять результати системного наукового аналізу аварійності в Північно-західній частині Чорного моря і найбільш небезпечній його частині - Бузько - Дніпровського - Лиманського каналу (БДЛК) і Херсонського морського каналу (ХМК). За умовами плавання вони відносяться до найскладніших в навігаційному відношенні районів судноплавства України.

Теоретично обґрунтовані розміри суден та інших об'єктів, дозволених до проведення по каналах, зазначені в «Правилах плавання і лоцманського проведення суден у північно-західній частині Чорного моря, в Бузько-Дніпровському-Лиманському і Херсонському морських каналах», такі: по БДЛК - довжиною до 215 м., з осадкою до 10,3 м., по ХМК - довжиною до 200 м., з осадкою до 7,6 м.

Судноплавство в північно-західній частині Чорного моря здійснюється протягом всього року і цілодобово. Кількість проходів суден по БДЛК і ХМК за 1978-2002г.г. складало в середньому - 21930 на рік, що свідчить про значну інтенсивність судноплавства.

За видами аварійні випадки розподіляються наступним чином.

На БДЛК: посадка на ґрунт - 27; зіткнення - 11; навали - 8; льодові випадки - 11; з технічних причин - 4.

На ХМК: посадка на ґрунт - 54; зіткнення - 15; навали - 22; льодові випадки - 9; з технічних причин - 12.

Всього в північно-західній частині Чорного моря: посадка на ґрунт - 81; зіткнення - 26; навали - 30; льодові випадки - 20; з технічних причин - 16. З причин аварійні випадки розподіляються наступним чином.

На БДЛК: втрата орієнтації оператором - 26; помилка в управлінні судном - 9; порушення МППСС і місцевих правил - 12; конструктивні недоліки і приховані дефекти - 2; порушення ПТЕ механізмів судна - 1; форс-мажорні обставини - 11.

На ХМК: втрата орієнтації - 29; помилка в маневруванні і помилка в управлінні судном - 31; порушення МППСС і місцевих правил - 18; конструктивні недоліки і приховані дефекти - 7; порушення ПТЕ механізмів судна - 7; форс-мажорні обставини - 20.

В регіоні: втрата орієнтації - 55; помилки в управлінні при маневруванні судном - 40; порушення МППСС і місцевих правил - 30; конструктивні недоліки і приховані дефекти судна - 9; порушення ПТЕ механізмів судна - 8; форс-мажор - 31.

Як впливає з аналізу аварійності суден за 1978 - 2002 р.р. перше десятиліття макро показники аварійності були вищими, ніж у наступні роки. У другому десятилітті вони знизилися на 44%. Останні 5 років досліджуваного періоду мають незначну тенденцію до зниження, в порівнянні з другим десятиліттям. Навігаційні аварії становлять 79%, що в два рази перевищує середньостатистичні показники в світі. Причиною таких аварій являється недостатня швидкодія приладів системи контролю параметрів маневрування і запізнення інформації до часу прийняття рішення.

За відомим станом видимості під час події, отриманого із записів в судових журналах на підставі аналізу 106 навігаційних пригод із загального

числа 173, були отримані наступні результати [29]. Найбільша кількість посадок суден на землю сталося в темний час доби і в денний час при обмеженій видимості. У світлий час доби посадок на ґрунт на 28% менше. Зіткнення суден і навали не залежать від видимості.

З аналізу випливає, що найбільшу кількість пригод сталося восени. З 153 випадків в осінню пору року сталося 47, що становить понад 30%, взимку - 27%, навесні - 24%, влітку - 18%.

Цікавим видається вплив часу доби, який визначається кваліфікацією оператора. Оскільки в журналах обліку капітанами портів не завжди вказувалося час події, для детального аналізу було прийнято тільки 92 аварійних випадки. Розподіл по вахтах в 1978-2002 роках. виглядає наступним чином: старших помічників капітана - 34,8%; друге помічників капітана - 21,7%; третє помічників капітана - 43,5%. Події на вахтах третє помічників говорить про недостатній контроль над їх роботою з боку капітанів суден.

Без урахування аварійних випадків з технічних причин, до аналізу прийнято всього 158 морських пригод, з них з лоцманом на борту сталося 43, без лоцмана - 115. Ці дані свідчать про те, що лоцманська проводка є ефективним засобом підвищення навігаційної безпеки.

Аналізуючи події, необхідно відзначити, що посадка на землю, зіткнення і навали відбувалися через втрату орієнтації, помилкового маневрування в обмежених акваторіях - портах і каналах, як правило, в складних навігаційних умовах плавання. Такі аварії обумовлені втратою інформації про процес руху, викликаного інтенсивністю судноплавства і значної кількості навігаційних обмежень, відстань до яких можна порівняти з геометричними розмірами суден. Значний інтерес представляють особливості аварійності промислових суден [38], які працюють зазвичай в прибережних районах з великою скупченістю. Особливістю аварій таких суден є наявність двох видів відповідальності: договірної і позадоговірної, причому вид відповідальності визначається характером аварійного випадку. Однак, незважаючи на особливості роботи промислових суден, навігаційна аварійність переважає,

приблизно як і для транспортних судів. Тому заходи щодо її попередження будуть аналогічними.

Іншим видом навігаційної аварійності є зіткнення суден. Найбільш ґрунтовний аналіз аварійних подій наведено в роботі [39]. У ній розглянуті причини і наслідки аварій морських суден, що сталися в результаті зіткнень. При розборі характеру події і його хронології проаналізовані дії судноводіїв з управління судном в процесі аварії. Розбір аварій проводився на підставі міжнародних правил попередження зіткнення суден (МППЗС-72). Обговорюються рішення судових органів європейських країн у справах про зіткнення, включаючи випадки пригод з лоцманом на борту [40]. Показано, що причиною аварії являється відсутність систем автоматичної оцінки надмірного, небезпечного та аварійного зближення і систем підтримки прийняття рішення для його попередження.

В подальшому в роботі [41]. Вперше розроблено: спосіб виявлення ситуації небезпечного зближення в стислих умовах плавання з використанням зон безпеки еліптичної і прямокутної форм; метод формування областей припустимих маневрів відхилення і розрахунку параметрів оптимального маневру відхилення при розходженні в стислих умовах плавання. Було удосконалено процедуру оцінки можливості безпечного розходження при еліптичній і прямокутній формах зон безпеки суден та здобула подальший розвиток процедура врахування впливу динаміки судна на його поворотність при розрахунку параметрів маневру відхилення в стислих умовах плавання. Запропонований в роботі спосіб може бути використаний для вирішення ситуаційних транспортних завдань прогнозуючого характеру.

У роботах [42 - 44] представлені докладні відомості про зближення двох суден і методика вибору оптимального маневру для розходження. Зазначені маневри вибираються з урахуванням регламентації існуючих правил МППЗС - 72 і наявності акваторії для маневрування.

У роботах [45 - 47] розглянуті способи аналітичного обліку навігаційних небезпек. Наведено умови існування безлічі допустимих маневрів розходження

з урахуванням навігаційних небезпек і вибору оптимального. Отримано формалізовані моделі обліку лінійних навігаційних небезпек при розходженні суден. Показано, що причиною аварії являється відсутність систем визначення неприпустимого відхилення від заданого шляху.

У роботах [48 - 49] розглянуті питання моделювання руху, коли геометричні розміри судна порівнянні з розмірами акваторії для маневрування. Це зажадало дослідження часу перекладки керма, постійної часу затримки повороту і тривалості еволюційного періоду при досягненні встановленого значення параметра поворотності. Однак питання оптимізації процесу планування криволінійного руху не розглянуті.

У роботах [50 - 52] розглянуто розрахунок параметрів безпечного розходження з урахуванням їх маневрених властивостей, включаючи різні моделі поворотності суден. При цьому враховуються значення швидкості перекладки керма, постійна часу затримки повороту і момент настання встановленого руху. Враховується момент настання надмірного зближення і стратегія розходження. Методика визначення надмірного зближення і вибору відповідного маневру для його попередження не розглянуті.

У дослідженнях [53 - 60] міститься теоретичне узагальнення і нове вирішення науково-практичного завдання підвищення інформаційного забезпечення процесу управління аварійним судном при виконанні морських операцій, за рахунок розробки та реалізації методів оцінки перед аварійного стану, вибору буксирного забезпечення способом балансу керуючих сил і вдосконалення способів підготовки до роботи при аварійних пригодах.

Системне вивчення процесу руху при аварійному подію в екстремальних умовах, стало основним положенням при розробці алгоритму синергетичного командного управління судном для попередження виникнення аварійної загрози, а також дії команди містка при відмові судових засобів управління. Використання таких технологічних процесів організації роботи команди містка, при аварійній ситуації або відмову судових рушійних пристроїв, забезпечують безпеку маневрування.

У зазначених роботах отримані математичні моделі і розрахункові схеми способів і навігаційних пристроїв ситуаційного аналізу надмірного, небезпечного і аварійного зближення, способи організації командного управління для безпечного маневрування морських суден і попередження аварійної ситуації при відмові суднових засобів управління за рахунок використання алгоритмів їх заміщення. Моделі адаптовані до інженерних і конструкторських розрахунків і базуються на наступних фактах.

1. Безпечне проходження судна в умовах обмеженого простору залежить від дотримання допустимої швидкості.

2. Попередження посадки на мілину або зіткнення з іншими суднами, можна виконати шляхом контролю допустимого відхилення від заданої високоточної траєкторії.

3. Готовність команди керування маневруванням судна в аварійних ситуаціях визначається наявністю підготовки за спеціальною програмою, що включає як високоточне планування траєкторії, методику вибору адекватного умовам буксирного забезпечення, так і підготовку команди містка за спеціальним алгоритмом.

Способи підвищення точності планування руху і розходження наведені в роботах [61-63]. У них розглянуті інверсний метод планування траєкторії, який дозволяє методологічно визначити безпечну траєкторію руху з урахуванням маневрених властивостей судна. Крім того детально розглянуті способи обліку маневрених властивостей, при формуванні траєкторії руху. Наведені способи дозволили створити методику вибору курсу при криволінійному русі.

У роботах [64-66] розглянуті основні напрямки та методологічна основа формування способів безаварійного плавання суден. Наведена практична реалізація методів синтезу оптимального маневру, що відповідає існуючим навігаційним небезпекам і обмеженості умов плавання. Запропоновано спосіб урахування кожного з обмежень окремо і запропонована методика їх загального обліку при виборі маневру.

У роботах [67,68] розглянуті питання вибору найкращого маневру при

багатовимірному процесі розходження ігровими методами, оскільки він описується нелінійними формалізованими моделями і має нестационарні характеристики.

В роботі [69] наведено формалізована модель автоматичної системи попередження зіткнення і розглянуто алгоритм імітації процесу зближення і розходження. Отримані результати імітаційного моделювання підтверджують можливість реалізації у вигляді навігаційного пристрою і створення системи підтримки прийняття рішення.

В роботі [70] приведена стратегія ухилення від зіткнення з одним судном, яка синтезована на трьох рівнявому алгоритмі. Модулі, які описують траєкторію і параметри руху, засновані на методиці перетворення координат і геометричної моделі переміщення. За цими даними проводиться ідентифікація параметрів маневрування і ієрархія дій при виборі виду зміни курсу і / або швидкості.

В роботі [71] аналізується можливість використання принципу координації видів маневрування для попередження зіткнення, в разі зіткнення, який розбирався в Морському арбітражному суді. При цьому наголошується, що маневр одвороту повинен володіти перевагою, перед маневром гальмування, оскільки він вимагає більше часу і відстані для успішного його виконання.

В роботі [72] проаналізовані технічні можливості берегової системи управління рухом суден і АІС, як допоміжний засіб попередження зіткнення суден у морі. Запропоновано організувати Морську географічну інформаційну систему (MGIS) для оцінки області зіткнення, яка використовує формалізовану модель оцінки часу і місця зіткнення. Це дозволить береговому навігаційного пристрою попередити зіткнення і вибрати відповідний маневр для безпечного розходження.

Аналогічний напрямок вирішення завдання розходження з використанням АІС, як допоміжний засіб, приведено в роботі [73]. Як показав виконаний аналіз, інформація, що транслюється АІС для позначення типу судна і його навігаційного статусу, систематизована, не є вичерпною і не в повній мірі

відображає випадки, передбачені в МППЗС.

У роботі сформульовані рекомендації для судноводія по введенню інформації в апаратуру АІС з метою забезпечити максимально можливу відповідність між такою інформацією і вогнями і знаками, запропонованими МППЗС.

Наукові роботи [74-81] присвячені актуальній задачі підвищення безпеки судноплавства за рахунок вдосконалення навігаційних берегових систем управління рухом суден у морі, а метою дослідження є зниження аварійності суден в територіальному морі України.

В указаних роботах вирішено завдання організації процесів безпечного розходження суден у портових водах і на підходах до них береговими навігаційними системами.

Розглянуті розрахункові схеми і алгоритми дозволяють побудувати систему підтримки прийняття рішення щодо вибору маневру розходження береговою системою, для суден у зоні відповідальності.

У монографії [82] розглянуто спосіб вирішення завдання розходження шляхом виходу на паралельну лінію відносного шляху. Для підвищення ефективності вирішення задачі створена інтелектуальна система. В основі її роботи використовується спосіб вибору маневру для розходження шляхом виходу на паралельну лінію початкового курсу. З безлічі можливих варіантів вирішення вибирається оптимальний безпечний курс.

У роботах [83 - 85] розглянуті питання ефективної координації бінарної взаємодії суден та отримані відповідні формалізовані моделі. Розроблено формалізована модель взаємодії безлічі суден при небезпечному зближенні. Розглянуто питання вибору маневру розбіжності декількох судів шляхом зміни курсу власного.

У роботах [86 - 90] розглянуті теоретичні основи маневрування судна і отримані формалізовані моделі гальмування і поворотності. Розглянуто програмна реалізація шести найбільш важливих завдань маневрування, при плануванні яких враховуються динамічні характеристики судна. Зазначені

результати можуть бути використані при створенні систем підтримки прийняття рішення по маневрування.

У роботах [91 - 95] отримані наукові результати, які вирішують проблеми безпеки судноплавства методами теорії інформаційного забезпечення систем управління рухом суден методами кластерної - ймовірнісної методології дослідження інформаційної безпеки судна. Закономірності та теоретичні положення інформаційного забезпечення боргових СУРС, можуть бути використані в морській інфраструктурі, для підвищення безпеки роботи морських транспортних засобів.

Аналіз конкретних аварійних випадків [96] дозволяє визначити і основні причини зіткнень. Вибір правильного, відповідного поставленої задачі контексту розгляду - само по собі важливе завдання, багато в чому визначає результати аналізу. Відстежуючи якісні зміни в минулому, ми отримуємо достовірну, абсолютно об'єктивну, не залежну від нас інформацію. Її аналіз дає відповіді на питання визначення причин і наслідків події, і дозволяє визначити якісні переходи в розвитку даної проблеми.

Основною узагальненою причиною таких аварій [97] є відсутність типових алгоритмів діяльності судноводія при плаванні в обмежених умовах, а також нехтування підготовкою до лоцманської проводки, як елементу навігаційного планування переходу судна з метою поліпшення орієнтування при управлінні, а також недостатнє використання послуг лоцмана. Для їх усунення необхідно обробляти інформацію і представляти її оператору у вигляді процедурних рекомендацій, які однозначно їм сприймаються.

При використанні декларативної інформації [98] для контролю над параметрами процесу управління при необхідності коригування планової траєкторії необхідно виконувати розрахунки, що потребує часу якого обмаль, а це призводить до помилок в управлінні процесом маневрування.

Для підвищення безпеки необхідно розробляти кібернетичну систему підтримки прийняття рішення. Затримки в інтелектуальній діяльності оператора впливають на швидкість і надійність прийняття рішення і контролю

над його реалізацією. Цей етап призводить до помилок в дотриманні правил плавання.

Антропометричні характеристики оператора визначають умови функціонування його фізіологічних систем [99], і виявити їх за результатами аналізу не вдається через відсутність відповідних відомостей. Однак, як відомо, вони безпосередньо впливають на процес управління і вимагають окремого дослідження. Безпека маневрування в розглянутих випадках не забезпечувалася через відсутність необхідних відомостей про маневрені характеристики судна, як об'єкта управління і даних про його поточний стан, які повинні забезпечити засоби судноводіння для контролю над рухом.

Для реалізації концепції гарантованої безпеки в роботі [100] пропонується синтезувати формалізовані моделі отримування повороту і включити їх в систему підтримки прийняття рішення при маневруванні. Наведено обґрунтовані рекомендації про доцільність використання для отримування повороту кутів перекладки руля більше 15° .

Крім того в умовах неповної та суперечливої інформації про процес маневрування необхідно використовувати [101] інтелектуальні системи підтримки прийняття рішень з управління судном, включаючи планування і контроль місця [102] для криволінійних траєкторій.

1.3. Формування напрямку дослідження.

Виконаний огляд літературних джерел, щодо забезпечення навігаційної безпеки судноплавства в умовах стислих вод, показав, що основними причинами аварійних подій є: недостатня точність планування заданого шляху; низька точність приладів визначення місця судна; недостатня швидкодія приладів системи контролю параметрів маневрування, і запізнювання інформації до моменту прийняття рішення, згідно з сценарієм виконання морської операції; втрата інформації про процес руху, викликана надмірною

інтенсивністю судноплавства; наявністю значної кількості навігаційних обмежень, відстань до яких можна порівняти з геометричними розмірами судна; низька швидкодія системи прийняття рішень в зв'язку з відсутністю систем автоматичного визначення неприпустимого відхилення від лінії заданого шляху; відсутністю систем автоматичної оцінки надмірного, небезпечного або аварійного зближення і рекомендацій по вибору відповідного маневру для його попередження.

Недостатня точність планування шляху, особливо на криволінійних відрізках, пов'язана з відсутністю врахування характеристик повороткості при плануванні заданих координат. Це потребує розробки способів підвищення точності планування за рахунок врахування характеристик повороткості, включаючи новітні методи відрізків і перпендикулярів.

Низька точність приладів визначення місця судна пов'язана з відсутністю диференційних поправок в окремих районах стислих вод і велике значення поправок перерахування координат приймальної супутникової антени на центр ваги, які порівняні з відстанню до небезпек.

Недостатня швидкодія приладів контролю параметрів маневрування призводить до затримки інформації до часу прийняття, що призводить до перед аварійної ситуації і потребує використання автоматизації окремих функцій її обробки.

Значна кількість навігаційних обмежень та невелика відстань до них потребує використання систем, які оперативно визначають появу небезпеки і підтримують прийняття рішення по попередженню навігаційної пригоди.

Відсутність системи автоматичного визначення неприпустимого відхилення від високоточного спланованого заданого шляху призводить до втрати орієнтації судноводія в навігаційній обстановці і несвоєчасного коригування руху згідно до сценаріям виконання морської операції.

Під час знаходження в звичайних умовах маневрування, крім інформації про параметри стану об'єкта управління і зовнішніх впливів, оператор завантажений значною кількістю інших відомостей, пов'язаних з процесом

судноводіння. З цієї причини у нього виникає необхідність опрацювання значного обсягу інформації.

Існуючі навігаційні пристрої на морських судах мають здатність видавати інформацію у вигляді, який вимагає додаткової обробки для прийняття рішення. Необхідність виконання розрахунків призводить до затримки рішення, запізніле виконання якого ускладнює процес управління маневруванням, включаючи перед аварійний стан.

Це викликає необхідність підготовки інформації для віддачі команд у вигляді знання, яка не вимагає додаткової обробки і готова для прийняття рішення. Основою для формування таких даних є введення в структуру навігаційних пристроїв і систем блоків розрахунку маневрених характеристик, які дозволяють визначати параметри гальмування і керованості, без знання яких забезпечити безпечне управління рухом не представляється можливим.

Спроба зменшити вплив людини на безпеку за рахунок автоматизації виконання окремих функцій, не виключає його зі сфери управління, а призводить до ще більш тісного зв'язку з пристроями і системами. Вирішальний вплив на його функції в процесі управління зробило відділення людини - оператора (ЛО) від об'єктів управління і він став взаємодіяти з їх інформаційними моделями. Це призвело до того, що він почав керувати за показниками приладів і індикаторів, що збільшило вимоги до психофізіологічних характеристик ЛО.

Близькість навігаційних небезпек при плаванні в стислих водах, включаючи прибережні і внутрішні водні шляхи, портові акваторії і прилеглі інфраструктури викликає необхідність частої зміни курсу, швидкості і зменшення інтервалу часу між процедурами визначення місця.

Для забезпечення навігаційної безпеки руху в умовах стислих вод актуальним є оперативне, високоточне планування і перепланування безпечного шляху з урахуванням маневрених властивостей.

Для вибору безпечного шляху необхідно використовувати способи оперативного високоточного планування і перепланування траєкторних точок з

урахуванням характеристик повороткості і гальмування. Для оперативного високоточного контролю місця потрібне використання супутникових систем в диференціальному режимі і швидкодіючих автоматичних засобів розрахунку відхилення місця від безпечного.

З цієї причини питання вдосконалення способів високоточного планування та інформаційного забезпечення процесу руху в умовах стислих вод для організації безпечного маневрування є актуальним і становить основний напрямок даної дисертаційної роботи.

1.4. Висновки по першому розділу

Виконаний огляд літературних джерел і розгляд термінологічних понять розділу науки, предметом досліджень яких є безпека судноплавства, дозволив виділити основні шляхи розробки навігаційних пристроїв для системи управління процесом руху судна в стислих водах, функціональне призначення яких визначається характером причин, які призводять до аварійних пригод. Така система повинна мати наступні елементи, функціональне призначення яких є попередження перед аварійного стану та усунення їх причин: вибору режиму руху по умовам видимості і маневреним характеристикам судна; планування заданого шляху, для сценарію виконання морської операції високоточними траєкторними точками, включаючи криволінійні ділянки, з урахуванням маневрених характеристик; високоточного автоматичного контролю недопустимого відхилення від планової траєкторії; перерахунку координат приймальної супутникової антени на центр ваги; визначення характеристик гальмування і повороткості для оперативного врахування їх значення при переплануванні заданого шляху для коригування руху; сценарного планування суднового навігаційного плану для району лоцманської проводки інверсним способом.

Огляд літературних джерел та аналіз основних напрямків вирішення проблеми організації руху судна в рейсі на переході показав, що стислі води,

включаючи прибережні і внутрішні водні шляхи, є основним джерелом аварійних подій. Для організації безпечного судноплавства потрібне використання інноваційних технологій планування траєкторій руху суден, і контролю над процесом їх управління судновими засобами. Для забезпечення безпечного управління рухом суден необхідно оцінити співвідношення геометричних розмірів суден та операційної акваторії, маневрені їх властивості, і розробити обґрунтований план переходу, який дозволить організувати безпечне проходження суден і створить передумови для безаварійного плавання в районах інтенсивного судноплавства.

Обґрунтовано основні напрями дослідження щодо вдосконалення методів судноводіння умовах обмеженого простору, розробка яких вимагає використання методів планування руху і організації системи управління.

РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ ДОСЛІДЖЕННЯ

Інформаційний пошук, виконаний в першому розділі, є початковим етапом проблеми визначення предмета досліджень і надає цілеспрямованість системному аналізу.

Виконаний інформаційний пошук по проблемі безпечного руху по стислому водному шляху показав, що недостатня точність планування заданого шляху, з урахуванням маневрених властивостей судна, низька точність і швидкодія поточного контролю місця, викликає проблеми інформаційного забезпечення процесу маневрування в обмежених умовах. Це не дозволяє прийняти адекватне рішення з управління судном при відхиленні від заданого шляху і зміні зовнішніх умов.

Крім того виникає питання координації трьох операційного управління рухом судна - капітана, лоцмана - оператора СУРС і лоцмана, в районах лоцманського проведення. Це вимагає додаткового узгодження рішень з управлінням судном, включаючи необхідність витрат часу на обговорення команд, що віддаються

2.1. Вибір теми наукового дослідження

Метод експертної оцінки зазвичай використовується для вибору теми дослідження з урахуванням наступних факторів: актуальності існуючої проблеми; передбачуваної наукової новизни; економічної ефективності планованих наукових робіт і відповідності поставлених завдань напрямку наукової спеціальності і наукової школи.

Актуальність проведення досліджень щодо організації трьох операторного управління при проведенні судна в обмежених умовах підтверджується

концепцією Транспортної стратегії України на період до 2020 року (розпорядження КМ України від 20 жовтня 2010 року, №2174-р). У зазначеній постанові наголошується, що рівень безпеки на транспорті України і екологічного навантаження на навколишнє середовище не задовольняє сучасним вимогам.

Особливістю плавання суден в стислих водах є необхідність підвищення точності планування шляху, підвищення точності, надійності і оперативності контролю поточного місця, за рахунок розробки нових способів синтезу заданого алгоритму управління, які дозволяють удосконалити комп'ютерне інформаційне забезпечення процесу маневрування судна.

Для вирішення поставлених завдань необхідно: розробка формалізованих моделей високоточних методів планування безпечного шляху і представлення отриманих результатів у вигляді, зручному для обробки на комп'ютері; на підставі отриманих моделей розробити способи підвищення точності і оперативності контролю поточного місця; створити систему інформаційного контролю поточних параметрів безпечного стану процесу управління.

Для перевірки функціонування такої системи кожному судну необхідно провести розробку процедур верифікації розроблених моделей маневрування експериментальними даними.

Таким чином, вдосконалення способів підвищення точності планування заданого шляху, зменшення похибок навігаційних пристроїв оперативного контролю поточного місця і автоматизація процесу обробки навігаційної інформації системою управління процесом маневрування дозволили зробити вибір теми дослідницької роботи в такій редакції: «Удосконалення методів планування шляху і управління судном в стислих водах ».

Для забезпечення зазначених заходів, щодо вдосконалення безпечного судноплавства в стислих водах, необхідно досліджувати і вирішити такі завдання:

–виконати декомпозицію головного завдання по розробці високоточних методів планування шляху судна і оперативного контролю його руху в

обмежених умовах переходу морем на кілька незалежних завдань;

- встановити причини навігаційних подій і розробити способи високоточного планування шляху для їх попередження;

- розробити навігаційні пристрої з попередження посадки судна на мілину, торкання бровки каналу і вдосконалення математичних моделей управління, включаючи криволінійні траєкторії руху;

- розробити пристрої автоматизації обробки навігаційної інформації для процесу високоточного планування і управління судном в обмежених умовах переходу морем;

- удосконалити алгоритми управління судном в умовах обмеженого простору і способи верифікації моделей маневрування даними натурного експерименту.

При русі по фарватерах і каналах допустимі неточності переміщення судна невеликі і тому плавання по численню можливо тільки протягом коротких періодів часу. Тому значну роль при контролі місця судна на фарватері набуває інформація від берегових навігаційних систем.

У судноводінні склалася парадоксальна ситуація, коли при оцінці місця судна досягається точність порядку 2-3 метрів, а геометричні розміри судна незрівнянно більше. Це вимагає визначити точку на судні, яка відповідає вказаному місці. Зазвичай за таку точку беруть місце установки прийомної антени супутникової системи або радіолокатора.

Роль забезпечення високої точності проводки судна по заданому шляху буде посилюватися при переході до автоматичних способів управління і контролю його руху. У відкритому морі контроль над переміщенням судна здійснюється за допомогою прокладки шляху на карті і періодичних обсервацій. При цьому судноводія цілком задовольняє реєстрація місця судна в географічних координатах.

При плаванні в вузькості, особливо по фарватерах і каналах, судно повинно рухатися по строго визначеному шляху і судноводій повинен постійно контролювати зміщення судна від заданого маршруту. Крім того, зміна

навколишнього оточення при плаванні в вузькості відбувається настільки швидко, що можливість безперервної реєстрації місця судна на карті вручну в багатьох випадках дуже обмежена. Найчастіше правильність руху судна по фарватеру оцінюється шляхом окомірного спостереження його положення щодо навігаційних орієнтирів або знаків огороження.

Технічні засоби судноводіння судна не завжди забезпечують контроль місця при плаванні по каналах і фарватерах через низьку точність навігаційних пристроїв. Технічні засоби берегових систем володіють недостатньою точністю, для оцінки місця судна і контролю над процесом руху, в умовах обмеженого простору.

З цієї причини тільки комплексне використання суднових навігаційних пристроїв і берегових систем дозволить значно знизити ризик аварій.

У найзагальнішому вигляді змістовна модель системи управління маневруванням складається з трьох елементарних операцій: розробка заданого алгоритму управління; оцінка параметрів поточного стану; застосування коригуючого впливу, якщо з'являється неприпустиме відхилення від заданого, для приведення системи в плановий стан.

Розвиток судноводійської науки за останні десятиліття, накопичений досвід експлуатації систем управління та поява нових навігаційних систем, включаючи АІС, вимагають розробки нових методів планування і способів контролю руху, як в суднових пристроях, так і в берегових.

Тому питання вдосконалення існуючих та розробка нових способів і алгоритмів керування рухом судна при плаванні в обмежених умовах і при інтенсивному судноплавстві, є досить актуальною.

Передбачувана наукова новизна дослідження полягає в удосконаленні систем планування, інформаційного забезпечення та алгоритмів оптимального управління рухом в обмежених водах. У такій постановці завдання розробки оптимального планування траєкторії і оперативного алгоритму управління судном ставиться вперше.

Економічна доцільність проведених досліджень визначається тим, що

попередження навігаційної події економить значні матеріальні втрати і зменшує екологічної шкоди навколишньому середовищу.

Напрямок досліджень відповідає профілю роботи колективу кафедри управління судном і пов'язане з науковими програмами і планами НДР національного університету. Кафедра управління судном протягом останніх 20 років веде дослідження з визначення маневрених характеристик морських суден і вдосконалення методів управління процесом їх руху в натурних умовах; розробці основ теорії планування маневрів; імітаційному моделюванню різного роду маневрових операцій, розробці тренажерів для формування навичок з управління суднами.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.22.13. - навігація і управління рухом (Пункти 1,6, 10, 16 Паспорту спеціальності).

Реалізація результатів досліджень визначається тим, що Україна має виробничий і науковий потенціал, який здатний створити відповідні програми, алгоритми і комп'ютерні пристрої.

2.2. Мета, задачі і методи виконання роботи

Метою дослідження є підвищення точності планування траєкторії руху при плаванні в небезпечних районах стислих вод, на каналах і фарватерах, при лоцманській проводці, шляхом включення до складу системи управління навігаційних пристроїв для оцінки небезпечного зближення с суднами, підвищення точності контролю над параметрами руху шляхом перерахунку координат приймальної антени на центр ваги, використання інформації від АІС та створення систем підтримки прийняття рішень з маневрування.

Прийнята наукова гіпотеза про можливість організації безпечного процесу управління судном в стислих водах за рахунок високоточних методів планування оптимального шляху траєкторними точками, автоматизацію процесу розрахунку параметрів руху для оперативного контролю поточного місця. Наукова гіпотеза виходить з можливості швидкої адаптації процесу управління судном на маршруті руху і виконанні морських операцій,

використовуючи його маневрені характеристики, особливості району плавання і місцеві правила.

Головним завданням являється розробка високоточних методів планування шляху судна, вибір режиму руху адекватного навігаційним умовам стислих вод і оперативного контролю його руху в обмежених водах. Для вирішення головного завдання вона розділена на три незалежних допоміжних: вибір безпечного режиму руху в небезпечних районах обмежених вод; розробка високоточних методів планування шляху ТТ для інформаційного забезпечення переходу; розробка навігаційного пристрою підтримки прийняття рішення в небезпечних районах обмежених вод.

Показано, що отримані результати є результатом рішення незалежних допоміжних завдань. Крім того сформульовано наукове положення згідно з яким безпека руху суден в небезпечних районах обмежених вод забезпечується використанням високоточних методів планування заданих координат, контролю відхилення поточного місця від планового шляху за допомогою автоматичного пристрою і інформаційного забезпечення контролю зближення з іншими суднами або навігаційними небезпеками.

Найважливішою особливістю управління рухом судна при русі в стислих водах, і особливо в небезпечних районах і на криволінійних траєкторіях є контроль місця в величинах поперечного та поздовжнього зсуву трьома операторами. Капітан контролює рух судна штатними судновими навігаційними пристроями. Лоцман контролює місце судна з використанням індивідуальних навігаційних пристроїв, а при необхідності використовує і суднові. Лоцман - оператор СУРС контролює місце з використанням берегових РЛС, а останнім часом і з використанням АІС.

У практиці судноводіння маршрутні координати використовуються досить широко: при окомірній оцінці капітаном положення судна відносно знаків навігаційної обстановки, при проводці по радіолокаційному зображенню суднової РЛС, при проводках за допомогою берегових РЛС.

Однак, будучи зручним засобом контролю положення судна на лінії

заданого шляху, їх використання не дозволяє вирішити головну задачу - оцінити ситуацію зміщення і прийняти обґрунтоване рішення по управлінню.

Для вирішення головного завдання вона розділена на три незалежних допоміжних: вибір безпечного режиму руху в небезпечних районах обмежених вод; розробка високоточних методів планування безпечного шляху для інформаційного забезпечення переходу; розробка навігаційного пристрою підтримки прийняття рішення в небезпечних районах обмежених вод.

Об'єктом дослідження є процеси руху судна в стислих водах.

Предметом дослідження є процеси маневрування судна по заданому шляху в стислих водах.

Методи дослідження. Удосконалення технології високоточного планування заданого шляху і безпечного управління по ньому забезпечується теоретично - експериментальним рішенням дослідницьких завдань на загальному методологічному підґрунті. Шляхом аналізу основних підходів методом дедукції визначені проблеми безпеки судноводіння. Методи експертної оцінки використані для вибору теми і напрямку досліджень. Рішення рівнянь моделей руху судна здійснено з використання сучасного обчислювального комплексу дослідження операцій, при декомпозиції головної задачі, і теоретичної механіки при розробці диференціальних рівнянь руху та математичного аналізу для їх вирішення.

Теорія систем застосовувалася при вивченні ієрархії відносин в системі маневрування, а теорія управління використовувалася при аналізі і систематизації способів маневрування, створенні формалізованих моделей для планування траєкторії і управління процесом руху.

Методи аналітичної геометрії використовувалися для формалізації побудови планованої траєкторії руху судна, а теорія помилок для оцінки похибок визначення місця судна судовими навігаційними пристроями.

В процесі виконання роботи використовувалися як теоретичні, так і експериментальні методи дослідження.

2.3. Формування технологічної карти досліджень

Реалізація системного підходу до дослідження проблеми, що розглядається в дисертації, виражена структурою методологічного забезпечення досліджень, яка приведена на технологічній карті (рис. 2.1). Відповідно до технологічної карти тема дисертаційної роботи формується на основі аналізу аварійних подій при плаванні в небезпечних районах стислих вод, шляхом спостереження процесу руху і його проблеми, не знаходять досить вичерпної відповіді в науці.

Наукова гіпотеза визначає можливість вирішення головного завдання шляхом декомпозиції на кілька допоміжних. Після їх вирішення виконаємо синтез системи планування шляху і управління рухом по ній.

Вирішення першого допоміжного завдання описано п'ятьма моделями руху судна: розрахунок безпечної швидкості по дальності впевненого виявлення нерухомої небезпеки; розрахунок безпечної швидкості по дальності впевненого виявлення рухомого об'єкта; описано рух судна на прямолінійних ділянках шляху; описано рух на каналах і фарватерах: розроблено спосіб попередження посадки судна на мілину.

При вирішенні другого допоміжного завдання необхідно розробити високоточні методи планування шляху для інформаційного забезпечення переходу в небезпечних районах стислих вод, включаючи криволінійні ділянки, що враховує маневрені властивості судна і обмеження акваторії. Крім того виникає необхідність складання детального суднового навігаційного плану для небезпечних ділянок стислих вод і при плаванні під проводкою лоцмана.

При вирішенні третього допоміжного завдання необхідно розробити розрахункові схеми, блок схему роботи і структуру навігаційного пристрою, який дозволяє складати оперативний план проводки для небезпечних районів стислих вод інверсним способом і володіє функціями підтримки прийняття рішень.

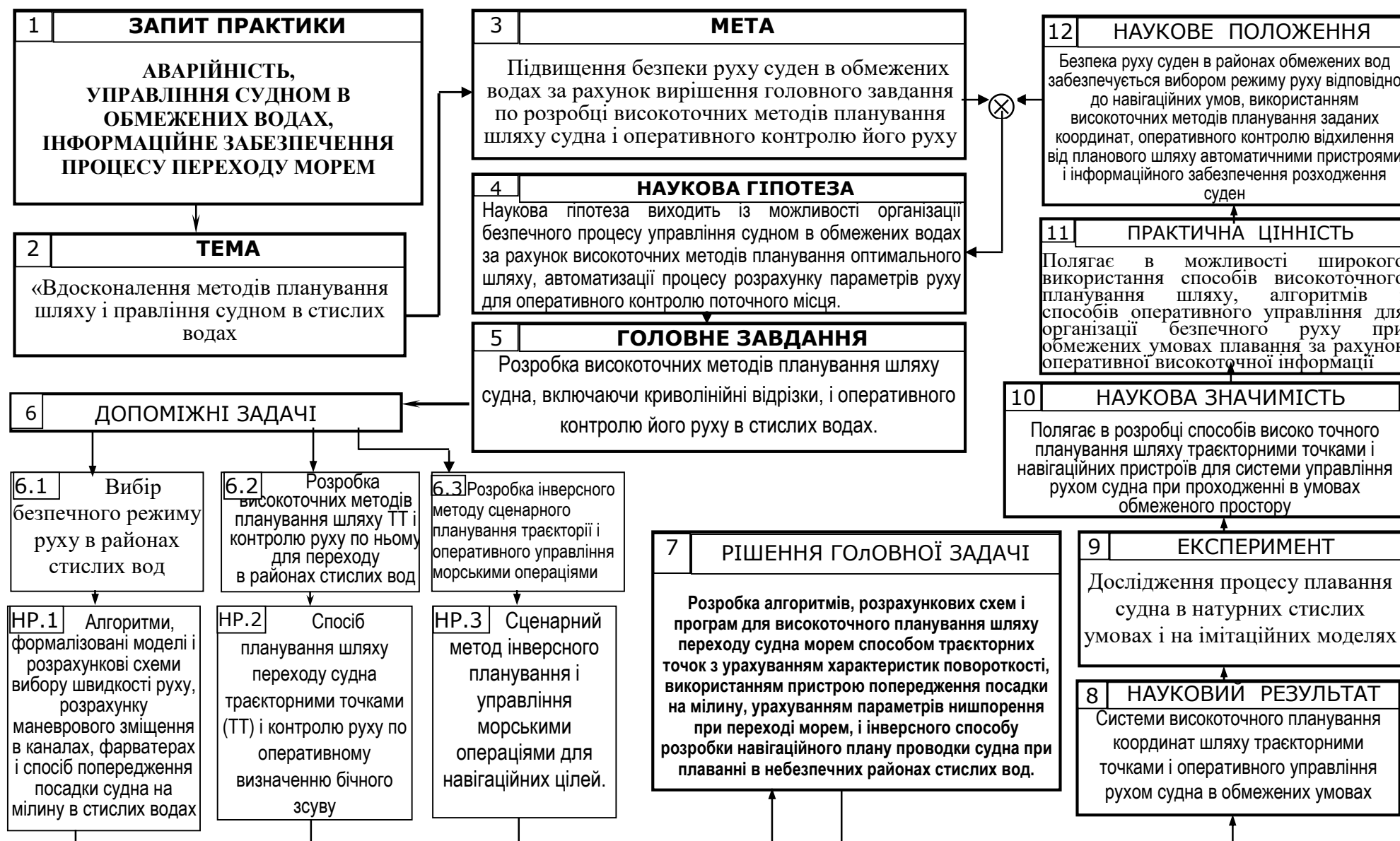


Рис. 2.1. Технологічна карта наукового дослідження

Для перевірки коректності отриманих теоретичних результатів дисертаційної роботи було проведено імітаційне моделювання процесу планування шляху і проводки в районі Руської коси на БДЛК і при заході в порт Южний.

Отримані в роботі наукові результати і проведені експерименти підтвердили коректність наукової гіпотези про можливість організації безпечного процесу управління судном в обмежених водах за рахунок високоточних методів планування оптимального шляху, автоматизації процесу розрахунку параметрів руху для оперативного контролю поточного місця. Це дає можливість швидкої адаптації процесу управління судном на маршруті руху і при виконанні морських операцій, використовуючи дані про його маневрені характеристики, враховуючи особливості району плавання і місцеві правила.

Після вибору теми дослідження формується основне питання дослідження - його мета. Такою метою являється підвищення безпеки руху суден в обмежених водах за рахунок вирішення головного завдання по розробці високоточних методів планування шляху судна і оперативного контролю його руху .

Досягненню поставленої мети спрямоване подальше дисертаційне дослідження, шляхом аналізу існуючих методів планування переходу при плаванні в обмежених водах для забезпечення навігаційної безпеки. Воно зроблене шляхом обґрунтованого вибору режиму руху за умовами плавання, високоточного планування шляху координатами траєкторних точок, включаючи криволінійні ділянки і автоматизацію контролю параметрів руху для підвищення швидкодії системи управління. Рішення головного завдання здійснено шляхом попереднього рішення допоміжних завдань, які формуються після прийняття припущень наукової гіпотези.

Наукова новизна вирішення головного завдання передбачає розробку методології планування досліджень по створенню навігаційного плану руху в умовах обмеженого простору вод, включаючи криволінійні ділянки і небезпечні райони, а також судновий навігаційний план лоцманської проводки,

заснований на обліку маневрених характеристик судна, особливостей району плавання і місцевих правил, шляхом створення спеціального комп'ютерного пристрою, що містить необхідний обсяг даних, знань, а також систему підтримки прийняття рішень з управління маневруванням судна.

Наукова значимість результатів дослідження полягає у встановленні в системі двох операційного управління рухом судна при русі в обмежених водах, небезпечних районах і на криволінійних ділянках шляху та введення додаткових прямих, зворотних і локальних зв'язків між її елементами для підвищення точності і швидкодії роботи системи для узгодженого прийняття адекватного умовам плавання рішення по маневруванню.

Практична цінність дослідження полягає в можливості широкого використання отриманих результатів для оперативного планування заданого алгоритму функціонування системи управління рухом під час прямування в стислих водах, небезпечних його районах і на кінцевих ділянках переходу, для перепланування шляху і складання суднового навігаційного плану плавання при лоцманській проводці.

Наукове положення дослідження полягає в тому, що безпека руху суден в небезпечних районах стислих вод забезпечується використанням високоточних методів планування заданих координат траєкторними точками, оперативного контролю відхилення поточного місця від планового шляху за допомогою автоматичного пристрою для попередження посадки судна на мілину і інформаційного забезпечення розходження з іншими суднами.

2.4. Висновки по другому розділу

1 При розробці заданого алгоритму управління судном під час плавання на переході і в умовах стислих вод використовується система шляхових точок (ШТ) у вигляді прямолінійних ділянок шляху. Існуючі навігаційні пристрої і пропоновані плани проводки для кінцевих ділянок (Pilot Passage Plan) не можуть служити для навігаційного використання і призначені, в основному, для

організаційно - розпорядчого забезпечення взаємодії при трьох - операторному управлінні лоцмана, капітана і лоцмана - оператора. Тому вимога ММО про планування шляху від причалу до причалу практично не виконується.

2 Головним завданням досліджень являється розробка високоточних методів планування шляху судна, включаючи криволінійні і кінцеві відрізки шляху переходу в рейсі, і оперативного контролю його руху в обмежених і небезпечних ділянках стислих вод.

3 При розробці технологічної карти наукового дослідження використано системний підхід, в якому для вирішення основного завдання здійснено його розбиття на допоміжні завдання, результати вирішення яких використовуються при синтезі системи управління в стислих водах.

4 Для досягнення мети дослідження були виконані натурні спостереження руху судна в стислих водах і імітаційне моделювання руху судна на тренажері. Рішення допоміжних завдань дозволили запропонувати способи високоточного планування траєкторії руху методом траєкторних точок, оцінки допустимого нищпорення при проходженні на каналах і фарватерах та розробити формалізовані моделі вибору режиму руху, та оперативного його контролю в районах стислих вод.

5 Отримані результати можуть бути використані на морських судах при плануванні суднового плану згідно з вимогами ММО від причалу до причалу, та при проходженні небезпечних ділянок стислих вод в умовах обмеженого простору і при складанні суднового навігаційного плану лоцманської проводки.

Зміст даного розділу викладено в роботах [115 - 120, 124, 127].

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА МЕТОДІВ ВИБОРУ РЕЖИМУ РУХУ В СТИСЛИХ ВОДАХ

3.1. Вибір безпечної швидкості в районах стислих вод

Аварії з суднами в умовах стислих вод відбуваються близько 20% від усіх випадків в умовах гарної, і близько 75% - при обмеженій видимості [26 - 40]. Основною причиною таких пригод являється неправильний вибір режиму руху, провідним параметром в якому належить швидкості, від якої залежить стійкість на курсі, бічний зсув, ширина смуги, яку судно займає при русі. Крім того від швидкості залежить оперативність отримання інформації і її обробка.

Оскільки завдання вибору швидкості руху не формалізована до такої міри, щоб судноводій міг зробити чисельний її розрахунок, вимога про необхідність її дотримання є декларативною. Тому першим допоміжним завданням було визначено розробку методики вибору безпечної швидкості і параметрів, які визначають режим руху.

Для того щоб вибрати швидкість руху, яка б відповідала існуючим умовам плавання і маневренним властивостями судна необхідно виробити критерій, який дозволив би зменшити число альтернатив, що впливають на прийняття рішення.

При виборі безпечної швидкості необхідно враховувати існуючі правила і регламентації національних і міжнародних нормативних документів, і особливо Правила 6 МППСС-72. Однак рекомендації, що містяться там, не дозволяють однозначно призначити безпечну швидкість, так як вони характеризують якісну сторону процесу.

Для забезпечення безпечного режиму руху визначальним буде час від моменту, коли виявлена необхідність маневрування, до часу, коли такий маневр буде виконуватися.

Виконаємо обґрунтування методики вибору і алгоритму дій судноводія при призначенні безпечної швидкості. Негайний початок зупинки судна можливий тільки при швидкості впевненого реверсування $V_{рев}$, яка є нижньою

межею безпечної швидкості. Перелік інших вимог, які необхідно враховувати при виборі безпечної швидкості згідно Правил 6, є умови видимості, маневрені характеристики і інтенсивність судноплавства, яку охарактеризуємо узагальненим критерієм - дальністю впевненого виявлення небезпеки ($D_{об}$).

З урахуванням вищевикладеного, визначальними при призначенні безпечної швидкості будуть три фактори: швидкість реверсування; дальність впевненого виявлення небезпеки $D_{об}$; маневрені характеристики судна.

Інструментальних методів визначення $D_{об}$ не існує, тому її значення оцінюють окомірною, шляхом вимірювання відстані до судна або об'єкту за допомогою РЛС в момент його виявлення.

Навігаційні небезпеки стислих вод утворюють райони, плавання в яких володіє підвищеним ризиком виникнення аварійних подій.

Безпека плавання судна у водах, обмежених навігаційними небезпеками забезпечується вибором адекватного режиму руху, високоточним плануванням заданого шляху, і належним контролем бічного відхилення, включаючи автоматизацію процесу його обчислення.

Для вибору безпечної швидкості пропонується алгоритм, розрахункова схема якого приведена на рис.3.1.

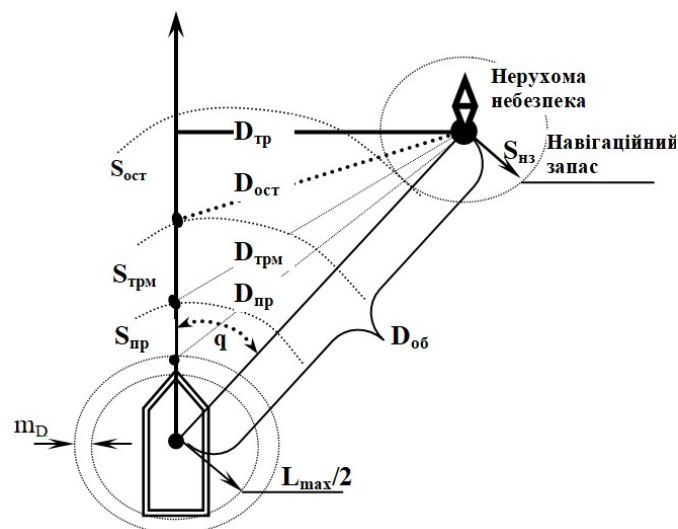


Рис. 3.1. Схема руху при нерухомій небезпеці

При цьому прийняті наступні позначення: $S_{нз}$ - навігаційний запас

нерухомої небезпеки, миль; $D_{об}$ - дальність впевненого виявлення нерухомої небезпеки, миль; q - курсовий кут небезпеки, в градусах; L_{max} - максимальна довжина власного судна, миль; m_D - СКП визначення відстані, миль; $S_{пр}$ - відстань, яке пройде власне судно за час прийняття рішення, миль; $S_{трм}$ - відстань, яке пройде власне судно за час гальмування, миль; $S_{ост}$ - відстань, на якій зупиниться власне судно з урахуванням навігаційного запасу, миль; $D_{пр}$ - відстань до небезпеки в момент початку прийняття рішення; $D_{трм}$ - відстань до небезпеки в момент початку гальмування, миль; $D_{ост}$ - відстань до небезпеки в момент зупинки судна, миль; $D_{тр}$ - траверзна відстань до небезпеки, миль.

Методика розрахунку заснована на порівнянні відстані до небезпеки $D_{об}$ від центра ваги власного судна, в момент, коли вона виявлена, з характеристиками гальмування та обліком часу, необхідного для прийняття рішення по маневруванню і його виконання.

Отримання залежностей для розрахунку безпечної швидкості по характеристикам гальмування зробимо для ситуації, коли небезпека знаходиться справа по носу, нерухома, а власне судно прямує зі швидкістю V_0 . Зіткнення з небезпекою не відбудеться, якщо відстань $D_{об}$ задовольняє (див.рис.3.1) наступній нерівності:

$$D_{об} \geq (L_{max}/2) + m_D + S_{пр} + S_{трм} + S_{нз} + S_{ост}, \quad (3.1)$$

Значення L_{max} и m_D – відомі судноводію. Значення $S_{пр}$ можливо розрахувати по формулі:

$$S_{пр} = V_0 \cdot t_{пр} \quad (3.2)$$

де V_0 – поточна швидкість руху судна;

$t_{пр}$ – час для аналізу обстановки і прийняття рішення від моменту виявлення небезпеки до віддачі команди на маневрування.

Величина $t_{пр}$ залежить від суб'єктивних якостей судноводія. Досвід роботи з судноводіями на містку, а також результати приведені в [17], показують, що тривалість процесу аналізу ситуації і прийняття рішення займає біля (1-3) хв.

Для розрахунку безпечної швидкості необхідно нерівність (3.1) розв'язати відносно $S_{\text{трм}}$, прийнявши $S_{\text{ост}} = 0$, розглядаючи найбільш несприятливий аварійний випадок зупинки при відстані $S_{\text{нз}} = (L_{\text{max}}/2) + m_D$:

$$S_{\text{трм}} = D_{\text{об}} - (L_{\text{max}} / 2) - m_D - S_{\text{пр}} - S_{\text{нз}} - S_{\text{ост}}. \quad (3.3)$$

Траверсну відстань $D_{\text{тр}}$ визначимо по формулі:

$$D_{\text{тр}} = D_{\text{об}} \cdot \sin q_{\text{оп}}. \quad (3.4)$$

Відстань до небезпеки в момент зупинки руху $D_{\text{ост}}$

$$D_{\text{ост}} = \sqrt{D_{\text{об}}^2 + D_{\text{ман}}^2 - 2 \cdot D_{\text{об}} \cdot D_{\text{ман}} \cdot \cos q_{\text{оп}}}, \quad (3.5)$$

де $D_{\text{ман}}$ - відстань, яку пройде судно при маневруванні, яка дорівнює:

$$D_{\text{ман}} = (L_{\text{max}} / 2) + m_D + S_{\text{пр}} + S_{\text{трм}}. \quad (3.6)$$

За графіками залежності $S(v)$ і $t(v)$ і обчисленому значенню гальмівного шляху за формулою (3.3), визначають безпечну швидкість з урахуванням дальності впевненого виявлення $D_{\text{об}}$. З урахуванням формули (3.3) розроблена блок-схема алгоритму, наведена на рис.3.2.

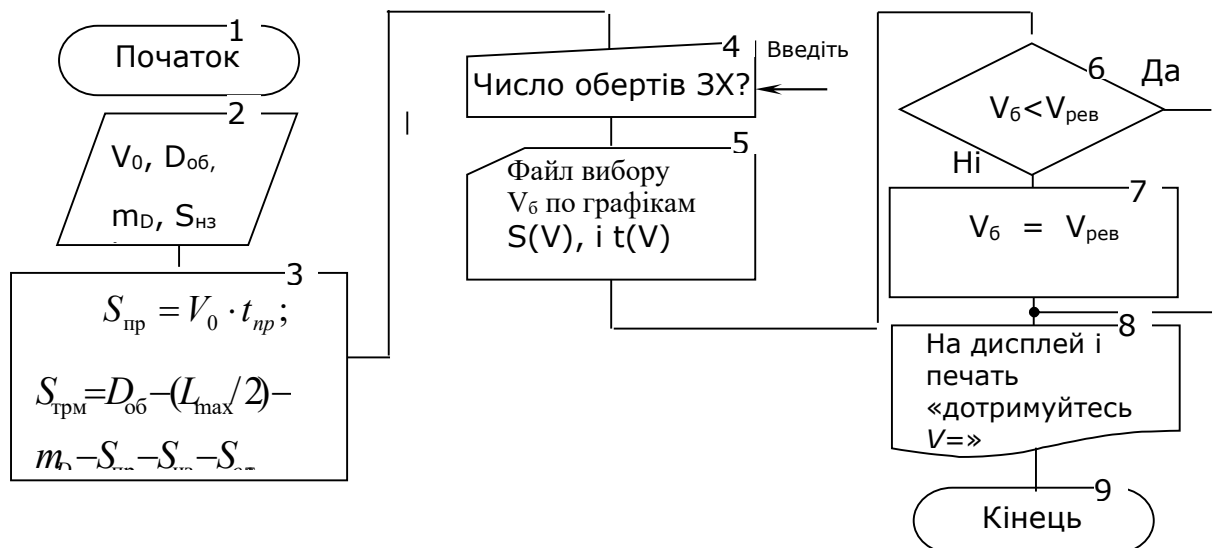


Рис. 3.2 Блок-схема розрахунку безпечної швидкості при гальмуванні

Після введення відповідних даних на екрані ПЕОМ висвічується напис "Слідувати з безпечною швидкістю $V_6 = uz$ ". Це завдання можна вирішити графічно, використовуючи дані про характеристики гальмування у вигляді

залежності шляху і часу від початкової швидкості і режиму гальмування.

Для отримання необхідних залежностей при рухомому об'єкті розглянемо рух по фарватеру двох зустрічних суден, як показано на рис.3.3.

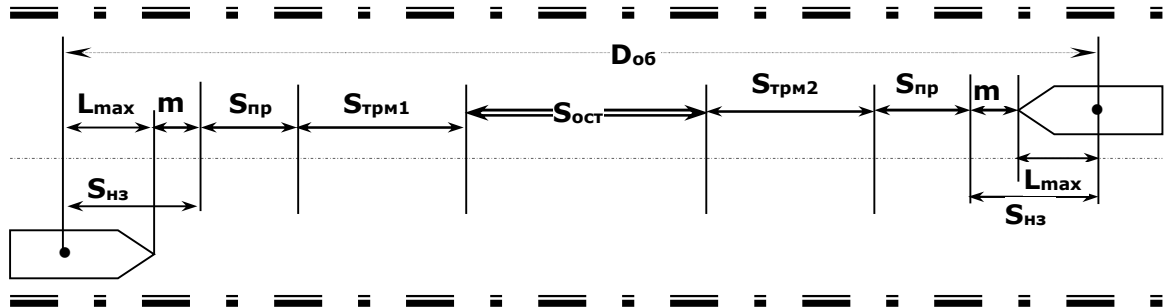


Рис. 3.3. Вибір безпечної швидкості по дальності виявлення рухомого об'єкту і гальмуванні

При розрахунку маневру гальмуванням при рухомому об'єкті залежність для вибору безпечної швидкості перетвориться до виду:

$$D_{об} \geq S_{пр1} + S_{трм1} + S_{нз1} + S_{ост} + S_{нз2} + S_{пр2} + S_{трм2} \quad (3.7)$$

$$S_{трм1} = D_{об} - S_{пр1} - S_{нз1} - S_{нз2} - S_{пр2} - S_{трм2} \quad (3.8)$$

В формулі (3.8) вважатимемо, що $S_{пр1} = S_{пр2}$ і тривалість процесу аналізу ситуації і прийняття рішення займає близько (1-3) хвилин. Значення $S_{трм2}$ може бути отримано за емпіричною формулою [9] в довжинах корпусу судна, що враховує початкову швидкість і поглиблення гвинта:

$$\bar{S} = -0.569 + 8.721 \cdot \frac{Fr}{K_{эн}} + 1.171 \cdot \frac{D_g}{T_k}, \quad (3.9)$$

де Fr - число Фруда ($v/\sqrt{g \cdot L}$); D_g - діаметр гвинта; T_k - осадка кормою;

$K_{эн}$ - коефіцієнт енергоозброєності, можна визначити по формулі:

$$K_{эн} = \frac{0,8 \cdot N_e}{D}, \quad (3.10)$$

де 0,8 - коефіцієнт, враховує використання головного двигуна в маневреному режимі при роботі на задній хід; N_e - потужність головного

двигуна, к.с. ; D - водотоннажність судна, т.

Широке впровадження автоматизованих інформаційних систем дозволяє ввести в перелік даних, крім осадки носом і кормою, ще й потужність головної силової установки і діаметр гвинта. Це дозволить береговим ЗНО і іншим суднам здійснювати маневрування, включаючи видачу обґрунтованих рекомендацій по необхідній швидкості і інтервалу руху між суднами.

При рухомій небезпеці маневр ухилення можна визначити по рис.3.4 за такою формулою:

$$D_{об} \geq S_{пр1} + \ell_1 + S_{нз1} + S_{ост} + S_{нз2} + S_{пр2} + S_{трм2}, \quad (3.11)$$

де ℓ_1 -зсув для кута перекладки на борт.

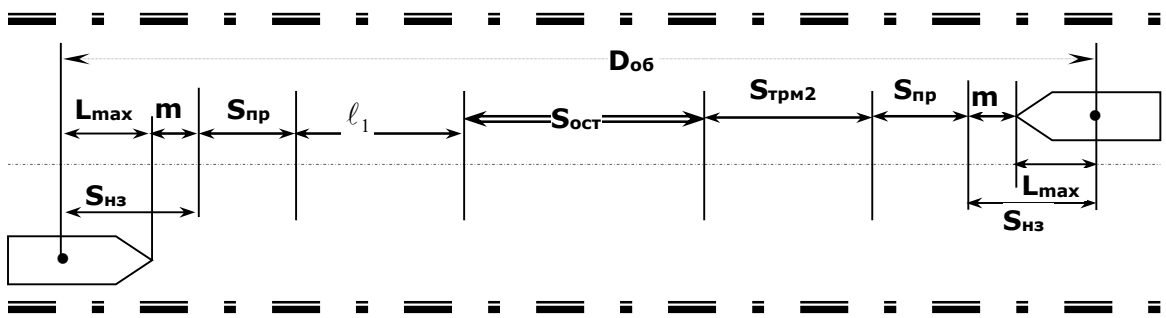


Рис. 3.4. Вибір безпечної швидкості по дальності виявлення рухомого об'єкта при маневрі відворотом

Для розрахунку безпечної швидкості по критерію ℓ_1 необхідно нерівність (3.11) розв'язати відносно ℓ_1 , прийнявши $S_{ост} = 0$, розглядаючи найбільш несприятливий аварійний випадок зупинки на відстані $S_{нз1} = (L_{max}/2) + m_D$ плюс навігаційний запас зустрічного судна $S_{нз2} = (L_{max}/2) + m_D$.

$$\ell_1 = D_{об} - S_{пр1} - S_{нз1} - S_{нз2} - S_{пр2} - S_{трм2}. \quad (3.12)$$

Наведені формули (3.8) і (3.12) дозволяють лише визначити, чи є швидкість, з якою слідує судно, безпечною. Оскільки маневр одвороту іншого судна нам не відомий, то більш переважно розраховувати безпечну швидкість за характеристиками гальмування. Блок-схема алгоритму розрахунку безпечної швидкості гальмуванням і відворотом приведена на рис.3.5. В результаті

роботи програми висвічується "безпечна швидкість за критерієм" або "дотримуйтесь з $V_6 \Rightarrow$ ".

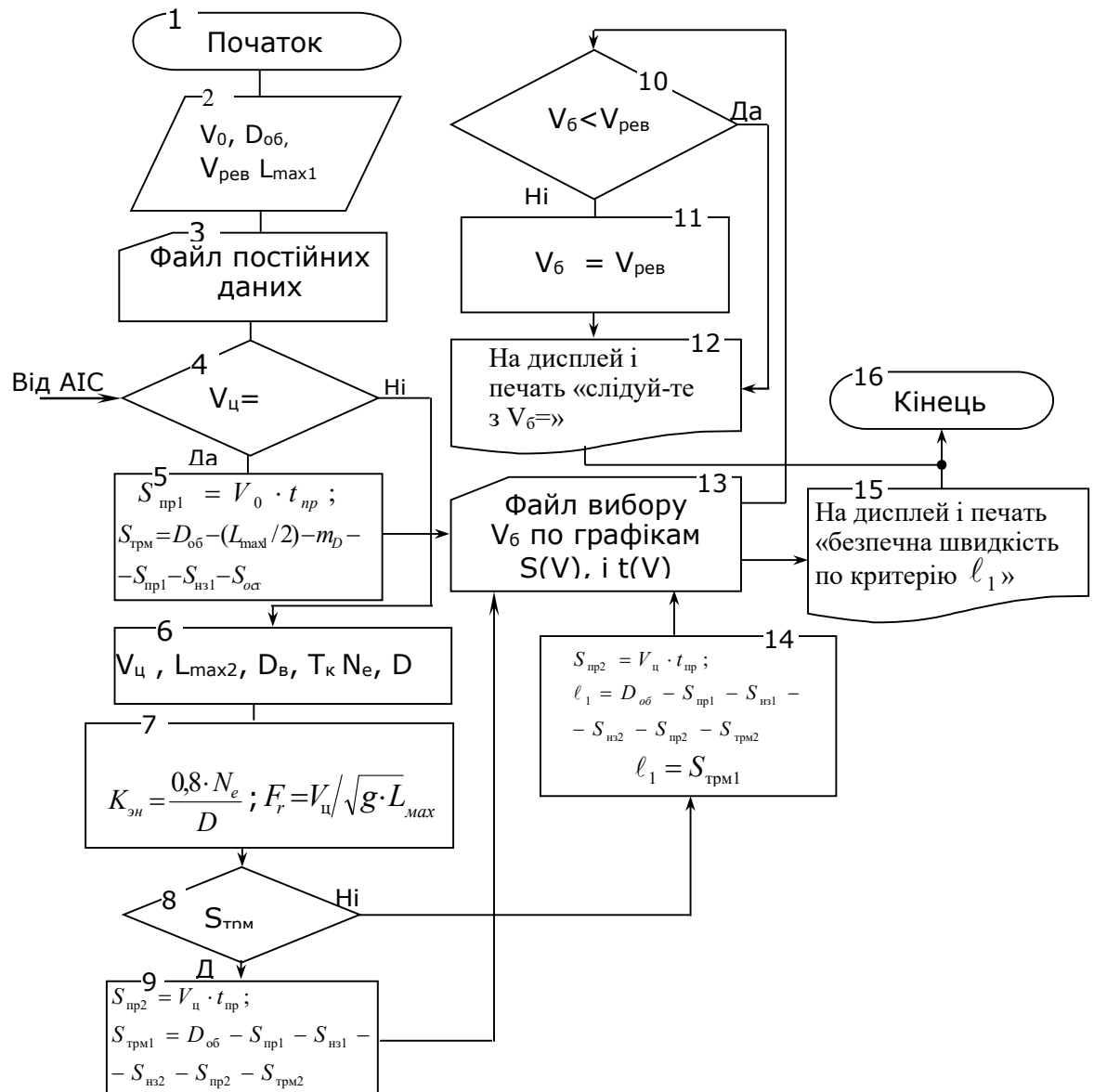


Рис. 3.5 Блок-схема алгоритму розрахунку безпечної швидкості

Таким чином, розроблені алгоритми інтелектуальних дій оператора і формалізовані моделі з розрахунку безпечної швидкості в умовах стислих вод з урахуванням маневрених характеристик об'єктів управління, які визначають вибір провідного параметру режиму руху. Пропоновані алгоритми і моделі можна використовувати в експертних системах прийняття рішення в СУДС, навігаційних пристроях на судах і при проектуванні систем управління маневруванням.

3.2. Дослідження руху судна по фарватеру і каналу

Показником ефективності навігаційних умов руху судна в умовах обмеженого простору є точність і вірогідність отримання обсервованного місця. Основним напрямком створення безпечних умов забезпечення безаварійного судноплавства є розробка систем навігаційної безпеки і підтримки прийняття рішень з маневрування. Такі системи передбачають значне підвищення оперативності і точності за рахунок автоматизації окремих обчислювальних функцій і сприяють вибору других параметрів режиму руху.

З цієї причини придатність тих чи інших вимог до способів визначення місця характеризують допустимою величиною середньої квадратичної похибки і проміжком часу між моментами визначення місця.

У судноводінні вважають, що похибки вимірювань геометричних параметрів ліній положення, підкоряються нормальному закону розподілу Гауса. Значення допустимої похибки можна отримати на підставі імовірнісних розрахунків, методика яких приведена в роботах [108, 109].

Для проходження судном небезпечного району стислих вод, точність визначення місця розраховують виходячи з ймовірності знаходження судна в заданій смузі.

Імовірність P того, що визначення місця, яке оцінюється радіальною СКП M_0 , не вийде з фарватеру шириною B_Φ можна визначити за формулою [108, 109]:

$$P = 1 - e^{-\left(\frac{B_\Phi / 2}{M_0}\right)^2}. \quad (3.13)$$

Оскільки ширина фарватеру B_Φ нам відома з карти, а вимоги до ймовірності визначення місця судна регламентовані ММО і складають 0,95, то рівняння (3.13) можна розв'язати відносно $M_{0\text{доп}}$:

$$M_{0\text{доп}} = \frac{B_\Phi}{2} \sqrt{\frac{0,4343}{\lg(1-P)}} = \frac{B_\Phi}{2} \sqrt{\frac{0,4343}{\lg(1-0,95)}} = 0,2889 \cdot B_\Phi \approx 0,3 \cdot B_\Phi. \quad (3.14)$$

За цією формулою розрахунки можна виконувати вважаючи, що дані про стан судна підпорядковуються нормальному закону розподілу на площині.

Значна зміна обсягу морських транспортних перевезень і зростання

водотоннажності нових типів суден, зажадало заходу в акваторії портів, які побудовані десятки років тому. Тому перед ними виникла необхідність модернізувати акваторії для прийому великотоннажних суден. Це зажадало розробки технології маневрування і швартування великотоннажних суден, розміри яких знаходяться в граничних співвідношеннях з розмірами операційної акваторії.

Особливістю руху судна по каналу є той факт, що геометричні розміри судна порівнянні з параметрами каналу. Це накладає обмеження на процес руху по каналу, визначаючи кут нишпорення і його швидкість.

При русі судна по каналу для визначення місця використовуються берегові і плавучі засоби навігаційного обладнання та візуальні методи навігації. Технічні засоби майже не застосовуються, що знижує точність визначення положення судна.

Суб'єктивне відчуття того, обертання судна відбувається навколо нього, в той час, коли воно відбувається навколо полюса повороту, призводить до невірної оцінки місця відносно знаків навігаційної обстановки, що створює передумови для виникнення аварійної ситуації.

При проходженні в каналі необхідно зменшити швидкість руху, нишпорення, і мати запас керуючих впливів, для коригування руху, коли зовнішні обурення істотно зростають.

Швидкість руху в каналі повинна бути менше критичної $V_{кр}$, яку можна визначити за відомою формулою, коли число Фруда по глибині $Fr_H = V / \sqrt{g \cdot H} = 1$. Тоді $V_{кр} = \sqrt{g \cdot H}$, і при проходженні зі швидкістю близькою до критичної відбувається значне погіршення керованості.

Для наочного уявлення зобразимо судно у вигляді кола, діаметр якого дорівнює довжині судна між перпендикулярами $L_{\perp\perp}$, як наведено на рис.3.6.

Для зменшення ширини смуги в розпорядженні судноводія є три способи: зменшення нишпорення за рахунок використання буксирів; підвищення точності визначення місця судна; поліпшення керованості судна за рахунок

використання швидкості і підрулюючого пристрою.

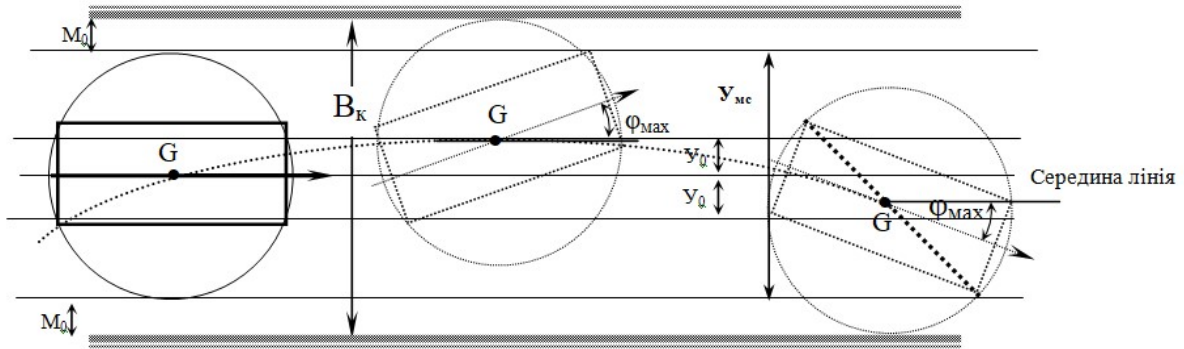


Рис. 3.6. Рискання судна на каналі в тиху погоду

Умовою безпечного проходження судном каналу по значенню вірогідної ширини маневреного зміщення Y_{mc} є виконання умови:

$$Y_{mc} = 2 \cdot Y_0 + L_x \cdot \sin 2\varphi_{max} + 2M_0 < B_K, \quad (3.15)$$

де Y_0 – бокове відхилення ЦВ від лінії планового шляху за рахунок рискання. Його можна визначити із виразу

$$Y_0 = V t_3 \sin \varphi(t), \quad (3.16)$$

де t_3 - час запізнювання в обробці інформації в системі; $\varphi(t)$ - кут нишпорення; V - швидкість руху судна; L_x - характерний лінійний розмір $L_x = L_{\perp\perp}^2 + B_c^2$; φ_{max} – максимальний кут нишпорення; M_0 - середньоквадратична похибка визначення місця судна; B_K - ширина каналу чи фарватеру.

З урахуванням рис. 3.6, після перетворення (3.15), отримаємо:

$$Y_{mc} = 2 \cdot Y_0 + L_x \cdot \sin 2\varphi_{max} + 2 \cdot M_0 = 2 \cdot V \cdot t_3 \sin \varphi_{max} + 2 \cdot L_x \cdot \sin \varphi_{max} \cdot \cos \varphi_{max} + 2M_0 < B_K$$

Значення максимального кута рискання, яке може бути допущено при самостійному проходженні судна φ_{max} можна визначити з виразу:

$$\varphi_{max} = \arcsin \frac{B_c}{\sqrt{L_{\perp\perp}^2 + B_c^2}}, \quad (3.17)$$

де B_c - ширина судна на міделі.

При точності окомірної оцінки місця судна на каналі $M_0 = 12\text{ м}$ і маневреному зміщенні $V_0 = 11\text{ м}$, значення $\varphi_{\max} = 9,7^\circ$. Це означає, що при проходженні каналу порту Південний шириною 100 м при довжині судна $L_{\perp} = 300\text{ м}$ і шириною $B_c = 47,2\text{ м}$. необхідно слідувати зі швидкістю понад 5 вузлів при самотійному русі і швидкості вітру до 10 м/с. Якщо нишпорення при проходженні каналу буде більше $\varphi_{\max} > 9,7^\circ$ то прохід такого судна по каналу самотійно не рекомендується і необхідно вживати заходів для зменшення кута рискання шляхом збільшення швидкості руху або використання буксирів.

При русі по каналу в штормових умовах з кутом знесення C ширина імовірної смуги маневреного зміщення буде збільшуватися за рахунок введення поправки в курс на величину кута зносу C . Для утримання судна на серединній лінії відхилення вліво буде обмежено значенням $\varphi_{\max} - C$, а вправо $\varphi_{\max} + C$.

3.3. Імітаційне моделювання повороту в районі Руської коси.

Для уточнення алгоритму управління і характеру рискання, використовуючи результати натурних спостережень, виконаних Береговим постом контролю над рухом суден в районі Руської коси, які наведені в роботах [40, 111], було проведено імітаційне моделювання повороту.

Вибір керуючих впливів при плануванні руху і практичному виконанні управління проводився з запасом. Для цього було введено дві градації - сильний і слабкий керуючий вплив. При виборі режиму роботи головної силової установки до сильних керуючим впливам віднесемо передній повний (ПП), передній повний маневрений (ППМ) і задній повний (ЗП). Для перекладки керма - кут більше 15 градусів. До слабких керуючих впливів віднесемо передній середній (ПС), передній малий (ПМ), передній самий малий (ПСМ), задній середній (ЗС), задній малий (ЗМ) і задній самий малий (ЗСМ), а кути перекладки керма 15° і менше.

При плануванні маневрів в обмежених умовах і управлінні рухом судна були використані тільки слабкі керуючі впливи. Сильні впливи рекомендується

використовувати тільки при надмірному зближенні.

Моделювання повороту проводилося моделі судна довжиною до 250 м, шириною до 35 м при швидкості 9 вузлів, на тренажері «Транзас Марін» NTC PRO 4000 в районі 8-мого і 9-го колін БДЛК [112].

Протяжність 8 коліна БДЛК складає 8353 м, забезпечує рух суден Ліманоожарській створ, напрямом якого $3,6-183,6^\circ$.. Протяжність 9 коліна БДЛК складає 4017 м, забезпечують рух суден Кагалінські створи, напрямом $306,0-126,0^\circ$. Довжини колін вказані між точками перетину їх осей. Кут повороту з 8 на 9 коліно $\Theta = 57,6^\circ$. Ширина глибоководної частини фарватеру 100 м, на ділянці повороту глибоководна частина розширена до 350 м і позначена у місця перетину курсів буями по системі МАМС: на «червоній» брівці буй кардинальний «Східний», на «зеленому» кордоні поглибленої частини буй латеральний правого боку фарватеру. Відстань між буями 350 м.

Канал на ділянці переходу з 8 на 9 коліно виконаний у вигляді округлення шириною 100 м і радіусом 1400 м (7,56 кбт). Довжина дуги округлення 1407 м (7,60 кбт). Відстань від початку округлення 8-го коліна до точки перетину курсів 750 м, від початку округлення 9-го коліна до точки перетину курсів 700 м. Глибини на ділянці округлення від 11,8 до 12,2 м. Середня глибина за даними через кожні 50 м прийнята 12,1 м (рис.3.7).

Проміри глибин на БДЛК здійснюються службою інженерно - технічних досліджень ДП «Дельта Лоцман» за профілями, перпендикулярним осі каналу. Відстані між профілями 100 м на прямолінійних ділянках і 50 м на ділянках поворотів (по 300 м в обидва боки від бісектриси кута повороту). Відстані між промірними точками за профілями 10 м. Подовження промірного профілю в кожную сторону від нижніх бровок штучної прорізі виконано до 150 м. На промірних планах побудовані ізобати з кроком 1 м з виділенням ізобати проектної глибини, яка для БДЛК дорівнює 11,2 м

Підготовка до моделювання полягала в розрахунку відстані від початку повороту в момент віддачі команди на перекладку керма Н до точки перетину

курсів до і після повороту M , по формулі [111]:

$$MH = \ell_1 - \frac{D_T}{2} + \frac{D_T}{2} \cdot \operatorname{tg} \frac{\Theta}{2}, \quad (3.18)$$

де MH – відстань між точкою перетину курсів і початком повороту, кбт;

D_T – тактичний діаметр циркуляції, кбт; Θ – кут повороту, град.;

Прийнято вважати, що час на проходження команди від її віддачі до виконання рульовим $t_1 = 5$ с; час на перекладку керма t_2 на потрібний кут α необхідно визначати з розрахунку вимог Регістру судноплавства, що на кожні 2° потрібна 1 секунда, тобто $t_2 = \alpha/2$; і час t_3 , протягом якого судно долає інерцію прямолінійного руху перед початком циркуляції. З урахуванням всіх проміжків часу судно тільки через час близько 30 секунд після віддачі команди починало змінювати курс, тобто постійна затримки повороту склала 30 с. Однак метод відрізків враховує пройденої відстань з вказаною затримкою. Втрату швидкості на циркуляції в каналі в % визначали по формулі:

$$\Delta V = \frac{V_H - V_{\Pi}}{V_H} 100\%, \quad (3.19)$$

де V_H – найбільша швидкість судна перед поворотом;

V_{Π} – найменша швидкість в кінці повороту.

Експеримент повторювався 20 разів, при цьому до розрахованого значення MH рівного 1,4 кбт додавалося відстань 630 метрів (3.4 кбт) від точки перетину курсів M до Ліманазовського переднього знака по носу. При цьому змінювали точку віддачі команди на перекладку керма 10^0 від значення дистанції 5.0 кбт до 4.5, через 0.1 кбт. Швидкість при повороті падала в середньому від 9,1 вузла до 7,9. Тоді падіння швидкості $\Delta V = (9.1 - 7.9) / 9.1 \cdot 100\% = 12.9\%$.

Виконані дослідження підтвердили коректність розрахункових методів визначення параметрів руху і можливості проходження по каналу судна довжиною між перпендикулярами до 250 м.

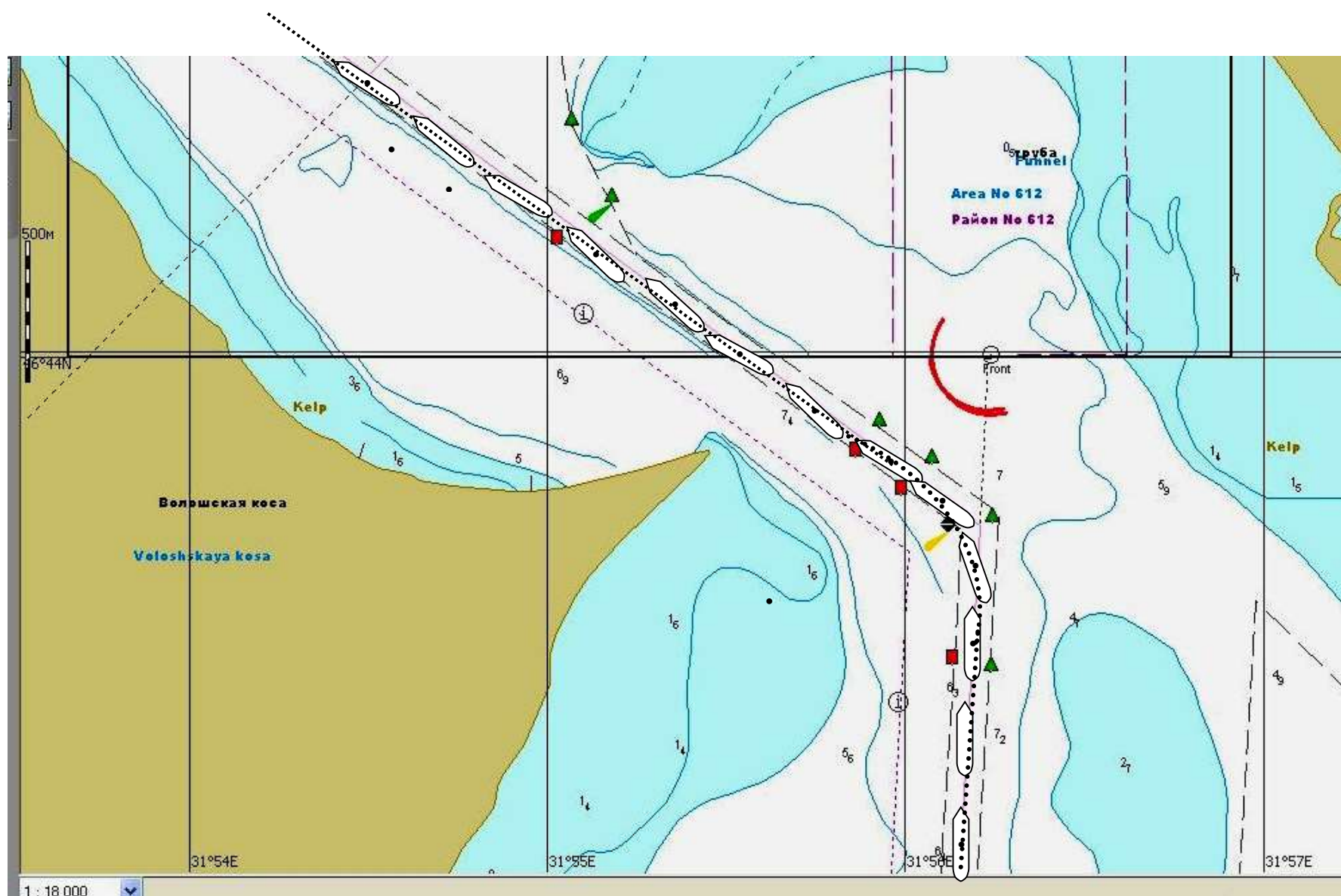


Рис. 3.7 Імітаційне моделювання повороту в районі Руської коси БДЛК

3.4. Висновки по третьому розділу

Розроблені формалізовані моделі, розрахункові схеми і алгоритми вибору безпечної швидкості в районах стислих вод. При цьому наведений спосіб вибору безпечної швидкості по дальності впевненого виявлення нерухомої небезпеки, рухомого об'єкту згідно з характеристиками гальмування і поворотності. Розроблено блок-схема алгоритму розрахунку безпечної швидкості та моделі параметрів режиму руху, які залежать від провідного параметру.

Розглянуто параметри руху судна на каналі і отримана формалізована модель визначення допустимої точності отримання місця при цьому. Встановлено, що при проходженні в каналі, необхідно мати запас керуючих впливів. Отримана формалізована модель визначення максимального кута рискання, за лінійними розмірами судна, точності визначення місця і шириною каналу. Виконано імітаційне моделювання повороту на тренажері на БДЛК в районі Руської коси і проведена верифікація запропонованих розрахункових моделей вибору параметрів повороту.

Таким чином, вирішена перша допоміжна задача визначення безпечного режиму руху в небезпечних районах стислих вод.

Зміст третього розділу опубліковано в роботах [115, 117, 124, 129, 130].

РОЗДІЛ 4. СПОСОБИ ПІДВИЩЕННЯ ТОЧНОСТІ ПЛАНУВАННЯ РУХУ СУДНА В СТИСЛИХ ВОДАХ

4.1. Розробка високоточних способів планування траєкторії руху

Відповідно до вимог Міжнародної морської організації (ММО) планування координат переходу судна повинно виконуватися від причалу порту відходу до причалу порту приходу. Плавання суден при переході визначається шляховими точками (ШТ), які зазвичай визначаються при попередньому опрацюванні переходу. При цьому шлях судна зображується у вигляді координат ШТ прямолінійних ділянок. Планування поворотів не проводиться і не контролюється. Основною причиною такого положення являється відсутність високоточних способів планування траєкторії циркуляції відповідно до характеристик управляємості і часу для контролю місця та величини бічного зсуву класичними способами технічними засобами при повороті в стислих водах. На практиці це підтверджується втратою орієнтировки та посадкою на мілину [27-29], причому в більшості аварійних випадків, при виконанні поворотів.

Відсутність планових точок повороту, визначених відповідно до характеристик управляємості судна, не дає можливості спланувати реальну безпечну траєкторію і розробляти способи контролю безпечного руху.

В умовах обмеженого простору, на каналах і фарватерах ширина судноплавної частини порівнянна з розмірами судна. Це значно ускладнює управління рухом і підвищує вимоги до точності планування шляху і визначення місця судна. Швидкоплинність процесу зміни навігаційної обстановки і тривалість процесу контролю місця судна щодо планового класичним способом, шляхом порівняння заданого і поточного положення, призводить до запізнювання інформації про відхилення і створює передумови для виникнення аварійної ситуації.

По указаній причині другою допоміжною задачею являється розробка

високоточних методів планування шляху і контролю руху по ньому для переходу в районах стислих вод.

Зазвичай результати попередньої прокладки оформляються у вигляді таблиці переходу, приклад якої наведено в табл.4.1.

Таблиця 4.1.

Планування переходу шляховими точками в табличній формі

№ ПП	ІК	S, миль	φ	λ
1	-	-	38°06,8 ^I S	144°23,3 ^I E
2	147 ⁰	0,8	38°07,5 ^I S	144°23,8 ^I E
3	83	2,6	38°07,2 ^I S	144°27,2 ^I E
4	102	3,7	38°07,9 ^I S	144°31,7 ^I E
5	55	4,0	38°05,7 ^I S	144°36,1 ^I E
6	67	0,7	38°05,5 ^I S	144°36,9 ^I E
7	73	0,4	38°05,3 ^I S	144°37,4 ^I E
8	80	2,7	38°04,7 ^I S	144°41,8 ^I E
9	118	3,4	38°06,4 ^I S	144°45,6 ^I E
10	172	4,9	38°11,3 ^I S	144°46,4 ^I E
11	226	2,5	38°13,0 ^I S	144°44,3 ^I E
12	204	3,7	38°16,3 ^I S	144°42,3 ^I E
13	254	2,7	38°17,0 ^I S	144°39,0 ^I E
14	222	8,5	38°23,0 ^I S	144°32,0 ^I E
15	126	94	39°16,8 ^I S	146°09,0 ^I E
16	90	19,1	39°16,8 ^I S	146°33,8 ^I E
17	65	75,5	38°42,5 ^I S	148°16,8 ^I E
18	55	100	37°45,0 ^I S	150°00,0 ^I E
19	58	285	35°14,5 ^I S	155°00,0 ^I E
20	55	302	32°20,9 ^I S	160°00,0 ^I E
21	52	321	29°02,8 ^I S	165°00,0 ^I E
22	50	350	25°19,3 ^I S	170°00,0 ^I E
23	47	478	20°00,0 ^I S	176°20,0 ^I E
24	20	130	17°57,0 ^I S	177°07,0 ^I E
25	77	6,3	17°55,8 ^I S	177°13,2 ^I E

Планувати криволінійну траєкторію вручну при попередній підготовці до плавання можливо, однак контроль руху по ній звичайними способами неможливий, через швидкоплинність процесу повороту. Автоматичні системи планування і контролю місця при криволінійному русі не створені. Тому судноводій оцінює хід виконання повороту окомірно оглядово-порівняльним способом, що істотно знижує точність визначення місця і створює передумови для виникнення навігаційної аварії. З цієї причини розробка системи

високоточного автоматичного планування траєкторії при русі в умовах обмеженого простору, і методів контролю місця, включаючи криволінійний рух, є досить актуальною

Для вирішення зазначеного завдання було проаналізовано існуючі [116, 120] способи і встановлено, що необхідно створювати автоматичні системи планування і контролю місця, в тому числі, при криволінійному русі. Однак автоматичне керування вимагає докорінної зміни методів планування заданого алгоритму управління. З цієї причини розробка алгоритмів планування траєкторії при повороті і методів контролю при прямолінійному і криволінійному русі вимагає кардинальної зміни підходів до способів і алгоритмів управління рухом.

Для цього були розглянуті змістовні моделі забезпечення плавання в обмежених умовах, які є переважно описовими і засновані на практичному досвіді роботи капітанів і лоцманів, а тому містять словесний алгоритм і графічні схеми маневрування без масштабу. Однак зазначені моделі не доведені до методики обліку маневрених характеристик при плануванні руху. Надалі були запропоновані способи забезпечення заданої точності плавання морських суден рекомендованими маршрутами, проте способи високоточної проводки по заданому шляху не розглянуті. В роботі [116] був запропонований навігаційний інформаційний - аналітичний комплекс «Поворот», який містить вперше розроблені способи і методики формування заданого алгоритму функціонування системи управління судном і контролю над процесом переміщення по траєкторіях руху, включаючи криволінійні ділянки, з урахуванням характеристик повороткості. Наведено алгоритми контролю над процесом руху і розглянуті способи підвищення точності визначення місця судна. Надалі автором була розроблена методика побудови траєкторних точок і запропоновані алгоритми та розрахункові схеми [120].

Вони дозволили вирішити завдання по створенню системи судноводія для планування траєкторії руху судна, включаючи криволінійні ділянки і і автоматичного контролю над процесом руху в суднових системах. Суть

виконаних досліджень полягає в наступному. При автоматичному плануванні повороту необхідні вхідні дані судноводій отримує за даними про поворотність у вигляді, придатному для обробки на ЕОМ до початку повороту. Зазвичай таким зручним способом є форма, наведена в табл.4.2.

Таблиця 4.2.

Параметри циркуляції т/х «Green Mountain »

Кут перекладки руля	Параметри	Умовне позначення	В вантажі	В баласті
			Експериментально-розрахункове кабельтов	Експериментально-розрахункове кабельтов
5°	Зсув	ℓ_1	6.25	5.67
	Пряме зміщення	ℓ_2	4.83	4.32
	Тактичний діаметр	D_T	10.37	9.31
	Сталий діаметр	D_y	11.14	9.85
10°	Зсув	ℓ_1	4.22	3.95
	Пряме зміщення	ℓ_2	2.95	2.73
	Тактичний діаметр	D_T	6.79	6.0
	Сталий діаметр	D_y	6.79	5.9
15°	Зсув	ℓ_1	3.32	3.19
	Пряме зміщення	ℓ_2	2.11	2.02
	Тактичний діаметр	D_T	4.73	4.53
	Сталий діаметр	D_y	4.86	4.53
20°	Зсув	ℓ_1	2.78	2.74
	Пряме зміщення	ℓ_2	1.62	1.6
	Тактичний діаметр	D_T	3.69	3.65
	Сталий діаметр	D_y	3.71	3.56
25°	Зсув	ℓ_1	2.42	2.43
	Пряме зміщення	ℓ_2	1.28	1.32
	Тактичний діаметр	D_T	2.99	3.06
	Сталий діаметр	D_y	2.93	2.9
30°	Зсув	ℓ_1	2.15	2.2
	Пряме зміщення	ℓ_2	1.03	1.11
	Тактичний діаметр	D_T	2.47	2.62
	Сталий діаметр	D_y	2.35	2.41
35°	Зсув	ℓ_1	1.94	2.02
	Пряме зміщення	ℓ_2	0.83	0.94
	Тактичний діаметр	D_T	2.06	2.27
	Сталий діаметр	D_y	1.9	2.03

Оскільки на судні не завжди є такі дані, то в навігаційну систему необхідно ввести блок розрахунку характеристик повороткості і гальмування.

При такому підході траєкторія криволінійного руху не планується. Контроль процесу руху по прямолінійним ділянкам виконують обсерваційним способом, шляхом нанесення поточних координат на карту і визначення графічним способом бічного відхилення щодо попередньо нанесеного шляху. У деяких випадках поворот планують шляхом нанесення точки його початку і закінчення. Рух по криволінійній траєкторії часто не контролюється через те, що визначення місця займає тривалий час, і така інформація запізнюється до моменту прийняття рішення по управлінню.

При цьому за початок повороту приймають, як і при виконанні натурних випробувань по визначенню характеристик повороткості, момент подачі команди на перекладку руля. Контроль повороту здійснюють по гірокомпасу.

Другий спосіб заснований на виборі кута перекладки відповідно до величини сталого значення радіуса кривизни траєкторії. Недоліком цього способу є те, що він не дозволяє встановити адекватність фактичного і запланованого шляху. Управління виробляють по сталому значенню кутової швидкості (а значить і радіусу циркуляції), в той час, коли судно рухається в маневреному режимі. Змінні кути перекладки руля, які при цьому використовуються, збільшують ширину смуги маневреного зміщення.

Для високоточної автоматичної процедури планування траєкторії плавання в обмежених умовах і автоматичного контролю над рухом судна було розроблено навігаційну систему «Планування траєкторії», функціональна схема якої приведена на рис. 4.3. Система працює наступним чином. З панелі керування 12 вводять координати шляхових точок (ШТ), які отримані при попередній підготовці до переходу, в блок 1 і величину допустимого відхилення, в блок 10. Визначають швидкість руху судна в блоці 4 за умовами плавання, а кут перекладки за кутами повороту і вводять їх значення в блоки 5 і 7 відповідно.

За отриманими даними від блоку 1 в блоці 5 проводиться розрахунок

координат руху, включаючи криволінійні ділянки, у вигляді траєкторних точок (ТТ) через 0,2 кбт в умовах обмеженого простору. Отримані дані надходять в блок 6, де проводиться графічна побудова високоточної траєкторії і в блок 10 управління рухом судна. Сюди ж надходить інформація про фактичний стан прийомної антени судна від блоку 2, яка попередньо перераховується на центр ваги судна в блоці 3 і дані надходять в блок 10. Від графічного будівника дані надходять на індикатор руху 13.

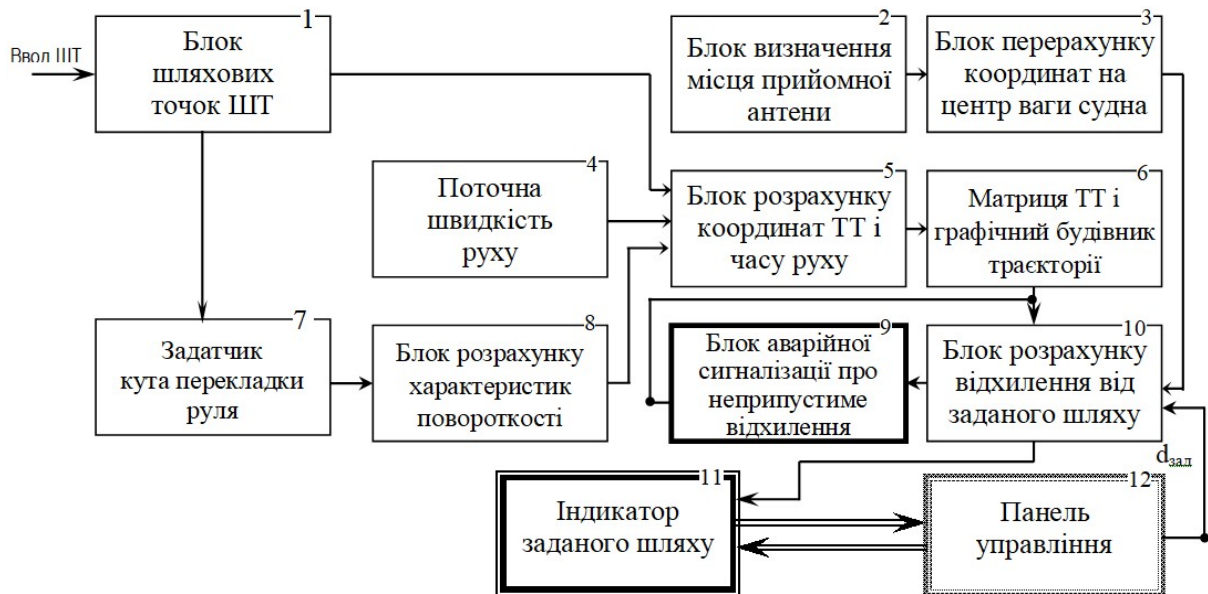


Рис. 4.3. Функціональна схема навігаційної системи «Планування траєкторії»

Якщо в блоці 10 встановлено, що величина відхилення від шляху більше, ніж допустима, то спрацьовує блок аварійної сигналізації 9. За величиною відхилення блок 12 виробляє дані для коригування руху і приведення судна на лінію заданого шляху.

Особливість планування шляху ТТ полягає в наступному. Спочатку планування проводиться як звичайно ШТ, приклад якого наведено в табл. 4.1. Початковою точкою планування переходу є координати місця висадки лоцмана, а кінцевою точкою місце прийому лоцмана для проходження в порт. Ділянки від причалу порту відходу до місця висадки лоцмана і від місця прийому лоцмана до причалу порту приходу повинні плануватися окремо, за спеціальною методикою. Існуючі рекомендації ММО по складанню

лоцманського плану проводки судна, не можуть бути використані для навігаційних цілей.

Надалі траєкторія переходу між ШТ буде розділена на прямолінійні і криволінійні ділянки. При цьому координати ШТ виключаються з контрольних, і його замінює криволінійна ділянка у вигляді матриці повороту. Розрахунок координат точок прямолінійних ділянок проводиться через інтервал шляху ΔS кбт, а координати криволінійних ділянок через кут $\Delta\Delta\Theta = 5^\circ$ при куті повороту до $\Delta\theta_i = 60^\circ$ або $\Delta\Delta\Theta = 10^\circ$ при куті повороту більше 60 градусів. Заданий інтервал шляху необхідно вибирати з урахуванням похибки визначення місця і району плавання - відкрите море або стиснення води. У відкритому морі рекомендується призначати $\Delta S = 1$ кбт, а в умовах обмеженого простору до $\Delta S = 0,2$ кбт.

З урахуванням вищевикладеного алгоритм роботи судноводія при плануванні шляху ТТ з інтервалом ΔS кбт в умовах обмеженого простору буде наступним.

1. На карті наносять ШТ району обмежених вод і результати прокладки заносять в таблицю 4.1.

2. Визначають кути повороту $\Delta\Theta_i$ і вибирають кути перекладки руля δ для кожної точки маршруту:

– розраховують кут повороту $\Delta\theta_i$ за формулою:

$$\Delta\Theta_i = ИК_{i+1} - ИК_i. \quad (4.1)$$

– вибирають кут перекладки δ_{ex} з урахуванням наступних рекомендацій:

$$\delta_{ex} = \begin{cases} 5^\circ & \text{при } \Delta\theta \text{ до } 30^\circ \\ 10^\circ & \text{при } \Delta\theta = 30^\circ - 60^\circ \\ 15^\circ & \text{при } \Delta\theta \text{ более } 60^\circ. \end{cases} \quad (4.2)$$

– Вибирають інтервал дискретизації $\Delta\Delta\Theta$ і розраховують кількість проміжних точок на циркуляції по формулі $n = \Delta\Theta_i / \Delta\Delta\Theta$.

– із системи розрахунку маневрених характеристик поступає інформація про характеристики повороткості ℓ_1, ℓ_2, D_T, D_y , по яким визначаються координати точок криволінійної траєкторії і отримані дані поступають на індикацію на екрані і в пам'ять.

Надалі формуються матриці прямолінійних ділянок від початкової точки до точки початку циркуляції. Потім слідує матриця циркуляції, остання точка якої є початковою наступної прямолінійної ділянки. У зв'язку з тим, що визначальними точками, що розділяють ділянки шляху на прямолінійні і криволінійні, будуть точки початку і закінчення повороту, то в першу чергу розрахунок необхідно проводити координат криволінійних ділянок. Як приклад розрахунок зробимо для 3-х ШТ, наведених в табл.4.3 .

Таблиця 4.3.

Фрагмент початкової ділянки шляхових точок

	ІК	Плав зміна S	φ	λ	$\Delta\theta_i$
	10	3,7	38°07,9' S	144°31,7' E	-
	55°	4,0	38°05,7' S	144°36,1' E	47°
	67°	0,7	38°05,5' S	144°36,9' E	12°

Подальший алгоритм розрахунку буде наступним:

- визначають кут повороту із 1-ої до 2-ої ШТ $\Delta\theta_i=47^\circ$;
- вибирають кут перекладки руля по формулі (4.2) $\delta_{ex}=10^\circ$ і кут $\Delta\Delta\Theta = 5^\circ$;
- визначають число точок криволінійної траєкторії $n=47/5=9$;
- вибирають із табл. 4.2. для кута перекладки 10° значення $\ell_1=4,22$ кбт і $D_T=6,79$ кбт;
- розраховують значення відрізків МН і МК по формулам:

$$MH = \ell_1 - \frac{D_T}{2} + \frac{D_T}{2} \operatorname{tg} \frac{\Delta\Theta_i}{2} = 4,22 - 3,395 + 3,395 \cdot \operatorname{tg} 23,5^\circ = 2,301 \text{ кбт} . \quad (4.3)$$

$$MK = \frac{D_T}{2} \operatorname{tg} \frac{\Delta\Theta_i}{2} = 3,395 \cdot \operatorname{tg} 23,5^\circ = 1,476 \text{ кбт} . \quad (4.4)$$

Розрахунок відрізків необхідно виконувати до третього значка кабельтов, з наступним заокругленням до другого.

– по координатам 1-ої ШТ, напрямку зворотному IK_1 із 0-ої точки і відрізка МН розраховують, по формулам письмового числення, координати точки початку циркуляції $H_{ц1}$:

$$PШ = MN \cdot \cos(IK_1 + 180^\circ) = 0,2301 \cdot \cos(102^\circ + 180^\circ) = 0,04784 \text{ к } N \quad (4.5)$$

$$ОТШ = MN \cdot \sin(IK_1 + 180^\circ) = 0,2301 \cdot \sin(102^\circ + 180^\circ) = -0,22507 \quad (4.6)$$

$$РД = ОТШ \cdot \sec \varphi_m = -0,2250 \cdot \sec 38.1^\circ = -0,28593' \quad (4.7)$$

- розраховуємо координати точки початку циркуляції:

$$\varphi_{нц1} = \varphi_{пт1} + PШ = 2285.7' - 0,04784 = 2285,65216' = 38^\circ 05.6522' S \dots (4.8)$$

$$\lambda_{нц1} = \lambda_{пт1} + РД = 8676.1' - 0,2859' = 8675,7141' = 144^\circ 35,7142' E \quad (4.9)$$

- по координатам 1-ої ШТ, напрямку IK_2 із 1-ої точки і відрізка МК розраховують координати точки закінчення циркуляції $K_{ц1}$:

$$PШ = MK \cdot \cos IK_2 = 0,1476 \cdot \cos 55^\circ = 0,08466 \text{ к } N. \quad (4.10)$$

$$ОТШ = MK \cdot \sin IK_2 = 0,1476 \sin 55^\circ = 0,12091. \quad (4.11)$$

$$РД = ОТШ \cdot \sec \varphi_m = 0,1209 \cdot \sec 38.1^\circ = 0.15364'. \quad (4.12)$$

- розраховуємо координати точки закінчення циркуляції:

$$\varphi_{кц1} = \varphi_{пт1} + PШ = 2285.7' - 0,1209' = 2285,65216' = 38^\circ 05.54636' S \quad (4.13)$$

$$\lambda_{кц1} = \lambda_{пт1} + РД = 8676.1' + 0,2859' = 8676,3859' = 144^\circ 36,3859' E \dots (4.14)$$

Розраховують траєкторні точки криволінійної траєкторії, по методиці, приведений в роботі [9], і формують матрицю координат повороту в ШТ 1.

Аналогічно формують матрицю ТТ повороту заданого алгоритму для кожної шляхової точки $M_{п12}$, $M_{п23}$, ..., $M_{п(i+1)}$, $M_{п(m-1)m}$, для всіх $i \in \{1, \dots, m\}$, де m - число шляхових точок.

Матрицю ТТ повороту із першої ШТ в другу можна записати так:

$$M_{п12} = \left\| \begin{array}{ccccccc} \varphi_{нц1} & \varphi_{п11} & \varphi_{п21} & \dots & \varphi_{пi1} & \dots & \varphi_{п(n-1)1} & \varphi_{пm1} & \varphi_{кц1} \\ \lambda_{нц1} & \lambda_{п11} & \lambda_{п21} & \dots & \lambda_{пi1} & \dots & \lambda_{п(n-1)1} & \lambda_{пm1} & \lambda_{кц1} \end{array} \right\|, \quad (4.15)$$

для всіх $i \in \{1, \dots, n\}$, де n число ТТ криволінійної траєкторії даної ШТ.

По координатам 0-ой ШТ $\varphi_0=38^\circ 07,9'S$, $\lambda_0 = 144^\circ 31,7'E$, напрямку $IK_1=102^\circ$ із 0-ої точки і відрізка дискретизації шляху 0,1 милі в відкритому морі і 0,02 милі в стислих умовах розраховують, по формулам письмового числення, координати наступних точок траєкторії руху по наступним формулам:

$$PШ = \Delta S \cdot \cos IK_1 = 0,1' \cdot \cos 102^\circ = 0,02079' \text{ к } N \quad (4.16)$$

$$ОТШ = \Delta S \cdot \sin IK_1 = 0,1' \cdot \sin 102^\circ = 0,0978' \quad (4.17)$$

$$РД = ОТШ \cdot \sec \varphi_m = 0,0978' \cdot \sec 38,1^\circ = 0,12428' \quad (4.18)$$

- розраховуємо координати точки траєкторії:

$$\varphi_{011} = \varphi_0 + PШ = 2287,9' + 0,02079' = 2287,92079' = 38^\circ 07,92079' S. \quad (4.19)$$

$$\lambda_{011} = \lambda_0 + РД = 8671,7' + 0,12428' = 8671,82428' = 144^\circ 31,8243' E \dots\dots (4.20)$$

Надалі розраховують координати точок прямолінійної траєкторії від початкової $|\varphi_0, \lambda_0|$ до першої точки початку повороту $|\varphi_{нц1}, \lambda_{нц1}|$ і формують масив ТТ у вигляді першої шляховий матриці. Розрахунок точок виконують за формулами письмового числення, до п'ятого значка хвилини і наступним округленням до чотирьох. Така точність необхідна в зв'язку з малою відстанню між точками, що визначає положення центра ваги, і високою точністю визначення місця судна супутниковими системами в диференціальному режимі, коли радіальна СКП досягає значення ± 2 метра.

Надалі при організації обчислень опис масивів даних будемо виконувати у вигляді шляхових матриць $M_{01}, M_{12} \dots M_{j(j+1)} \dots M_{(m-1)m}$ для всіх $j \in \{1, \dots, m\}$, де m число ШТ.

Матрицю ТТ прямолінійної ділянки з початкової точки в першу шляхову можна записати:

$$M_{01} = \left\| \begin{array}{c} \left| \varphi_0 \right|, \left| \varphi_{011} \right|, \left| \varphi_{012} \right|, \dots, \left| \varphi_{01j} \right|, \dots, \left| \varphi_{01(k-1)} \right|, \left| \varphi_{01k} \right| \\ \left| \lambda_0 \right|, \left| \lambda_{011} \right|, \left| \lambda_{012} \right|, \dots, \left| \lambda_{01j} \right|, \dots, \left| \lambda_{01(k-1)} \right|, \left| \lambda_{01k} \right| \end{array} \right\|, \quad (4.21)$$

для всіх $i \in \{1, \dots, k\}$, де k кількість ТТ прямолінійної траєкторії.

2. Формують масив шляхових матриць і матриць ТТ повороту для всіх

шляхових точок в наступному порядку:

$$M_{01}, M_{п12}, M_{12}, M_{п23}, M_{23} \dots M_{п(i+1)}, M_{i(i+1)}, \dots M_{п(m-1)m}, M_{(m-1)m}, \quad (4.22)$$

де M_{01} – матриця ТТ лінійного відрізка із початкової 0-ої ШТ до точки подачі команди на перекладку руля;

$M_{п12}$ – матриця повороту із першої ШТ в другу від початку $H_{ц1}$ до кінця $K_{ц1}$ криволінійного відрізка; $M_{12}, M_{23}, M_{i(i+1)}, M_{(m-1)m}$ – матриці відрізків поворотів; $M_{п23}, M_{п(i+1)}, M_{п(i+1)}$ – матриці ТТ прямолінійних відрізків.

Матриці переходу не містять відомостей про траєкторії шляху від причалу до місця висадки лоцмана при відході і від місця прийому лоцмана до причалу в порту приходу. Ці відомості повинні формуватися у вигляді судового плану плавання під лоцманської проводкою.

Запропонований спосіб формування заданого алгоритму руху судна на переході у вигляді матриць прямолінійних і криволінійних ділянок ТТ дозволяють розробити високоточну планову траєкторію руху, що створює передумови для гарантованої безпеки управління. Контроль його від траєкторії по допустимому відхиленню $d_{зад}$ виконують шляхом розрахунку відхилення обсервованого місця від планової траєкторії. Якщо поточне відхилення менше заданого, то рух судна не коригується кермом, в іншому випадку виробляють відповідні маніпуляції для проводки судна по плановій траєкторії з мінімальними відхиленнями.

Виявляючи відхилення від заданого шляху візуально, на екрані індикатора, або автоматично в блоці 10 [9] порівнюючи поточне і допустиме відхилення виробляють команди на руль. Якщо величина поточного відхилення $\Delta_{тек} = |d_{зад} - d_{тек}|$ менше допустимого $\Delta_{зад}$, то блок 12 розраховує величину керуючого впливу для приведення системи в заданий стан. Якщо управління здійснюється вручну, то при виявленні неприпустимого відхилення судноводій дає команду на засоби управління.

В якості запобіжної величини повинна служити радіальна СКП визначення місця судна і чутливість людського ока при візуальній оцінці становища, які дозволяють визначити зміщення або співвідношення ширини маневреного

зміщення і судноплавної частини морської акваторії. Точності сучасних диференціальних супутникових систем визначення місця і здатності очей виявити зміщення, дозволяють прийняти $d_{\text{зад}}$ рівним 5 м.

З цієї причини судноводії визначають тільки точку початку і закінчення повороту, а поточний контроль місця виробляють по небезпечній відстані до помітного орієнтира.

При автоматичному виконанні повороту з надходженням обсервованої точки від навігаційного комплексу проводять розрахунок відстаней і пеленгів від обсервованих точок до планової траєкторії (див. рис. 4.4) за відомими

формулами навігації:

$$IP_{\text{тек}} = \arctg[(\lambda_0 - \lambda_i) \cdot \cos \varphi_0 / (\varphi_0 - \varphi_i)], \quad (4.23)$$

$$d_{\text{тек}} = 1852(\varphi_0 - \varphi_i) / \cos IP_{\text{тек}}. \quad (4.24)$$

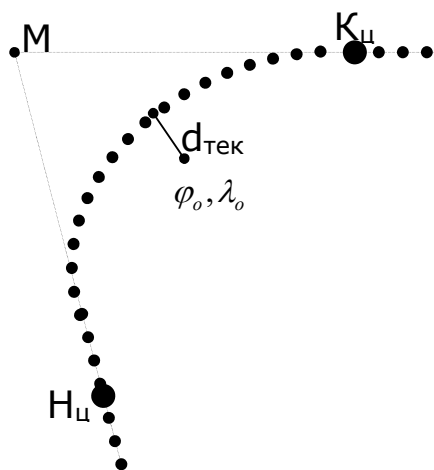


Рис. 4.4. Контроль траєкторії судна тому, хто ним керує. До них слід віднести час запізнювання керуючих впливів,

При виконанні поворотів існує два способи управління рулем – курсом і кермом. Для виконання поворотів рекомендується використовувати спосіб управління кермом. Це дає можливість вивчити характеристики повороткості і параметри отримування повороту. В результаті судноводій буде добре відчувати судно і впевнено керувати ним в обмежених водах. Спосіб управління курсом рекомендується використовувати при уточненні напрямку руху для невеликих відхилень.

Планування траєкторії рекомендується проводити для циркуляційного способу, коли поворот виконується разовою перекладкою керма. Фактичне виконання повороту, при ручному управлінні, буде проводитися циркуляційним способом, при автоматичному - способом послідовних перекладань керма.

Точність придатну для автоматичного управління судном по заданій

траєкторії забезпечують сьогодні тільки спеціалізовані системи позиціонування, які використовуються при виконанні гідрографічних і днопоглиблювальних робіт, а також при офшорних операціях.

4.2. Розробка способу контролю бічного зсуву

Відомі аварійні ситуації, при виникненні яких лоцмана не пропонують повну інформацію капітану про майбутню проводку, або часто відхиляються від раніше узгодженого плану.

З цієї причини капітан повинен сам підготувати навігаційний план проводки судна в умовах обмеженого простору, включаючи райони лоцманської проводки. Існуючі вимоги ММО до лоцманського плану проводки не дозволяють використовувати їх для навігаційних цілей.

Основою для попередження посадки на мілину є три чинники, що визначають можливість своєчасного виявлення зближення судна з небезпекою: правильний вибір режиму руху; наявність безпечного планового шляху, визначеного координатами траєкторних точок (ТТ); високоточний метод визначення поточних координат і розрахунок відхилення від шляху.

Методика вибору безпечної швидкості за умовами видимості і дальності впевненого виявлення небезпеки були розглянуті в параграфі 3.1. Спосіб високоточного планування шляху траєкторними точками, включаючи криволінійні ділянки, було розглянуто в попередньому розділі.

Особливість визначення місця судна буде полягати в тому, що крім високоточного визначення місця судна супутниковими системами, радіальна СКП визначення координат антени, яких повинна досягати мінімального значення, необхідно перерахувати їх на центр тяжіння. Поправки перерахунку залежать від розташування антени щодо ЦТ, курсу, координат і досягають значних величин, які на порядок вище похибок вимірювання.

Поточна величина бічного відхилення повинна бути менше допустимого значення. Розрахункова схема визначення поточного значення приведена на

фрагменті ділянки шляху на рис. 4. 5.

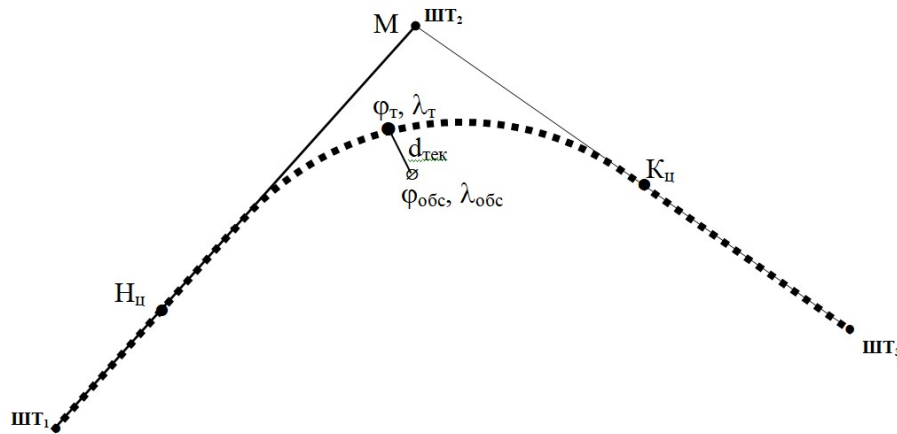


Рис. 4.5. Розрахункова схема алгоритму автоматичного контролю зміщення від планового шляху, визначеного траєкторними точками

Допустиме значення $d_{\text{доп}}$ рекомендується призначати по величині радіальної СКП визначення місця судна, постійної часу затримки повороту і величини зони нестійкості діаграми керованості, з урахуванням швидкості ходу. Значення $d_{\text{доп}}$ можна визначити за формулою:

$$d_{\text{доп}} = M_0 + V \cdot t_3 \cdot \sin \varphi(t) \quad (4.25)$$

де M_0 - радіальна СКП визначення місця судна; t_3 - час запізнювання в обробці інформації в системі; $\varphi(t)$ - кут нишпорення; V - швидкість руху судна.

Алгоритм автоматичного визначення величини зміщення від планової траєкторії буде наступним (рис.4.5).

1. Наносять на карту ділянку маршруту по шляховим точкам ШТ₁, ШТ₂ і ШТ₃.
2. Визначають кут повороту $\Theta = IK_2 - IK_1$.
3. За кутом повороту визначають кут перекладки керма δ_p .
4. За координатами точки перетину M курсів до і після повороту, куту перекладки керма і характеристикам повороткості визначають відрізки HC_M і MK_C і розраховують координати початку і закінчення повороту.
5. За координатами ШТ₁, IK_1 і точки початку циркуляції HC розраховують координати TT прямолінійної ділянки через інтервал шляху 0.5 кбт і формують

матрицю TT центру ваги прямолінійної ділянки $M_{1\text{нц}}$.

6. За координатами точки $НЦ$, методом відрізків [9] через вибраний інтервал дискретизації 5^0 або 10^0 , визначають координати точок планової траєкторії криволінійної ділянки і формують матрицю $M_{ц1}$.

7. За координатами точки закінчення циркуляції $K_{ц}$, IK_2 і $ШТ_3$, розраховують координати TT прямолінійної ділянки через інтервал шляху 0.5 кбт і формують матрицю TT центру ваги прямолінійного ділянки $M_{кц3}$.

Після того як матриці TT ділянки шляху сформовані можна приступати до автоматичного контролю попередження посадки на міліну. З надходженням координат від навігаційного комплексу $\varphi_{обс}$, $\lambda_{обс}$ проводиться розрахунок відстаней і напрямків знесення від TT φ_t , λ_t до обсерваційних точок методом перебору, вибирається значення мінімальної дистанції і її величина визначається як $d_{теки} = d_{imin}$.

Розрахунок напрямку IK_c і величини зносу $d_{теки}$ виробляють за координатами траєкторної φ_t, λ_t і обсерваційної $\varphi_{обс}, \lambda_{обс}$ точок за такими формулами [113]:

$$PD = \lambda_{обс} - \lambda_t. \quad (4.26)$$

$$PII = \varphi_{обс} - \varphi_t \quad (4.27)$$

Значення меридіональних частин в екваторіальних хвилинах для еліпсоїда Красовського може бути обчислено за формулою [114]:

$$MC = 3437,7468 \cdot \ln \left\{ \operatorname{tg}(45^0 + \varphi/2) \left(\frac{1 - e \cdot \sin \varphi}{1 + e \cdot \sin \varphi} \right)^{e/2} \right\}, \quad (4.28)$$

де MC – меридіональна частина паралелі φ , екв. хв.; φ - географічна широта ; e - ексцентриситет земного еліпсоїда.

Найменування MC однаково з найменуванням широти φ . Для отримання різниці меридіональних частин (PMC) необхідно розрахувати $MC_{обс}$, потім MC_t , і після цього алгебраїчну різницю:

$$PMC = MC_{обс} - MC_m. \quad (4.29)$$

Найменування $PMЧ$ вказується від $MЧ_T$ до $MЧ_{обс}$, тобто відповідає найменуванню $PШ$. Напрямок знесення розраховують за формулою:

$$tgIK_c = \frac{\lambda_{обс} - \lambda_T}{PMЧ}. \quad (4.30)$$

Напрямок знесення отримують в четвертному рахунку і для перерахунку в круговий необхідно враховувати, що перша буква чверті відповідає найменуванню $PШ$, а друга $РД$. Величину зносу визначають за формулою:

$$d_{тек} = PШ \cdot \sec IK_c. \quad (4.31)$$

Розрахунки за наведеними формулами (4.25) - (4.31) мають ту особливість, що обчислення відбуваються в районі понад малих відстаней, які вимагають розрахунків до десятитисячних доль хвилини. Цю вимогу необхідно виконувати для того, щоб зменшити обчислювальні похибки до мінімуму після округлення результатів. Оскільки значення $MЧ$ в таблиці МТ 2000 дано з точністю до 0,1 екваторіальній хвилини, то необхідно проводити розрахунок $MЧ$ за формулою (4.28) з точністю до п'ятого значка, з наступним округленням останньої цифри.

Для перевірки роботи комп'ютерної програми зробимо розрахунок контрольного прикладу вручну, при значенні $d_{доп} = 20м.$

При зсуві судна в координатах $\varphi_T = 20^0 14,6000' S$, $\lambda_T = 5^0 22,7000' W$ отримали місце з використанням супутникової системи в диференційному режимі з радіальною СКП рівною $\pm 2м$ і $\varphi_{обс} = 20^0 14,6500' S$, $\lambda_{обс} = 5^0 22,7300' W$.

Для того, щоб показати порядок величин, з якими автоматичному пристрою доведеться працювати розглянемо контрольний приклад з гранично малим відхиленням в тих же координатах. Результати виконаних розрахунків наведені в табл.4.5.

Знесення судна в координатах $\varphi_T = 20^0 14,6000' S$, $\lambda_T = 5^0 22,7000' W$ отримали місце з використанням супутникової системи в диференціальному режимі з радіальною СКП рівною $\pm 2м$ і $\varphi_{обс} = 20^0 14,6005' S$, $\lambda_{обс} = 5^0 22,7003' W$.

Таблиця 4.4

Розрахунок параметрів зносу зовнішніми впливами

$\lambda_{обс} = 5^{\circ}22,7300' \text{ W}$		$\varphi_{обс} = 20^{\circ}14,6500' \text{ S}$		$\text{МЧ}_{обс} = 1432,75'$	
$\lambda_{\text{T}} = 5^{\circ}22,7000' \text{ W}$		$\varphi_{\text{T}} = 20^{\circ}14,6000' \text{ S}$		$\text{МЧ}_{\text{T}} = 1432,7'$	
$\lambda_{обс}-$	$0^{\circ}0,03' \text{ K W}$	РШ	$0^{\circ} 0,05' \text{ K S}$	РМЧ	$= 0,05' \text{ K S}$
$\lambda_{обс}-$	$0,03' \text{ K W}$	РШ	$0, 05' \text{ K S}$		
		Напрямок зносу IK_c			
РД	$0,03 \text{ K W}$	$lg = -1,5229$			
РМЧ	$0,05' \text{ K S}$	$- lg = -1,3010$			
IK_c	$30^{\circ} 52,59' \text{ SW}$	$lg \text{ tg } IK_c$	$- 0,2219$		
IK_c	$210^{\circ}53'$	$tg \text{ } IK_c$	$0,598$		
Розрахунок відстані зносу $d_{\text{тек}}$					
РШ	$0, 05' \text{ K S}$	$lg = -1,3010$		Оскільки $d_{\text{тек}} > d_{\text{доп}}$ то це означає, що відбулося недопустиме відхилення.	
IK_c	$210^{\circ}53'$	$+ lg \text{ sec } IK_c = -0,0614$			
$d_{\text{тек}}$	$0,0604' = 111,9 \text{ м}$	lg	$-1,1624$		

Таблиця 4.5

Розрахунок малих значень параметрів зносу зовнішніми впливами

$\lambda_{обс} = 5^022,703' \text{ W}$		$\varphi_{обс} = 20^014,605' \text{ S}$		$\text{МЧ}_{обс} = 1432,705'$	
$\text{— } \lambda_{\text{T}} = 5^022,7000' \text{ W}$		$\text{— } \varphi_{\text{T}} = 20^014,6000' \text{ S}$		$\text{МЧ}_{\text{T}} = 1432,7'$	
$\lambda_{обс} - \lambda_{\text{T}}$	$0^00,003' \text{ K W}$	РШ	$0^0 0,005' \text{ K S}$	РМЧ	$= 0,005' \text{ K S}$
$\lambda_{обс} - \lambda_{\text{T}}$	$0,003' \text{ K W}$	РШ	$0, 005' \text{ K S}$		
Напрямок зносу IK_c					
РД	$0,003 \text{ K W}$	$\text{— } \lg = -2,5229$ $\lg = -2,3010$			
РМЧ	$0,005' \text{ K S}$				
IK_c	$30^053'$	$\lg \text{ tg } IK_c$	$-0,2219$		
IK_c	$210^053'$	$\text{tg } IK_c$	$0,598$		
Розрахунок відстані зносу $d_{\text{тек}}$					
РШ	$0, 005' \text{ K S}$	$\text{+ } \lg = -2,3010$ $\lg \sec IK_c == -0,0614$		Оскільки $d_{\text{тек}} < d_{\text{доп}}$ то це означає, що відбулося допустиме відхилення і коригування не потрібне	
И	$210^053'$				
$d_{\text{тек}}$	$0,005' = 9.3 \text{ M}$	$\lg d_{\text{тек}}$	$-2,3624$		

Безперервний моніторинг бокового зміщення автоматично дозволяє своєчасно оцінити неприпустиме зміщення щодо планової траєкторії, визначеної високоточним способом матрицею TT .

Неперервний моніторинг бічного зсуву автоматично дозволяє своєчасно оцінити недопустиме зміщення відносно планової траєкторії, визначеної високоточним способом матриці TT .

Методи вирішення другої допоміжної задачі по розробці високоточних методів планування шляху і контролю руху захищені пріоритетними публікаціями [116,119, 120, 123] і патентами на винахід [121, 123].

4.3. Інверсний метод сценарного планування і управління маневруванням при морських операціях в стислих водах.

Основним фактором при плануванні переходу є його детальне опрацювання, включаючи всі необхідні дані і постійний моніторинг за рухом судна шляхом регулярного визначення місця розташування високоточними способами. Особливе значення це питання набуває при плаванні в небезпечних районах обмежених вод, включаючи рух під проводкою лоцмана.

Перехід і його планування виконується відповідно до резолюції ІМО А.893 (21) - "GUIDELINES FOR VOYAGE PLANNING". Він включає наступні етапи: підготовка - збір всієї необхідної інформації, яка безпосередньо стосується запланованого переходу; планування переходу - на основі зібраної інформації необхідно зробити детальний план переходу від причалу до причалу, включаючи місце лоцманської проводки; документування в письмовому вигляді і на комп'ютері в електронній формі, а сам план повинен бути схвалений капітаном, до початку виконання даного переходу. Однак для плавання на ділянках лоцманської проводки такий план виконується лоцманом. Існуюча форма «Pilotage Passage Plan » не придатна для навігаційних цілей, що створює непорозуміння при спілкуванні капітана і лоцмана в процесі проводки. Основна причина неузгодженості в діях капітана зазвичай полягає в

недостатній його підготовці до плавання при заході / виході з порту.

Будучи радником капітана, лоцман часто не несе відповідальності за виникаючі події, що створює передумови для напруженості в їх відносинах. Однак процес руху і управління швидкоплинний і часто не вистачає часу для обговорення прийнятих рішень. Це потребує від капітана готуватися до плавання в обмежених умовах досить ретельно.

Для упорядкування взаємин між капітаном і лоцманом необхідно спочатку визначити, що повинен знати лоцман про район проводки і які відомості він повинен повідомити капітану для забезпечення безпечного плавання і узгодженої спільної роботи.

Складність плавання судна в будь-якому районі визначається:

1. Наявність примітних орієнтирів, для візуального, приладового, радіолокаційного або окомірного визначення місця судна або наявністю супутникового приймача для визначення місця в звичайному або диференціальному режимі його роботи;

2. Наявністю течій (приливних, постійних або аномальних) і їх впливом на процес руху судна;

3. Швидкістю і напрямком вітру, його характеристиками і величиною вітрового дрейфу;

4. Умовами видимості і ймовірністю появи туману;

5. Умовами освітленості на переході і його впливом на процес руху;

6. Глибиною в районі плавання і її впливом на вибір швидкості руху, керування рухом і просідання;

7. Інтенсивністю судноплавства і наявністю риболовних суден по шляху проходження;

8. Шириною судноплавного фарватеру, кількістю і величиною кутів повороту.

Ці ж дані про небезпечний район стислих вод повинен знати і капітан, проте принциповою відмінністю лоцмана є наявність досвіду роботи в заданому районі.

Згідно вимог резолюції ММО А.960 (23) «Рекомендації з підготовки і сертифікації морських портових лоцманів» лоцман повинен скласти Pilotage Passage Plan. Він заповнюється лоцманом завчасно, і крім інших цілей, використовується як перевірочний лист узгоджень, які повинен виконати лоцман перед початком проводки при посадці його на борт. Однак особливістю цього плану є той факт, що він не призначений для навігаційних цілей, а використовується тільки для організаційної - розпорядчої підготовки.

Однак капітан, на відміну від лоцмана, зазвичай не має досвіду плавання в районі проводки, що викликає необхідність додаткової підготовки відповідної інформації, яка б швидко сприймалася при управлінні рухом. З цієї причини розробка методики складання суднового плану на період плавання з лоцманом на борту, який може використовуватися і для навігаційних цілей, є актуальною.

В роботі [116] виконаний аналіз способів організації навігаційної безпеки за рахунок належного планування рейсу, організації вахтової служби і при плаванні в особливих випадках. Однак розподіл ролевих функцій між капітаном і лоцманом при управлінні командою містка і питання складання суднового плану лоцманської проводки не обговорюються.

Тому третьою допоміжною задачею являється розробка високоточних методів суднового навігаційного планування шляху інверсним методом для сценарного управління маневруванням при морських операціях і контролю безпечного руху по ньому для переходу в районах стислих вод.

Для поліпшення взаємодії розглянута можливість розподілити обов'язки між капітаном і лоцманом наступним чином. Лоцман забезпечує управління судном від місця прийому до причалу і несе повну відповідальність за безпеку. Капітан забезпечує справну роботу суднових пристроїв і систем, а також належну кваліфікацію команди містка.

Завдання, які стоять при управлінні маневруванням при плаванні з лоцманом на борту, однакові як для судна, так і для лоцмана. Вони полягають в тому, щоб забезпечити безпечний рух від місця прийому лоцмана до закінчення швартування при заході в порт або при виході з порту.

Змістовна модель роботи системи управління рухом складається з трьох дій судноводія: розробка заданого алгоритму управління; оцінка параметрів поточного стану елементів системи; при неприпустимому відхиленні параметрів руху від заданих, необхідно застосування керуючих впливів для приведення системи в заданий стан. Ця модель зазвичай реалізується як лоцманом, так і капітаном.

Капітан судна засвідчує підписом своє ознайомлення з Pilotage Passage Plan, який дає йому можливість доповнити знання про майбутній район плавання і оцінити існуючу обстановку. За змістом та видом інформації, яка міститься в такому плані, вона має організаційно розпорядчий характер, містить схему руху і не може бути використана для навігаційних цілей.

Капітан зазвичай виконує попередню прокладку і готує інформацію про судно для лоцмана у вигляді «Лоцманської картки». Її зміст регламентується рекомендаціями ММО. При проводці судна обов'язковим являється ознайомлення лоцмана з лоцманською карткою (Pilot Card) з описом характеристик судна і яка доповнюється будь-якою іншою необхідною інформацією капітаном судна усно. Однак вимоги про те, щоб він готував для лоцмана Ships Passage Plan в існуючих нормативних документах України та ММО не міститься.

Надалі при русі, переміщеннях судна фактично керують два оператори - капітан і лоцман. Однак процес управління рухом настільки швидкоплинний, що обговорювати прийняті рішення при плаванні в обмежених умовах і приходити до узгодженого практично неможливо. З цієї причини, в більшій частині випадків, фактично судном управляє лоцман з того моменту, як він піднявся на місток.

В умовах обов'язкової лоцманської проводки, обставини змушують капітана використовувати послуги лоцмана і виконувати його рекомендації. Недостатнє узгодження деталей проводки без використання суднового плану призводить до непорозумінь у відносинах лоцман - капітан і створюються передумови для виникнення аварійних подій.

Особливістю суднового плану проводки, наведеного на рис.4.6, на відміну від лоцманського, є наявність даних про маневрені характеристики власного судна і можливість високоточного планування траєкторії інверсним способом і дозволяє використовувати його для навігаційних цілей.

Для розробки вимог до структури елементів суднового плану і виконуваних функцій виконаємо аналіз даних, необхідних відомостей для керування маневруванням, за структурою змістовної моделі. Для цього потрібні максимально можливі вихідні дані по судну і відомості про координати шляхових точок. Перелік декларативних вихідних даних [7], які необхідні для виконання такої роботи, наведемо у таблиці А1 в Додатку А.

Для математичного опису руху центру ваги судна зазвичай використовуються три основні системи координат.

1. Нерухома система координат $\xi\eta\zeta$ з вертикальною віссю ζ ; вона використовується в судноводінні і в ній виконується розрахунок траєкторії.
2. Система координат $\xi_1\eta_1\zeta$, зв'язана з напрямком істинного вітру, отримується поворотом $\xi\eta\zeta$ навколо вертикальної осі ζ на кут Φ .
3. Навпіл пов'язана система координат x_{uz} має початок в точці G - центрі мас судна і здійснює плоский рух паралельно поверхні води. В такій системі виконується визначення сил, які діють на судно.

Всі системи координат – ліві, вибрані виходячи з забезпечення спадкоємності з традиційними розділами управляємості судна. Позитивний напрям відліку кутів дрейфу β проти часової стрілки. При цьому позитивний кут перекладки руля ($\delta_p > 0$) визиває рух судна з $\beta > 0$, $\omega_z > 0$.

Для забезпечення навігаційної безпеки при лоцманській проводці судна необхідне введення до складу судових навігаційних пристроїв блоку розрахунку характеристик повороткості і гальмування, блоку перерахунку координат приймальної антени на центр ваги судна, блоку розрахунку координат траєкторних точок через 1-2 кбт (або 0,2 кбт), блоку попередження посадки судна на мілину [6], блоку розрахунку ширини маневреного зміщення і блоку розрахунку поправок на знесення від вітру і течії. Зазначений склад елементів

системи управління є оптимальним з точки зору мінімальної кількості пристроїв і достатнім для забезпечення гарантованої безпеки маневрування при справній роботі суднових технічних засобів.



Рис. 4.6. Судновий план руху при лоцманській проводці

Структурні схеми систем управління курсовим комбінованим способом для планування суднового лоцманського плану проводки, можна представити, як показано на рис. 4.7

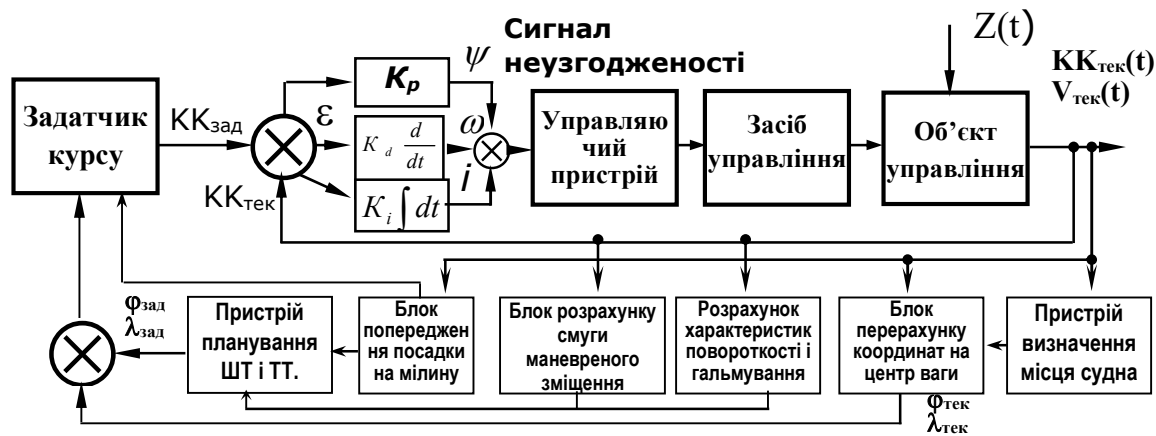


Рис. 4.7 – Блок-схема системи управління судном.

Для управління рухом в порту необхідно використовувати крім звичайних навігаційних пристроїв додаткові: прилад контролю кутової швидкості; пристрій візуалізації навколишнього оточення судна і буксирів; датчик швидкості зближення судна з причалом.

На рис.4.8. прийняті наступні позначення: $KK_{\text{зад}}$ – заданий компасний курс із попередньої шляхової точки в наступну; Θ – кут повороту із попереднього курсу на наступний; ΔK – поправка компаса; $\phi_{\text{зад}}, \lambda_{\text{зад}}$ – задані



Рис. 4.8– Блок – схема алгоритму формування суднового плану

координати ТТ; ШТ – шляхові точки початку і кінця прямолінійних відрізків; α - кут вітрового дрейфу; β - кут зносу течією; $\Delta_{\text{тек}}$, $\Delta_{\text{зад}}$ – поточне і задане судноводієм допустиме відхилення заданого бокового зміщення від поточного $U_{\text{мтек}}$, $U_{\text{мдоп}}$ вірогідна поточна і допустима ширина полоси маневреного зміщення.

Для вирішення проблеми використання зайнятості робочого часу судноводія, деякі дослідники [135] вводять критерій залежності ймовірності безпомилкового прийняття рішення на маневр судна і коефіцієнта завантаження судноводія рішенням навігаційних завдань. Коефіцієнт K_3 визначається виразом:

$$K_3 = t_p / \Delta t, \quad (4.28)$$

де t_p – час, необхідний для рішення визначеної задачі, наприклад при оцінці обстановки розходження і виконанні потрібних розрахунків з максимально можливою швидкістю; Δt задана дискретність рішення задачі, або час, який має судноводій. Таку залежність характеризують графіком, приведеним на рис.4.9.

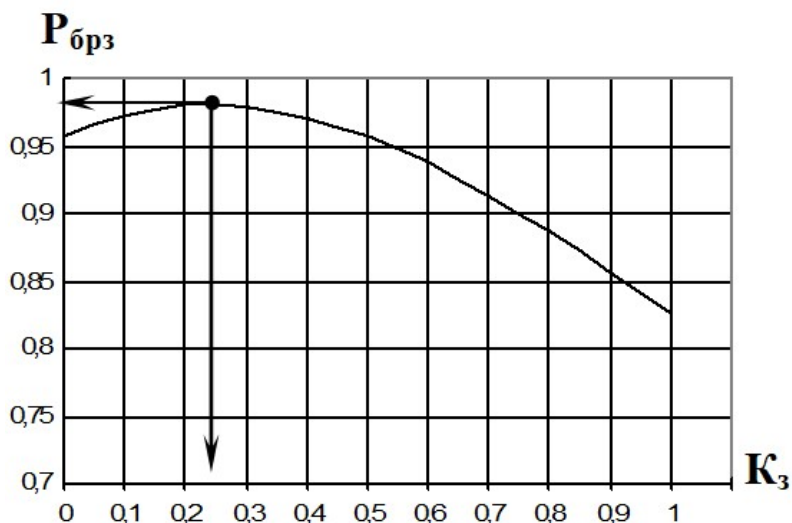


Рис. 4.9. Залежність $P_{брз}$ від коефіцієнту K_3 . $P_{брз\max} = 0,981$, $K_3 = 0,26$.

З графіка видно, що максимальне значення ймовірності РБРЗ рівно 0,981 при оптимальному коефіцієнті зайнятості судноводія $K_{3\text{опт}} = 0,26$. Представимо зв'язок цих величин у табл.4.6 виведення результатів розрахунку $P_{брз} = f(K_3)$.

Таблиця 4.6.

Залежність часу прийняття рішення від зайнятості судноводія

$P_{\text{брз}}$	0,95	0,97	0,97	0,98	0,97	0,97	0,95	0,93	0,91	0,88	0,85	0,82
K_z	0	0,1	0,2	0,26	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0

При класичному контролі над рухом судна і виконанні операцій зі зняття відліку приладу визначення місця, нанесення на карту і прийняття рішення щодо коригування руху, якщо з'явилося відхилення, займає близько 2-х хвилин.

Таким чином, для забезпечення безпомилкового вирішення навігаційних завдань при плаванні в небезпечних районах обмежених вод, умовах обмеженої видимості з ймовірністю 0,95, як того вимагається рекомендаціями ММО, то дискретність контролю обстановки на ЕКНІС, РЛС на підставі рис. 4.7 коефіцієнт запасу $K_z = 0,55$. Тоді при часу на вирішення завдання і прийняття рішення, раціональний інтервал часу для контролю обстановки $\Delta t = t_p / K_z = 3 / 0,55 = 5,45$ мин

Скорочення раціонального інтервалу часу Δt призведе до зменшення ймовірності $P_{\text{брз}}$. У разі використання ЕКНІС раціональна дискретність контролю обстановки [135] складає $\Delta t = 5$ хв. У проміжках між операціями на ЕКНІС вахтовий помічник може виконувати інші свої функції. Однак, перед поворотом або при зближенні з іншими суднами спостереження повинні проводитися частіше або навіть безперервно.

В силу цих особливостей потрібна висока точність попереднього планування шляху, автоматизація обробки інформації для забезпечення швидкодії всієї системи управління рухом судна. Таким чином виконана третя допоміжна задача по плануванню сценарного управління морськими операціями в стислих водах.

4.4. Висновки по четвертому розділу

В даний час суднові і берегові технічні системи та дії, спрямовані на зниження небезпек аварійних подій, не завжди відповідають вимогам стандартів інформаційної безпеки і не гарантують безпечний рух судна.

З цієї причини при вирішенні першої допоміжної задачі вперше розроблені формалізовані моделі по вибору безпечного режиму руху судна по умовам плавання і маневреним характеристикам судна.

При вирішенні другої допоміжної вперше розроблені розрахункові схеми і моделі високоточного планування переходу у вигляді матриць координат траєкторних точок прямолінійних і криволінійних відрізків шляху з урахуванням маневрених властивостей судна. Такий спосіб планування являється високоточним і дозволяє оперативно контролювати рух судна і своєчасно коригувати відхилення від планової траєкторії по бічному зсуву.

При вирішенні третьої допоміжної задачі удосконалена методика інверсного способу планування руху для сценарного управління маневруванням при виконанні морських операцій, яка може використовуватися в небезпечних районах стислих вод і як судновий навігаційний план руху при лоцманському проведенні.

Розроблений навігаційний інформаційний - аналітичний комплекс «Планування траєкторії» містить вперше запропоновані способи і методики створення заданого алгоритму функціонування системи управління судном і контролю над процесом переміщення по траєкторіях руху, включаючи криволінійні. Він дозволяє автоматизувати як процес планування траєкторії руху по поворотності, так і контролювати безпечне маневрування.

Для підвищення безпеки управління на кінцевих ділянках переходу пропонується додатково до існуючого плану переходу, скласти судновий план руху від місця прийому лоцмана до швартування в порту і від причалу до місця висадки лоцмана. Для підвищення інформативності запропоновано використовувати визначення координат центру ваги судна, шляхом

перерахунку прийнятих антеною даних. Для підвищення точності проводки запропоновано автоматично відстежувати координати центру ваги і ширину смуги маневреного зміщення по величині маневреного зсуву.

Система буде працювати ефективно, якщо оператор буде використовувати предметні знання. При зверненні оператора в нижні рівні ієрархічної структури йому доводиться робити обчислення і формувати знання, що недоцільно, а при дефіциті часу і неможливо. Для обліку використання робочого часу судноводія, введений критерій залежності ймовірності безпомилкового прийняття рішення на маневр судна і коефіцієнта завантаження судноводія рішенням навігаційних завдань. Їх застосування дозволить раціонально використовувати робочий час при несенні вахти і організації роботи судноводія.

Синтез допоміжних задач дозволяє вирішити головну задачу по розробці високоточних методів планування шляху судна, включаючи криволінійні відрізки, і оперативного контролю його руху в обмежених водах.

Результати можуть бути використані на судах при автоматичному плануванні переходу і при створенні тренажера для підготовки судноводіїв для виконання високоточного планування траєкторії руху в небезпечних районах стислих вод. Вони можуть бути впроваджені в морських навчальних закладах при підготовці курсантів старших курсів до роботи на судах, на курсах підвищення кваліфікації та при виконанні теоретичних досліджень.

Зміст четвертого розділу опубліковано в роботах [118-120, 122, 123, 127].

РОЗДІЛ 5.

РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВИСОКОТОЧНОГО ПЛАНУВАННЯ І ОПЕРАТИВНОГО КОНТРОЛЮ РУХУ СУДНА В РАЙОНАХ СТИСЛИХ ВОД

5.1. Синтез допоміжних завдань для вирішення головного по розробці високоточних методів планування переходу судна в стислих водах

Суднові навігаційні системи (НС) і використовувані в їх складі електронні карти виконують основні функції з планування траєкторії переходу і управління рухом по плановій траєкторії, включаючи попередження зіткнень суден і ряд інших навігаційних завдань. Для виконання таких функцій НС використовує дані від усіх суднових навігаційних пристроїв: гірокомпасу, лага, ехолота, РЛС, транспондерів АІС, приймачів супутникових і берегових навігаційних систем. Однак, незважаючи на значну кількість виконуваних функцій, НС не забезпечують достатню точність і повноту інформації, яка необхідна для підтримки прийняття рішень при управлінні рухом і маневруванні в стислих водах.

Результати виконаних допоміжних задач, які приведені в третьому і четвертому розділах, дозволяють синтезувати систему високоточного планування заданої траєкторії ТТ і організувати оперативний контроль руху і управління по ній, для виконання головного завдання по безпечному русі в стислих водах.

Синтез системи було виконано в наступній послідовності.

1. Планування переходу шляховими точками (ШТ) в табличній формі, включаючи їх координати, кут повороту і перекладки руля.
2. Формують матриці поворотів. По координатам ШТ, куту повороту і перекладки руля методом відрізків визначають координати точки початку перекладки руля і закінчення поворотів. Вибирають інтервал дискретизації рівним 3, 5 чи 10 градусів, після чого методом відрізків аналітично визначають

координати ТТ шляху криволінійних відрізків для кожної ШТ $M_{п12}$, $M_{п23}, \dots, M_{пi(i+1)}, \dots, M_{п(m-1)m}$, для всіх $i \in \{1, \dots, m\}$, де m - число шляхових точок.

Матрицю ТТ повороту із першої ШТ в другу можна записати так:

$$M_{п12} = \left\| \begin{matrix} \left| \varphi_{пц1} \right|, \left| \varphi_{п11} \right|, \left| \varphi_{п21} \right|, \dots, \left| \varphi_{пi1} \right|, \dots, \left| \varphi_{п(n-1)1} \right|, \left| \varphi_{пn1} \right|, \left| \varphi_{кц1} \right| \\ \left| \lambda_{пц1} \right|, \left| \lambda_{п11} \right|, \left| \lambda_{п21} \right|, \dots, \left| \lambda_{пi1} \right|, \dots, \left| \lambda_{п(n-1)1} \right|, \left| \lambda_{пn1} \right|, \left| \lambda_{кк1} \right| \end{matrix} \right\|.$$

3 Надалі при організації обчислень опис масивів даних будемо виконувати у вигляді шляхових матриць $M_{01}, M_{12} \dots M_{j(j+1)} \dots M_{(m-1)m}$ для всіх $j \in \{1, \dots, m\}$, де m число ШТ.

Матрицю ТТ прямолінійної ділянки з початкової точки в першу шляхову можна записати у вигляді координат через вибраний інтервал дискретизації шляху, розрахованих по напрямку ІК:

$$M_{01} = \left\| \begin{matrix} \left| \varphi_0 \right|, \left| \varphi_{011} \right|, \left| \varphi_{012} \right|, \dots, \left| \varphi_{01j} \right|, \dots, \left| \varphi_{01(k-1)} \right|, \left| \varphi_{01k} \right| \\ \left| \lambda_0 \right|, \left| \lambda_{011} \right|, \left| \lambda_{012} \right|, \dots, \left| \lambda_{01j} \right|, \dots, \left| \lambda_{01(k-1)} \right|, \left| \lambda_{01k} \right| \end{matrix} \right\|,$$

для всіх $i \in \{1, \dots, k\}$, де k кількість ТТ прямолінійної траєкторії.

4. Формують масив шляхових матриць і матриць ТТ повороту для всіх шляхових точок в наступному порядку: M_{01} , $M_{п12}$, M_{12} , $M_{п23}$, $M_{23} \dots M_{пi(i+1)}$, $M_{i(i+1)}, \dots, M_{п(m-1)m}$, $M_{(m-1)m}$, де M_{01} – матриця ТТ лінійного відрізка із початкової 0-ої ШТ до точки подачі команди на переключку руля; $M_{п12}$ – матриця повороту із першої ШТ в другу від початку $H_{ц1}$ до кінця $K_{ц1}$ криволінійного відрізка; M_{12} , M_{23} , $M_{i(i+1)}$, $M_{(m-1)m}$ – матриці відрізків поворотів; $M_{п23}$, $M_{пi(i+1)}$, $M_{пi(i+1)}$ – матриці ТТ прямолінійних відрізків.

Сформовані масиви координат визначають оптимальний шлях переходу від місця прийому/висадки лоцмана в порту приходу до місця висадки /прийому лоцмана в порту відходу. Відомостей про траєкторії шляху від причалу до місця висадки лоцмана при відході і від місця прийому лоцмана до причалу в порту приходу.

5. Розробляють сценарій виконання технологічної карти морської операції і інверсним способом в масштабі карти наносять ТТ шлях руху, який використовують в якості суднового навігаційного забезпечення плавання при

зміни курсу при маневруванні показав, що поправки на центр ваги не залишаються постійними. Всього існує 64 комбінації розташування антени щодо ЦВ, півкулі широти і довготи, а також чверті курсу, яким слідує судно.

Координати центра ваги φ_G і λ_G розраховуються по визначеному супутниковою системою даним φ_a і λ_a при курсі K в межах $0^\circ \leq K \leq 90^\circ$, з урахуванням рис.5.1, і при умові $\varphi_a \geq 0, \lambda_a \geq 0$, по наступним залежностям:

$$\varphi_G = \varphi_a + \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 = \varphi_a + \Delta\varphi_G \text{ і } \lambda_G = \lambda_a - \Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2 = \lambda_a + \Delta\lambda_G, \quad (5.1)$$

де $\Delta\lambda_1$ - проекція відстані точки прийому антени A_n від діаметральної площини ℓ_y на вісь λ , в милях; $\Delta\lambda_2$ - проекція відстані точки розташування антени ℓ_x від центру ваги по ДП на вісь λ , в милях; $\Delta\varphi_1$ - проекція відстані точки антени A_n від ДП ℓ_y на вісь φ , в милях; $\Delta\varphi_2$ - проекція відстані точки антени ℓ_x від ЦВ по ДП на вісь φ , в милях; $\Delta\lambda_G$ і $\Delta\varphi_G$ - поправки координат.

В розгорнутому вигляді рівняння (5.1) можна написати так:

$$\Delta\lambda_1 = \ell_y \cdot \cos K; \Delta\lambda_2 = \ell_x \cdot \sin K. \quad (5.2)$$

$$\Delta\varphi_1 = \ell_y \cdot \sin K; \Delta\varphi_2 = \ell_x \cdot \cos K. \quad (5.3)$$

Тоді, після підстановки (5.2) і (5.3) в (5.1) отримаємо:

$$\lambda_G = \lambda_a - \ell_y \cdot \cos K + \ell_x \cdot \sin K. \quad (5.4)$$

$$\varphi_G = \varphi_a + \ell_y \cdot \sin K + \ell_x \cdot \cos K. \quad (5.5)$$

Положення супутникової антени в судовому формулярі описується проекціями місця розташування антени ℓ_y в метрах на судову вісь E і ℓ_x на вісь N . При цьому позитивне значення проекції прийнято по осі Y зі знаком плюс в сторону правого борта і по осі X в бік носа. Можливі чотири випадки розташування антени: в сторону носа з правого борту; в сторону носа з лівого борту; в бік корми з правого борту; в бік корми з лівого борту. З урахуванням географічних координат розташування судна на земній поверхні можливі 64 розрахункових схеми, блок схема алгоритму яких, для рис. 5.1, розташування антени справа по кормі, за умови $\varphi_a \geq 0, \lambda_a \geq 0$ приведена на рис. 5.2.

Розташування антени відносно центра G на міделі буде описуватися знаком проекції: зліва по кормі буде $-\ell_x$ і $-\ell_y$; справа по кормі буде $-\ell_x$ і $+\ell_y$; зліва по носу буде $+\ell_x$ і $-\ell_y$; справа по носу буде $+\ell_x$ і $+\ell_y$.

Таким чином побудована система для побудови програми планування заданого шляху і контролю руху по ньому.

5.2. Вихідні дані і опис роботи програми планування переходу

Програма написана на об'єктно-орієнтованій мові високого рівня Delphi 7.0. Для зберігання даних обрана сумісна система керування базами даних Paradox 7.0. Для забезпечення роботи програми необхідні дані трьох видів:

1. Докладні дані про судно, як об'єкт управління, наведені в табличному вигляді;
2. Дані про перехід від місця висадки лоцмана в порту відходу, до пункту прийому лоцмана в порту приходу, у вигляді таблиці ШТ;
3. Дані про навігаційну обстановку в порту відходу від причалу до місця висадки лоцмана і в порту приходу від місця прийому лоцмана до причалу, необхідні для складання суднового навігаційного плану лоцманської проводки.

Докладні дані про судно, як об'єкт управління наведені в Додатку в табл. А1 і придатні для розрахунку маневрених характеристик найбільш точним, експериментально-розрахунковим способом.

Дані про планування переходу ШТ наведено в табл. 4.1, де вміщено крім координат ШТ, курси та відстані плавання з попередньої в наступну точки.

Дані, необхідні для складання суднового навігаційного плану лоцманської проводки містяться в суднових картах найбільшого масштабу і лоціях. На відміну від лоцманського плану проводки, судновий план придатний для навігаційних цілей і дозволяє вести високоточне планування і контроль місця судна для забезпечення безаварійного плавання. Програма побудована у вигляді модулів, які виконують певні функції. Всього створено 10 функціональних модулів, які приведені в табл. 5.1.

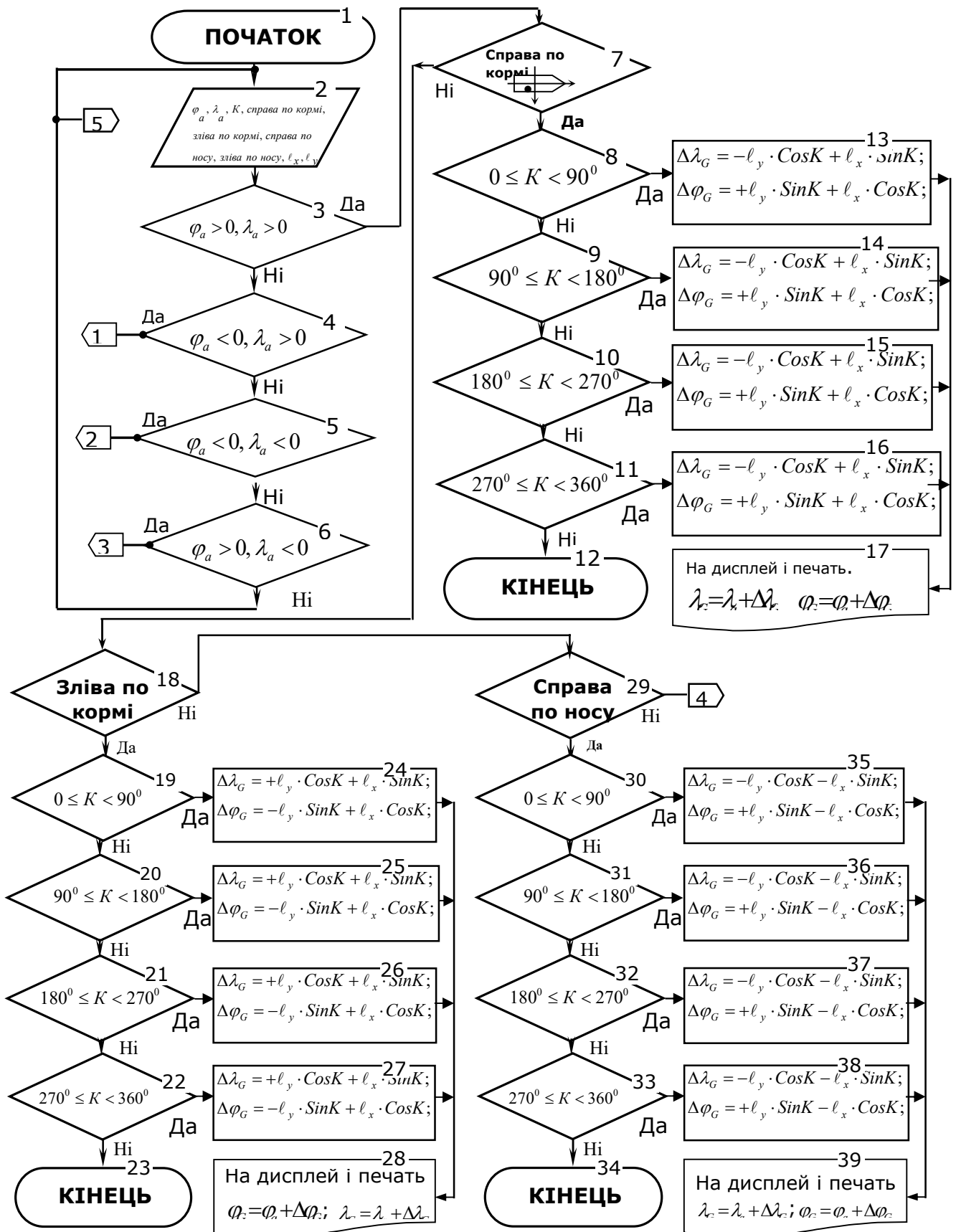
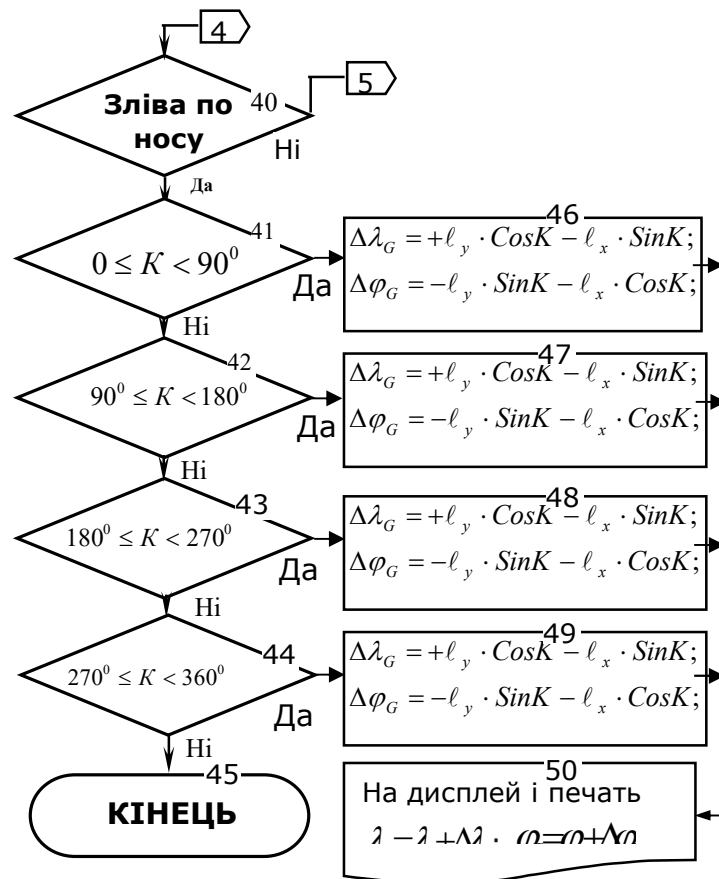


Рис. 5.2. Блок схема алгоритму перерахунку координат антени на ЦВ



Продовження рис.5.2

Таблиця 5.1.

Перелік функціональних модулів програмного забезпечення

№№ пп	Назва модуля	Функції
1	Вибір судна і бази даних	Ідентифікація судна
2	Створення бази даних про постійні характеристики судна data ship	Формування бази даних
3	Розрахунок характеристик гальмування і повороткості	Формування таблиць
4	Вивід маневрових характеристик в блок оперативних даних	Створення блоку оперативних даних
5	Створення бази даних про повороткості в вигляді відрізків	Оперативні дані про повороткості в вигляді відрізків
6	Вивід таблиці переходу в вигляді ШТ	Створення таблиці ШТ переходу
7	Створення суднового лоцманського плану відходу	Таблиця суднового плану відходу ТТ
8	Створення суднового лоцманського плану приходу	Таблиця суднового плану заходу ТТ
9	Створення плану переходу у вигляді масиву ТТ	Масив координат переходу ТТ
10	Побудова графічного плану переходу ТТ	Графічний план переходу

Структуру програми можна відобразити у вигляді укрупненої модульної схеми, як показано на рис. 5.3.

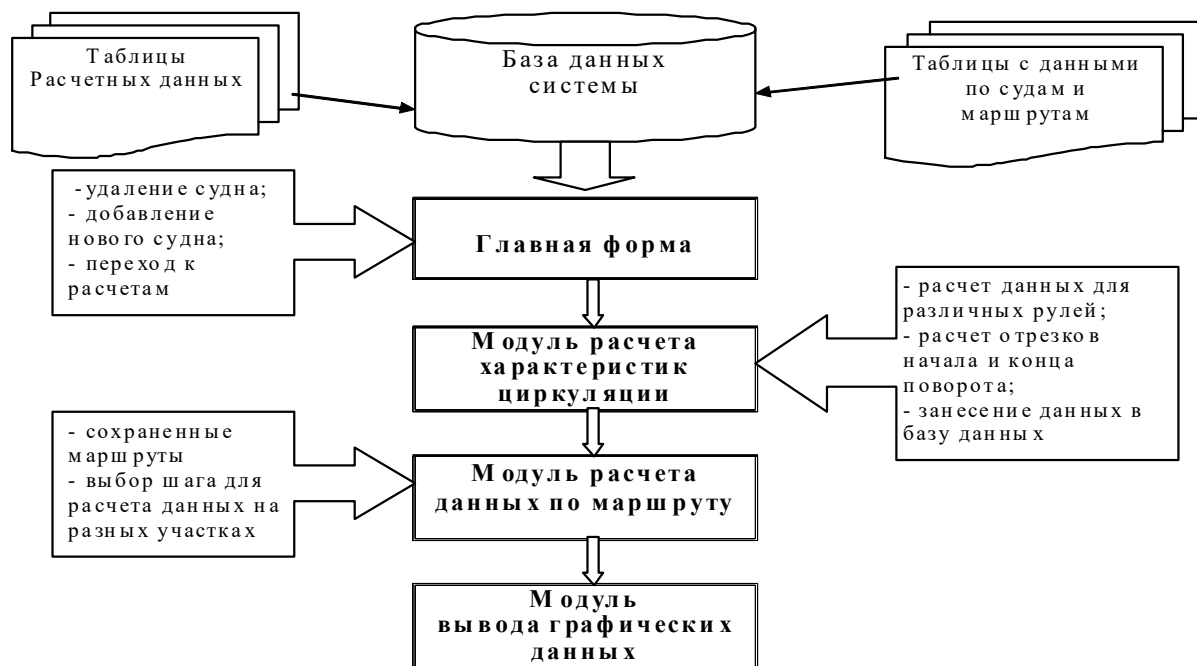


Рис. 5.3. Укрупнена схема прямої зв'язівки програми функціональних модулів макета системи планування переходу

При цьому можна розробити два види структур програм:

- пристосована для даного судна схема, в якій змінюється тільки режим руху, поточний стан завантаження і маршрут переходу;
- універсальна структура, що дозволяє змінювати як маршрут переходу, так і тип судна, для якого планується перехід.

Опис роботи модулів приведено в табл. 5.2. Формування даних виконується по формам, приведеним в табл. 5.3.

Таблиця 5.2.

Опис назви і роботи програмних модулів

№	Назва модуля	Опис роботи модуля
1	unit Select	В даному модулі передбачена обробка операцій: - створення форми для вибору судна з наявних в базі даних; - перехід до даних з характеристиками судів; - перехід до форми для введення характеристик ново судна; - перехід до форми для перегляду наявних даних про судно; - перехід в модуль планування маршруту.

Продовження табл. 5.2.

2	unit Create	Модуль для обробки вхідних даних про характеристики судна. В даному модулі виконуються наступні операції: - виводиться форма вхідних даних; - додавання нового судна в таблицю Ships; - введені характеристики судна і додавання їх в таблицю data_ship4; - видалення судна і його характеристик з таблиць бази даних; - перехід в модуль розрахунку характеристик повороткості; - перехід в модуль планування маршруту.
3	unit View	В даному модулі для обраного судна розраховуються характеристики повороткості для різних кутів перекладки руля і заносяться в таблицю. Після розрахунку характеристики показуються на екрані у вигляді таблиці.
4	unit Points	В даному модулі виробляються наступні обчислення і дії: - формується таблиця даних для побудови графіка; - створюється форма для розробки нового маршруту в залежності від введенної кількості шляхових точок; - на підставі уведених шляхових точок відбувається розрахунок точок циркуляції з урахуванням керма перекладки; - розрахунок дистанції між точками; - надається вибір кроку для розрахунку прямолінійних ділянок маршруту і окремо кроку для повороту; - формується матриця ТТ повороту і заносяться для зберігання; - за обраним маршрутом показується матриця переходу
5	unit Grafic	Даний модуль створений для побудови графіків: по введеним або обраним ШТ уточненого графіка по розрахованим даним.

Таблиця 5.3.

Структура даних, для зберігання інформації про судно і маршрут

1. Таблиця ships – судна	
Ships	Порядковий номер
Kodships	Код судна
NameShip	Найменування судна
2. Таблиця data_ships – характеристики суден	
data_ships	Порядковий номер
KodShip	Код судна

Продовження табл. 5.3

KodCharact	Код характеристики судна
NameCharact	Найменування характеристики
ZnachChatact	Перемінні характеристики
3. Таблиця charact_povorot – характеристики поворотливості судов	
charact_povorot	Порядковий номер
Kodship	Код судна
L1	Характеристика судна
L2	Характеристика судна
Dt	Характеристика судна
Dy	Характеристика судна
Pereklad_rula	Кут перекладки
4. Таблиця marshrut – маршрути суден	
marshrut	Порядковий номер
KodMarsh	Код маршрута
KodShip	Код судна
NameMarsh	Найменування маршруту
5. Таблиця circulate –розрахункові дані про циркуляцію	
KodShip	Код судна
KodM	Код маршруту
Shirota	Широта(градуси)
Dolgota	Довгота (градуси)
MN	Величина відрізка МН
MK	Величина відрізка МК
ShN	Широта точки початку повороту
ShK	Широта точки кінця повороту

Продовження табл. 5.3

DolN	довгота точки початку повороту
DolK	довгота точки кінця повороту
KodPoint	Код розрахункової точки
Pereclad_rula	Перекладка руля для розрахунку
Rsh	Різниця широт
Otsh	Відхід
Rd	Різниця довготи
LstK	Істинний курс
Way	Величина шляху
DolNapr	Розрахункова довгота
ShNapr	Розрахункова широта
6. Таблиця dist_kurs – відстань	
Dist_kurs	Порядковий номер
KodShip	Код судна
KodM	Код маршруту
DlstKurs	Відстань по курсу
KodPoint	Код точки
7. Таблиця grafic – шляхові точки для графіка	
grafic	Порядковий номер
KodShip	Код судна
KodM	Код маршрута
Shirota	Широта(градуси)
Dolgota	Довгота (градуси)
8. Таблиця hp_kp – значення МН і МК для рулів	
hp_kp	Порядковий номер
KodShip	Код судна

Продовження табл. 5.3.

Grad	градуси
Pereclad_rula	Перекладка руля
МН	МН
МК	МК
9. Таблиця point – вхідні дані	
point	Порядковий номер
KodShips	Код судна
KodMarshruta	Код маршруту
KodPoints	Код точки
Shirota	Широта(градуси)
Dolgota	Довгота (градуси)
LstKurs	курс
Way	відстань
ShNapr	Напрямок широти
DolNapr	Напрямок довготи

Фрагмент програми модуля судна із бази даних приведений нижче, а лістинг програми приведено в Додатку В.

Модуль вибору судна із бази даних

```

unit Select;

interface

uses

    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
    Dialogs, StdCtrls, DB, DBTables,
    DBCtrls, View, Create, Points, Grafic, Math, ReportUnit;

type

TSelectShip = class(TForm)
    Label1: TLabel;
```

```

DataSource1: TDataSource;
Table1: TTable;
Table1KodShip: TAutoIncField;
Table1NameShip: TStringField;
Edit1: TEdit;
Button1: TButton;
Button2: TButton;
Button3: TButton;
Button4: TButton;
Query1: TQuery;
Query1KodShip: TIntegerField;
Query1NameShip: TStringField;
DBComboBox1: TDBComboBox;
Button5: TButton;
procedure FormCreate(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure DBComboBox1Change(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
private
    { Private declarations }
public
    { Public declarations }
end;
var
    SelectShip: TSelectShip;
    select_kodship: string;
implementation
    {$R *.dfm}

procedure TSelectShip.FormCreate(Sender: TObject);

```

```

begin
table1.open;
Table1.Active;
Table1.First;
DBComboBox1.Items.Clear;
while not Table1.Eof do
begin
DBComboBox1.Items.Add(Table1.FieldName('NameShip').AsString);
Table1.Next;
end;

```

5.3. Розрахункові схеми і алгоритми автоматизації планування шляху

Особливе місце при розрахунку займає визначення характеристик поворотності у вигляді відрізків [116]. Вихідними даними для розрахунків будуть координати точки маршруту, в районі якої виконується поворот, кут повороту і перекладки керма і відрізки від ШТ до точки віддачі команди на перекладку керма і від ШТ до моменту закінчення повороту. Вікно вводу даних по судну приведено на рис.5.4. Укрупнений алгоритм розрахунку циркуляції методом відрізків має вигляд, наведений на рис. 5.4.

Просмотр / изменение данных судне

Название судна:

Длина между перпендикулярами, м:

Ширина наибольшая, м:

Осадка носом, м:

Осадка кормой, м:

Число винтов/рулей:

Число лопастей винта:

Диаметр винта, м:

Дискоевое отношение винта:

Шаговое отношение винта:

Скорость уверенного реверсирования, уз.:

Кoeffициент полноты мидель шпангоута:

Водоизмещение, т:

Площадь пера руля, кв.м:

Высота руля, м:

Площадь кормового подреза, кв.м:

П/П:

П/Пм:

С/П:

М/П:

СМ/П:

Характеристики поворотливости судна

Переклад р	L1	L2	D1	Dy
15	3,00178046	1,47932832	3,38189037	2,73558749
10	3,70975045	2,12434310	4,67965128	4,01788572
5	5,30781753	3,58030437	7,60902542	6,91235667

Удалить запись Отмена ОК Рассчитать Рассчитать характеристики поворотливости

Рис. 5.4. Вікно вводу даних для розрахунку характеристик поворотності

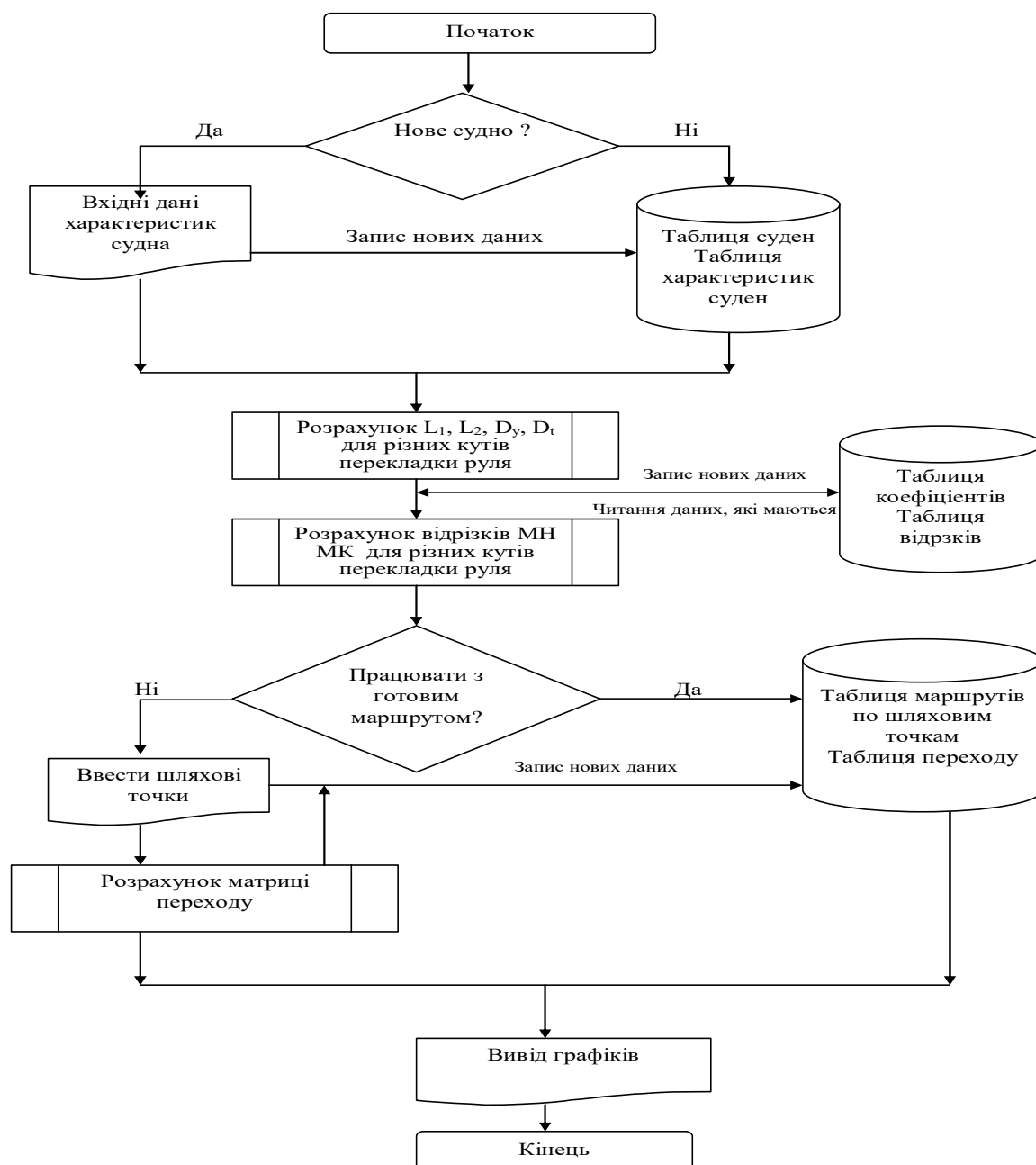


Рис. 5.5. Блок – схема алгоритму розрахунку характеристик повороткості методом відрізків

При цьому початковою точкою циркуляції будуть координати ТТ розраховані за становищем ШТ, і відрізка спрямованому з неї протилежно курсу прямування в ШТ.

Результати розрахунку ТТ при повороті для входу в порт Южний приведені в табл. 5.4.

Таблиця 5.4

Таблиця результатів розрахунку ТТ повороту методом відрізків і перпендикулярів при заході в порт Южний

ΔK	φ^0_k	λ^0_k		РШ	ОТШ	РД
10	46,333538	31,001644		0,003788	0,022382	0,032416
20	46,333503	31,001983		0,000314	0,045799	0,066327
30	46,333374	31,002313		-0,012573	0,068557	0,099262
40	46,33317	31,002603		-0,032962	0,088672	0,128339
50	46,332887	31,002832		-0,061315	0,104546	0,151236
60	46,332527	31,002973		-0,097264	0,114323	0,165272
70	46,332097	31,002997		-0,140290	0,116100	0,167709
80	46,331603	31,002876		-0,189703	0,107815	0,155601
90	46,331051	31,002578		-0,244917	0,087268	0,125821
100	46,330445	31,002065		-0,305549	0,051749	0,074528
110	46,337213	31,001358		0,371291	0,002592	0,003779
122,6	46,338127	31,00288		0,462730	0,106822	0,156026

ΔK	φ^0_1	λ^0_1	K	MH	MK	HP	PK
10	46'33''36	31'00''16	80,4	1,373	0,227	1,597	0,039
20	46'33''35	31'00''19	90,4	1,6	0,458	2,03	0,157
30	46'33''34	31'00''23	100,4	1,833	0,697	2,437	0,349
40	46'33''32	31'00''26	110,4	2,078	0,946	2,803	0,608
50	46'33''28	31'00''28	120,4	2,339	1,212	3,118	0,928
60	46'33''26	31'00''3	130,4	2,622	1,501	3,373	1,3
70	46'33''22	31'00''3	140,4	2,936	1,821	3,559	1,711
80	46'33''16	31'00''29	150,4	3,29	2,182	3,669	2,149
90	46'33''11	31'00''26	160,4	3,7	2,6	3,7	2,6
100	46'33''04	31'00''21	170,4	4,189	3,099	3,651	3,052
110	46'33''72	31'00''14	0,4	4,792	3,713	3,522	3,489
122,6	46'33''82	31'00''29	13	5,808	4,749	3,249	4,001
φ_H	λ_H						
46'33''545	31'00''92						

На формі, рис. 5.6. показана траєкторія, побудована по введеним ШТ М (червоним кольором) і маршрут, прокладений по матриці поворотів (траєкторні точки). Для перегляду матриці траєкторних точок передбачена кнопка «Показати матрицю поворотів», після її натискання з'являється можливість перегляду матриць поворотів маршруту з кроком 3, 5 і 10 градусів:

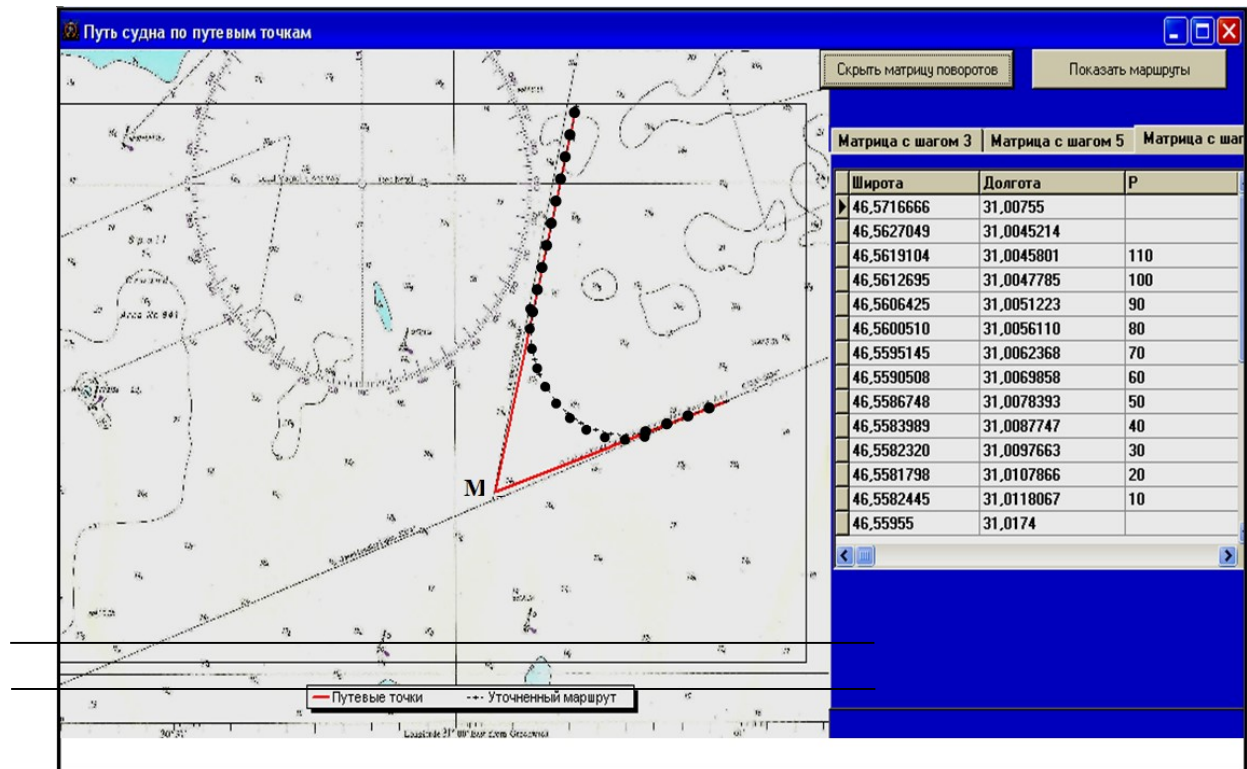


Рис. 5.6. Поворот при заході в порт Южный ШТ і ТТ з шагом 5°

На цій же формі, рис.5.7, існує кнопка «Показати маршрут». Після її натискання ми бачимо маршрут і дистанцію на кожному курсі через 3, 5 і 10 градусів кроку дискретизації ТТ.

Фрагмент графічного зображення ділянки шляху, що складається з трьох шляхових точок 0, 1 і 2 наведено на рис.5.7.

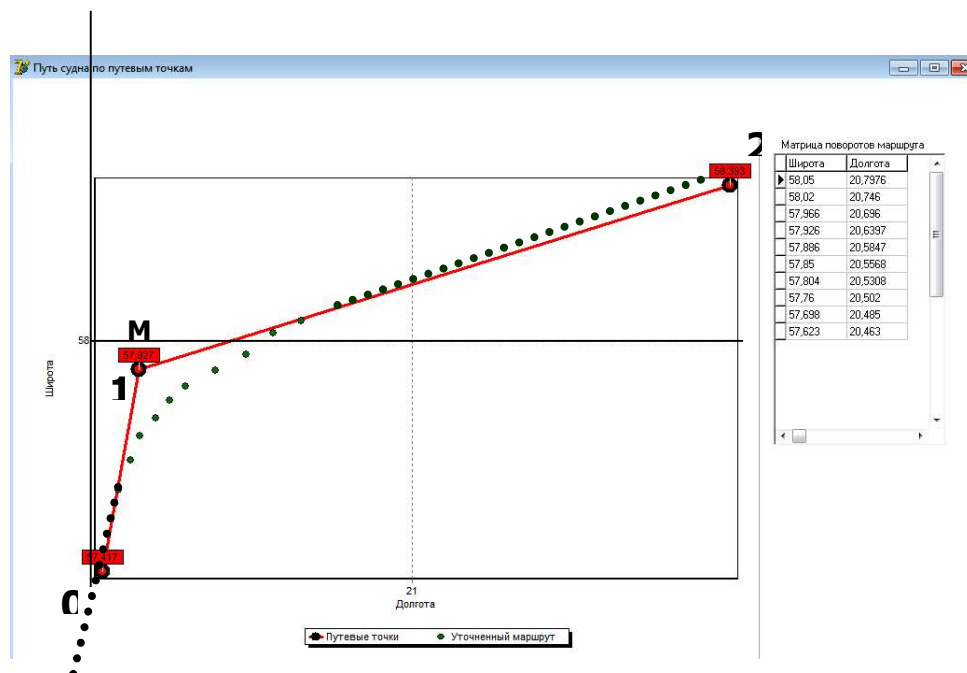


Рис. 5.7. Графічне зображення відрізка шляху ТТ

Надалі запускається програма згідно даних судна і переходу, відповідно до рейсового завдання. Якщо програма адаптована до даного судна, то обсяг обчислень суттєво зменшиться.

5.4. Інструкція роботи з програмою і контрольний приклад

На будь-який з дисків комп'ютера зберігаємо папку Povorot і весь її вміст. Для початку роботи з програмою необхідно з папки Povorot запустити файл bdesetup.exe. На ваш комп'ютер встановиться програмне забезпечення для роботи з базами даних. Це робиться тільки перед першим запуском програми.

Для постійної роботи з програмою запускаються файлом project1.exe. Після запуску файлу project1.exe на екран з'являється екранна форма, наведена на рис. 5.8. У всіх формах дані вводяться через кому.

Вибираємо судно, з яким будемо працювати або додаємо нове. З форми доступні наступні дії для обраного судна:

- кнопка «Вихід» дозволяє закінчити роботу з програмою;
- кнопка «Створити» служить для введення нового судна в базу даних;
- кнопка «Переглянути / Змінити» дозволяє коригувати дані параметри вже наявного в базі судна;

- кнопка «Розрахунок» дозволяє перейти для роботи з маршрутами;
- кнопка «Видалити» виробляє видалення обраного судна і всієї наявної за маршрутами інформації для даного судна.

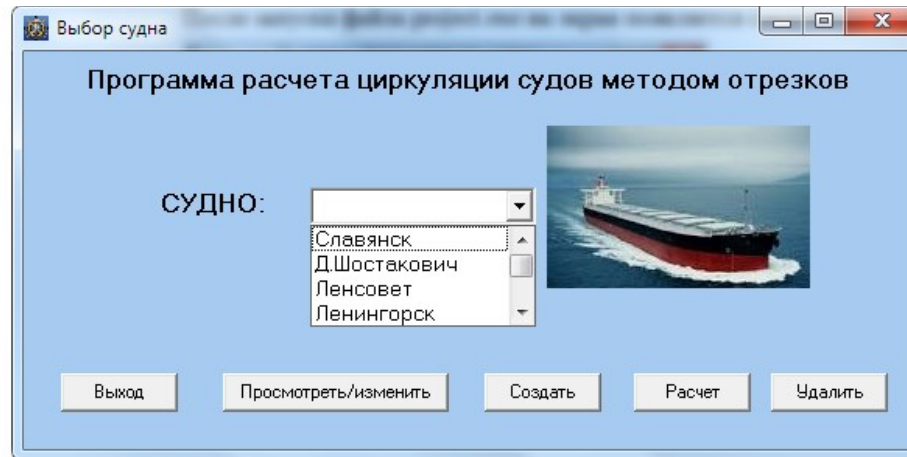


Рис. 5.8. Экрана форма wyboru судна

Розглянемо кожну кнопку окремо. При натисканні кнопки «Створити» появляється форма для вводу даних по новому судну, рис. 5.9.

Rudder angle	L1	L2	Dt	Dy
35	2.36329974	0.86745706	2.16377446	1.62760855
15	3.95192428	2.31481545	5.07583972	4.50497686
10	4.98577114	3.25672897	6.97095682	6.37751384
5	7.31942461	5.38286567	11.2487147	10.6043027

Рис. 5.9. Экранна форма вводу даних по судну

При натисканні на кнопку «ОК» ви підтверджуєте введені дані і вони

записуються в базу даних. Для їх зміни необхідно вибрати кнопку «Переглянути / Змінити». При натисканні на кнопку «Подивитися / змінити» з'являється наступна форма, наведена на рис. 5.10.

Просмотр / изменение данных судне

Название судна: Д Шостакович

Длина между перпендикулярами, м: 137,0

Ширина наибольшая, м: 21,0

Данные по состоянию судна

	В грузу	В баласте
Осадка носом, м:	5,70	5,70
Осадка кормой, м:	5,26	5,26
Коэффициент полноты мидель шпангоута:	0,9880	0,9880
Водоизмещение, т:	9077	9077

Руль

Площадь пера руля, кв.м: 4,10

Высота руля, м: 3,78

Площадь кормового подреза, кв.м: 31,90

Начальная скорость пассивного торможения, уз:

Конечная скорость:

Время, с:

Начальная скорость активного торможения, уз:

Число оборотов винта заднего хода, об/мин:

Время, с:

Винт

Число винтов/рулей: 2

Число лопастей винта: 4

Диаметр винта, м: 3,70

Дискорное отношение винта: 0,7040

Шаговое отношение винта: 0,7300

Скорость судна, уз/обороты, об/мин

	В грузу	В баласте
ПКП	17,2 / 175	/
ПКПм	15,5 / 175	/
СКП	12,0 / 175	/
МКП	8,6 / 175	/
СМКП	5,2 /	/

Скорость уверенного реверсирования, уз.: 11,0

Рис. 5.10. Заповнена екранна форма введенних даних по судну

При натисканні на кнопку «ОК» ви підтверджуєте введені дані і вони записуються в базу даних. Для їх зміни необхідно вибрати кнопку «Переглянути / Змінити». При натисканні на кнопку «Подивитися / змінити» потрібно перейти до вікна даних по поворотності, приведенного на рис. 5.11.

Просмотр / изменение данных судне

Название судна: Д Шостакович

Длина между перпендикулярами, м: 137,0

Ширина наибольшая, м: 21,0

Данные по состоянию судна

	В грузу	В баласте
Осадка носом, м:	5,70	5,70
Осадка кормой, м:	5,26	5,26
Коэффициент полноты мидель шпангоута:	0,9880	0,9880
Водоизмещение, т:	9077	9077

Руль

Площадь пера руля, кв.м: 4,10

Высота руля, м: 3,78

Площадь кормового подреза, кв.м: 31,90

Начальная скорость пассивного торможения, уз:

Конечная скорость:

Время, с:

Начальная скорость активного торможения, уз:

Число оборотов винта заднего хода, об/мин:

Время, с:

Винт

Число винтов/рулей: 2

Число лопастей винта: 4

Диаметр винта, м: 3,70

Дискорное отношение винта: 0,7040

Шаговое отношение винта: 0,7300

Скорость судна, уз/обороты, об/мин

	В грузу	В баласте
ПКП	17,2 / 175	/
ПКПм	15,5 / 175	/
СКП	12,0 / 175	/
МКП	8,6 / 175	/
СМКП	5,2 /	/

Скорость уверенного реверсирования, уз.: 11,0

Характеристики поворотливости судна

Переключатель	L1	L2	Dt	Dy
35	2,16894342	0,66560033	1,76828932	1,31539469
15	3,87166530	2,21691012	4,88950336	4,39941980
10	4,97976455	3,22647325	6,92073054	6,40644512
5	7,48102442	5,50531219	11,5057232	10,9368081

Отмена ОК Рассчитать Рассчитать характеристики поворотливости

Рис. 5.11. Екранна форма виводу даних по поворотності

Для підтвердження проведених змін натискаємо на кнопку «ОК», якщо нічого не треба зберігати, натискаємо кнопку «Скасування». Якщо з даної форми необхідно перейти до маршрутів даного судна, вибираємо кнопку «Розрахувати», яка викликає екранну форму для роботи з маршрутами, наведену на рис. 5.12.

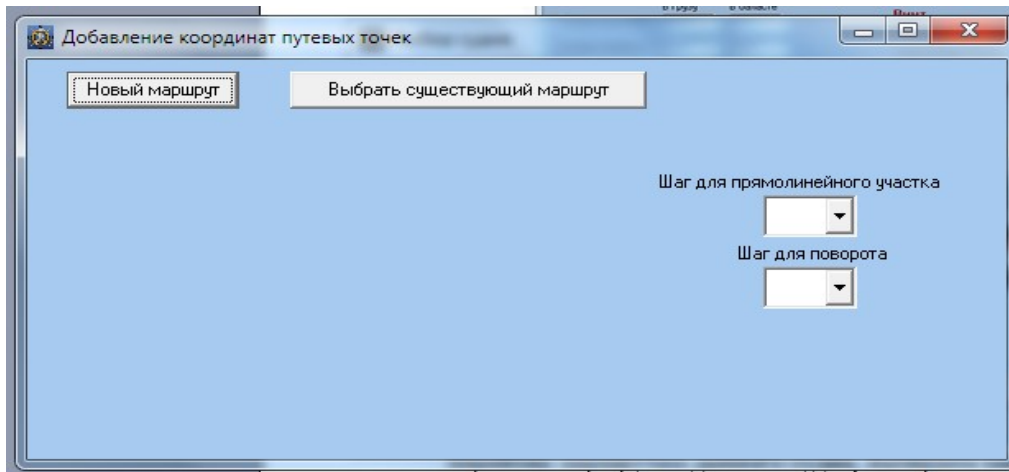


Рис. 5.12. Форма для роботи з маршрутами

Якщо для судна ще не був введений жоден маршрут, то ми вибираємо кнопку «Новий маршрут», яка дає можливість додати маршрут для даного судна, екранна форма якого наведена на рис. 5.13.

	Градусы	Минуты	Направление	Градусы	Минуты	Направление
ПТ0	12	23	N	134	2	W
ПТ1	12	22	N	135	33	W
ПТ2	13	21	N	135	22	W
ПТ3	15	20	N	137	11	W
ПТ4	16	11	N	137	15	W

Рис. 5.13. Форма для створення нового маршруту

У представлений формі заповнюються дані щодо необхідного маршруту:

– назва маршруту - довільний текст;

– кількість - кількість шляхових точок маршруту (до 50 точок).

Після введення даних, натискаємо кнопку «Додати маршрут» - за кількістю шляхових точок з'являється шаблон для введення значень: в перший стовпець градуси вводиться ціле число градусів широти точки маршруту; в другій стовпець вводяться хвилини широти через кому; третій стовпець для введення напрямку широта - великі літери «N» або «S». Аналогічно заповнення даних по довготі, напрямком літери «E» або «W».

У вікно «крок для прямолінійного ділянки» вводиться інтервал дискретизації координат, відповідно до рекомендацій, наведених вище, відповідно до району плавання. У вікно «крок для повороту» вводиться інтервал дискретизації координат криволінійної ділянки, в залежності від кута повороту і району плавання. Зазвичай при повороті до 30^0 вибирають інтервал 5^0 , а при повороті більше 30^0 - інтервал 10^0 .

Після додавання маршруту необхідно розрахувати матриці поворотів, для чого служить кнопка «Розрахувати» на цій же формі. Для перегляду введеного маршруту на графіку вибираємо кнопку «Показати маршрут».

На формі показаний маршрут, побудований за введенням ШТ і маршрут, прокладений по матриці поворотів ТТ. Для перегляду матриці ТТ передбачена кнопка «Показати матрицю поворотів», після її натискання з'являється можливість перегляду матриць поворотів маршруту з кроком 3, 5 і 10 градусів:

На цій же формі існує кнопка «Показати маршрут». Після її натискання ми бачимо маршрут і дистанцію на кожному курсі через 3, 5 і 10 градусів. На карті показується тільки контрольний маршрут, який для повороту на канал порту Южний для т/х «Ленсовет», має вигляд, наведений на рис. 5.14.

Якщо у судна вже є записи про маршрутах, то на формі «Додавання координат шляхових точок» вибираємо кнопку «Вибрати існуючий маршрут», після чого необхідно вибрати один з маршрутів, що існують у даного судна.

Якщо необхідно видалити один або кілька маршрутів у судна, необхідно на формі «Додавання координат шляхових точок» вибрати кнопку «Вибрати

існуючий маршрут». На екрані з'явиться вибір наявних для судна маршрутів і кнопка «Видалити вибраний маршрут». Вибираєте необхідний маршрут і натискаєте кнопку «Видалити вибраний маршрут».

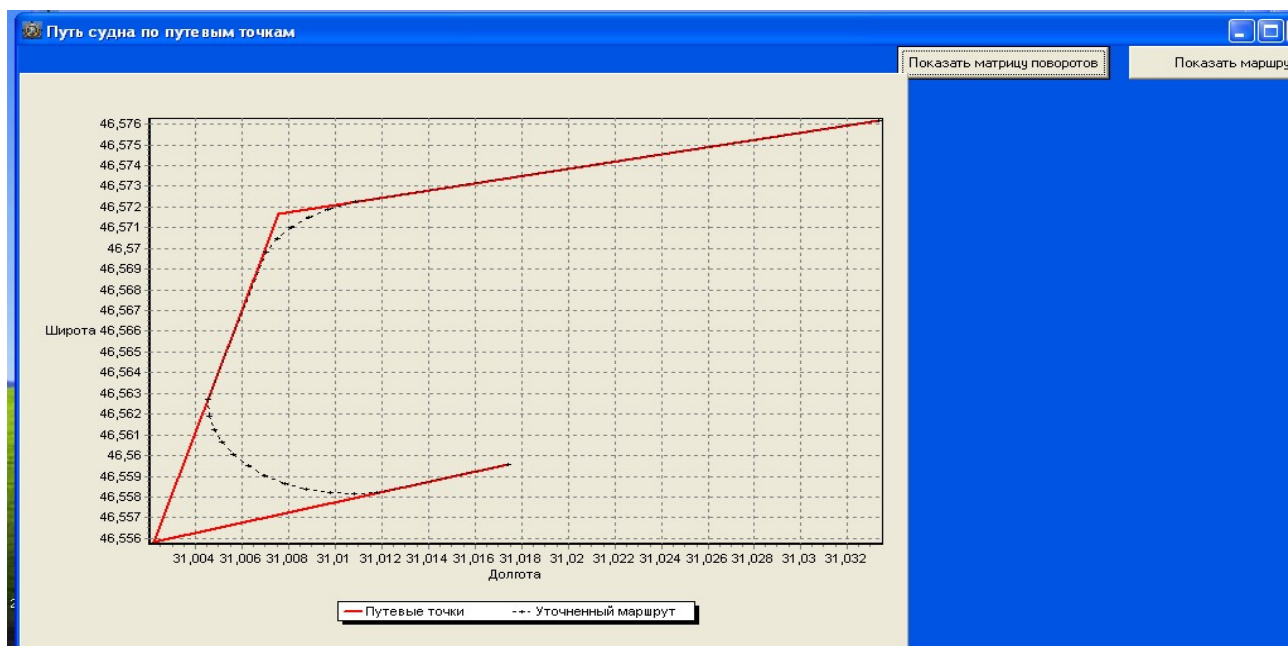


Рис. 5.14. Екранне вікно повороту в порт Южный з ТТ

Якщо у судна вже є записи про маршрути, то на формі «Додавання координат ШТ» вибираємо кнопку «Вибрати існуючий маршрут», після чого необхідно вибрати один з маршрутів, що існують у даного судна.

Якщо необхідно видалити один або кілька маршрутів у судна, необхідно на формі «Додавання координат ШТ» вибрати кнопку «Вибрати існуючий маршрут». На екрані з'явиться вибір наявних для судна маршрутів і кнопка «Видалити вибраний маршрут». Вибираєте необхідний маршрут і натискаєте кнопку «Видалити вибраний маршрут».

Розглянутий макет навігаційного пристрою планування маршруту дозволяє спланувати високоточний шлях, що складається з прямолінійних і криволінійних ділянок. Він дозволяє забезпечити управління рухом по заданій траєкторії, однак вимагає використання високоточного пристрою визначення місця судна, перерахунку координат на центр ваги і навігаційного пристрою попередження посадки на мілину, які були розглянуті в даній роботі.

5.5. Висновки по п'ятому розділу

Безпечне плавання на переході судна морем забезпечується двома складовими його завданнями. Першим кроком при підготовці до плавання

є високоточне планування його переходу Траєкторні точки, включаючи криволінійні ділянки, побудовані з урахуванням маневрених властивостей. Відповідно до вимоги ММО таке планування має бути виконано від причалу порту відходу до причалу порту приходу. Як показали виконані дослідження єдиної методики планування шляху для всього переходу не існує, тому нами було запропоновано додатково, за окремою методикою, план рейсу складати з двох частин. Перша частина включає «Судновий план лоцманської проводки» від причалу порту відходу до місця висадки лоцмана і від місця прийому лоцмана в порту приходу до причалу. Ця частина вимагає використання високоточної методики планування шляху, що вимагає урахування ширини смуги маневреного зміщення судна і його геометричних розмірів, оскільки відстані до навігаційних небезпек можна порівняти з ними.

Друга частина включає високоточний план переходу від місця висадки лоцмана в порту відходу і прийому його на борт в порту приходу.

Запропонована структура системи навігаційного планування переходу універсальна, оскільки дозволяє змінювати як дані судна, так і маршрут переходу. Розроблені комп'ютерні програми планування і управління судном на переході. Для спрощення структури і підвищення швидкодії вона може бути істотно скорочена, за рахунок попереднього планування шляху і пристосування параметрів для даного судна. Отримані результати можуть бути використані при створенні нових суднових систем підтримки прийняття рішення, при навчанні в морських навчальних закладах, на судах і при підвищенні кваліфікації штурманського складу. Отримані результати захищені трьома патентами на винахід, свідоцтвом на комп'ютерну програму, та пріоритетними публікаціями.

Зміст п'ятого розділу опубліковано в роботах [119 - 123, 127 - 129].

ВИСНОВКИ

1. Оцінка стану питання. Стисненні води судноплавства є основним регіоном, в якому відбуваються аварійні події. Велика аварійність свідчить не тільки про складність плавання, але і про недостатності засобів інформаційного забезпечення. Вдосконалення методів судноводіння в умовах обмеженого простору для маневрування, вимагає розробки специфічних методів планування траєкторії руху і організації системи управління по ній.

При цьому безпека маневрування в

+ випадках не достатня через відсутність необхідних відомостей про маневрені характеристики судна, як об'єкта управління і даних про його поточний стан, які повинні надходити від навігаційних пристроїв, призначених для контролю над процесом руху.

Для попередження аварійних випадків потрібно використання інноваційних технологій планування траєкторії руху в умовах обмеженого простору для маневрування. Для організації безпечного управління рухом суден необхідно оцінити співвідношення геометричних їх розмірів та операційної акваторії, маневрені властивості, і розробити обґрунтований план проводки, який дозволить виконувати безпечне проходження суден і створить передумови для безаварійного плавання в районах інтенсивного судноплавства. Таким чином, проблема вдосконалення методів судноводіння в умовах обмежених акваторій має науково - практичне значення і є досить актуальною.

2. Формулювання вирішення наукової задачі, її значення для науки і практики. В результаті рішення головної наукової задачі створено нові методи планування і навігаційні пристрої контролю процесу маневрування для забезпечення високої точності і швидкодії системи управління, реалізованих в комп'ютерному навігаційному пристрої.

При виконанні наукового дослідження використано системний підхід, в якому для вирішення основного завдання здійснено його розбиття на допоміжні завдання, результати вирішення яких, використовуються при синтезі системи

планування і управління рухом в умовах обмеженого простору.

Для вирішення головного завдання вона розділена на три незалежних допоміжних: вибір безпечного режиму руху в небезпечних районах стислих вод; розробка високоточних методів планування шляху ТТ і контролю руху по оперативному визначенню бічного зсуву; розробка інверсного способу сценарного планування і управління морськими операціями для навігаційних цілей.

При вирішенні головного завдання отримано наукові результати, що містять наукову новизну:

- вперше розроблено формалізовані моделі вибору безпечного режиму руху в стислих умовах;
- вперше розроблено навігаційну систему, що дозволяє автоматизувати процес планування заданого шляху способом траєкторних точок;
- удосконалено інверсний спосіб сценарного планування руху для навігаційних цілей при плаванні в небезпечних районах обмежених вод і при лоцманській проводці;
- удосконалено методику оцінки коефіцієнта зайнятості судноводія безпомилковим рішенням навігаційних завдань;
- отримала подальший розвиток методика перерахунку координат приймальної супутникової антени на центр ваги;
- отримала подальший розвиток формалізована модель визначення допустимої точності отримання місця при проходженні на фарватері.

Результати можуть бути використані розробниками навігаційних систем для виконання високоточного планування траєкторії руху в небезпечних районах обмежених вод і оперативного контролю руху по ній.

3. Висновки і рекомендації щодо наукового та практичного використання отриманих результатів. Теоретичні і практичні результати можуть бути використані при наукових дослідженнях та при проектуванні високоточних швидкодіючих систем управління рухом в стислих водах, при

проектуванні навігаційних тренажерів та в учбовому процесі морських навчальних закладів.

4. Якісні та кількісні показники отриманих результатів. Якісним показником результатів роботи є можливість високоточного планування і оперативного управління рухом суден в стислих умовах і на небезпечних відрізках шляху за рахунок якісного і адекватного умовам плавання інформаційного забезпечення. Запропоновані змістовні і формалізовані моделі перевірені шляхом імітаційного моделювання і показали високу ступінь збігу з розрахунковими моделями.

Вони можуть бути впроваджені в морських навчальних закладах при підготовці курсантів до роботи на судах, на курсах підвищення кваліфікації, та при виконанні теоретичних досліджень для розробки систем підтримки прийняття рішень при маневруванні..

5. Обґрунтування достовірності отриманих результатів. Уперше розроблено та обґрунтовано використання коректних змістовних та формалізованих моделей для раціональної організації процесу високоточного планування шляху судна траєкторними точками і оперативного управління рухом по ньому, а також імітаційне моделювання на навігаційному тренажері плавання в стислих і небезпечних ділянках переходу, підтверджують достовірність результатів досліджень. Отримані результати захищені трьома патентами, свідоцтвом на комп'ютерну програму і пріоритетними публікаціями.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Уемов А. И Системный подход и общая теория систем./ А. И. Уемов // – М.: Мысль, 1978. –272 с.
2. Семенюк Е.П., Мельник В.П. Філософія сучасної науки і техніки./ Е.П Семенюк , В.П.Мельник//– Львів: Світ, 2006. – 152 с.
3. Джордж Люгер. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем./ Джордж Люгер// – М.: Издательский дом «Вильямс»,2003.- 864 с.
4. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы/ Л. Л. Вагущенко, А. Л. Вагущенко.// - Одесса: НУ «ОМА» , 2016. – 238 с.
5. Мальцев А.С. Интеллектуальные гибридные системы поддержки принятия решений при расхождении судов. /А.С. Мальцев// Сб.научн.трудов НАН Украины. Вып.3./ –Киев,2006. –С. 74-86 .
6. Мальцев А.С. Философские аспекты теории автоматического управления /А.С. Мальцев // Автоматика 2008: Сб. научн. трудов. Вып.11./ОНМА –Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С.348-352
7. Вильский Г.Б. Навигационная безопасность при лоцманской проводке судов./ Г.Б.Вильский, А.С.Мальцев, В.В. Бездольный , Е.И. Гончаров // Под ред. А. С. Мальцева, Г. Б. Вильского. – Одесса-Николаев: Феникс, 2007. – 456 с.
8. Maltsev A.S. The Ways of Enhancing the Safety of Navigation. / A.S. Maltsev // Thesis of the third General Assembly of IAMU.USA, Rock port, 2002. - P.16-26.
9. Мальцев А.С. Методологические основы маневрирования судов при сближении// А.С.Мальцев, В.В.Голиков., И.В.Сафин., и др.- Одесса : ОНМА, 2013.-218 с.
10. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении./А.С. Мальцев, Е.Е. Тюпиков, И.И. Ворохобин.// -Одесса. :ОНМА, 2013. – 303 с.
11. Алексишин В.Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания./ В.Г.Алексишин, Л.А.Козырь, С.В.Симоненко.-Одесса: Феникс; -М.:ТрансЛит, 2009.-518 с.

12. Баранов Ю.К. Навигация. / М.И. Гаврюк, В.А. Логиновский, Ю.А. Песков. // – СПб.: Лань, 1997. – 512 с.
13. Шутов В.В. Управление состоянием мореплавания в условиях стесненных вод. Дисс. канд. техн. наук 05.22.19. – Мурманск, 2011. – 130 с.
14. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море с поправками СОЛАС – 74. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2015. – 312 с.
15. Международная конвенция по подготовке, дипломированию моряков и несению вахты, ПДНВ-78/95. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2015. – 515 с.
16. Международная конвенция предупреждения столкновения судов в море, 1972, МППСС-72. – СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2015. – 115 с.
17. Мальцев А.С. Теория и практика безопасного управления судном при маневрировании. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. – Одесса, 2007. – 395 с.
18. Вагущенко А.Л. Зоны опасности для выбора одного из видов маневров расхождения с судами. / А.Л. Вагущенко. // Судовождение: Сб. Научн. трудов. / ОНМА, Вып. 15. – Одесса: «ИздатИнформ», 2008. – С.27-34.
19. Вагущенко Л.Л. Повышение информативности судовых систем предупреждения столкновений. / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко. // Судовождение: Сб. Научн. трудов. / ОНМА, Вып. 16. – Одесса: «ИздатИнформ», 2009. – С.18-26.
20. Вагущенко А.Л. Поправка на размеры судов к дистанции их кратчайшего сближения. / А.Л. Вагущенко. // Судовождение: Сб. Научн. трудов. / ОНМА, Вып. 16. – Одесса: «ИздатИнформ», 2009. – С.14-17.
21. Вагущенко Л.Л. Изобразительная модель для оценки опасности столкновений. / Л.Л. Вагущенко, А.Л. Вагущенко. // Судовождение: Сб. Научн. трудов. / ОНМА, Вып. 17. – Одесса: «ИздатИнформ», 2009. – С.17-20.
22. Oleh Tovstokoriy. Offshore maneuvering. – Kherson: KSMA, 2017. – 272 p.
23. Captin V.R.Gibson. Supply ships operations. Ledbury, England, 1999. – 192 p.
24. Gary Ritchie. Offshore Support Vessels. The Nautical Institute, London,

2008. -164 p.

25. Albert Pons Asturias. Study and guidelines of anchor handling and rig move procedures in offshore industry. PFC.FNB., 2015. -185 p.

26. Снопков В.И. Безопасность мореплавания. / В.И Снопков, Г.И. Конопелько, В.Б.Васильева // – М.: Транспорт, 1994. – 247 с.

27. Голиков В.В. Методологические аспекты проведения научно-технической экспертизы морских аварий, /В.В.Голиков// Судовождение: сбор. науч. работ ОНМА. – Вып.16. – Одесса: ВидавИнформ, 2009. – С.35-44.

28. Голиков В.В. Системный подход к проблеме безопасного управления судном. /В.В.Голиков// Судовождение: сбор. науч. работ ОНМА. – Вып.17. – Одесса: ВидавИнформ, 2009. – С.51-58.

29. Романов Г.С. Анализ аварийности в районе БДЛК и ХМК за период 1978-2002 годы./Г.С.Романов //Судовождение: Сб.научных трудов ОНМА.- Вып.6.-Одесса :Феникс, 2003.-С.108-114.

30. Юдович А.Б. Предупреждение навигационных аварий морских судов. /А.Б. Юдович// -М.: Транспорт, 1998. –235 с.

31. “Морское Обозрение” (Институт Мореплавания Украины, Одесса)

32. “Морской флот” (Москва, Россия)

33. “Seaways” (Nautical Institute, London) 2010 -2017.

34. “Navigation” (U.S.A.) 2010 – 2016.

35. Coast Guard Statistic, U.K, 2017.

36. Marine Safety Agency: Annual Report & Accidents, 1996-2016. London, MSA, 2017. – 93 p.

37. Анализ аварийности морских судов. Одесса. 2000. //Судоходство, №9.-С. 12 –19.

38. Бекашев К.А. Морские аварии промысловых судов./ К.А. Бекашев, В.Ф. Сидорченко// –М.: Агропромиздат, 1987.-231 с.

39. Кейхилл Р.А. Столкновения судов и их причины./Р.А. Кейхилл// – М.: Транспорт, 2003. – 248 с.

40. Ворохобин И. И. «Синтез процессов формирования плана

лоцманской проводки судов». / Дис. канд. техн. наук: специальность 05.22.13 – навигация и управление движением. – Одесса, 2013. – 231 с.

41. Май Ба Линь. Повышение точности процесса безопасного расхождения судов в стесненных водах./Автор. на соискание канд. техн. наук. Специальность 05.22. 16. Судовождение. Одесса, 2004. – 21 с.

42. Сафин И.В. Выбор оптимального маневра расхождения/ И.В. Сафин // Автоматизация судовых технических средств. - №7.-2002. – С. 115 -120.

43. Сафин И.В. Анализ результатов имитационного моделирования процесса расхождения/ И.В. Сафин // Судовождение. - №6.-2003. – С. 122 -129,

44. Сафин И.В. Оптимизация маневров для безопасного расхождения судов.: автореф. дисс. на соиск. учен. Степени. канд. техн. наук: спец. 05.22.16 «Судовождение»/ И.В. Сафин // Одесса. 2004. – 23 С.

45. Петриченко Е.А. Описание навигационных опасностей в задаче расхождения судов / Е.А. Петриченко // Судовождение. – 2002. - № 5. – С.89 - 95.

46. Петриченко Е.А. Вывод условия существования множества допустимых маневров расхождения с учетом навигационных опасностей./ Е.А. Петриченко// Судовождение. – 2003. - № 6. – С.103 -107.

47.Петриченко Е.А. Учет линейных навигационных опасностей при расхождении судов / Е.А. Петриченко // Судовождение. – 2003. - №8. – С.72 -76.

48. Чапчай Е.П. Учет времени перекладки пера руля при повороте судна. /Е.П.Чапчай // Судовождение. – 2005 - №9 – С.110-113.

49. Чапчай Е.П. Экспериментальное исследование моделей поворотливости судна. Е.П.Чапчай // Судовождение. – 2006 - №11 – С.139-142.

50. Бурмака И.А. Безопасное расхождение судов с учетом их инерционности.: автореф.дис. на соиск. Учен. степени канд. техн. наук: спец. 05.22.16 «Судовождение»/ И.А.Бурмака – Одесса, 2004. – 22 с.

51. Бурмака И.А. Разработка стратегии расхождения судов в ситуации чрезмерного сближения / Бурмака И.А.// Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА, вып.20. – Одесса: «ИздатИнформ», 2012. – С. 35 – 43.

52. Бурмака И.А. Экстренная стратегия расхождения при чрезмерном сближении судов /И.А., Бурмака, А.И. Бурмака , Р.Ю. Бужбецкий // –LAP Lambert Academic Publishing. 2014. - 202 с.

53. Мамонтов В.В. Ранжирование и иерархия информации в системе управления движением судна. / В.В. Мамонтов // Судовождение: Сб. науч. трудов / ОНМА Вып.20 –Одесса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 117-129.

54. Голиков В.В. Выбор корректирующих действий при аварийном управлении судном./ В.В. Голиков, В.В. Мамонтов // Научный вестник Херсонской государственной морской академии: Научный журнал. –Херсон: ХДМА, 2012. – №2 (7). - С. 45-55.

55. Мамонтов В.В. Алгоритмы и расчетные схемы оценки предыстории аварийного происшествия с судном. /В.В.Мамонтов// Судовождение: Сб. науч. трудов / ОНМА Вып.22 –Одесса: «ИздатИнформ», 2013. – С.144-154.

56. Мамонтов В.В. Способы предупреждения аварийного происшествия при организации работы команды мостика судна. /В.В.Мамонтов // Современные информационные и инновационные технологии на транспорте. Сб. научн. трудов V межд. научно-практ. конф. – Т.2. – Херсон: Херсонская государственная морская академия, 2013. – С.71-75.

57. Мамонтов В.В. Исследование работы команды мостика при аварийных происшествиях. /В.В.Мамонтов // Современные проблемы информационной безопасности на транспорте. Сб. научн. трудов. – Николаев: НУК, 2011. – С.50-60.

58. V. Mamontov. The evaluation system of moving objects' close-quarters situation. Kyiv. : Proceeding of NAU. 2014, №2(59), 61-67 p.

59. Пат. 89382 Україна, МПК(2014.01) G08G 3/00. Пристрій для розрахунку необхідної кількості буксирів для гарантованої безпеки маневрування в порту/ Голиков В.В., Мамонтов В.В.; заявник та патентовласник ОНМА – u2013 07560; заявл. 14.06.2013; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8. – 5 с: іл.

60. Пат. 89389 Україна, МПК(2014.01) G08G 3/00. Пристрій для інформаційного забезпечення процесу управління судном під час надмірного

та небезпечного наближення/ Голіков В.В., Мальцев А.С., Сафін І.В., Мамонтов В.В.; заявник та патентовласник ОНМА – u2013 08715; заявл. 11.07.2013; опубл. 25.04.2014, Бюл. № 8. – 5 с: іл.

61 Мальцев А.С. Учет маневренных характеристик для обеспечения безопасности плавания. / А.С. Мальцев. //Судостроение и судоремонт. /Сб. научн. трудов ОИИМФ. - М.: В/О "МТИР", 1989. - С. 29-31.

62 Мальцев А.С. Выбор оптимального курса для расхождения судов при криволинейном движении / А.С. Мальцев , , Май Ба Линь. // Судовождение :Сб. научн. трудов/ ОНМА,. Вып.7. –Одесса: Феникс,2004. –С. 47-57.

63 Мальцев А.С. Инверсный метод планирования траектории движения объектов управления/ А.С. Мальцев // Судовождение :Сб. научн. трудов/ ОНМА. Вып.13. –Одесса: ИздатИнформ,2007. –С. 124-130.

64. Цымбал Н.Н. Основные направления обеспечения безаварийного плавания судов. Н.Н. Цымбал ///Материалы международной конференции «Интеллектуальные системы принятия решений и прикладные аспекты информационных технологий».-Том 3. –Евпатория. -2006. –С. 49 – 52.

65. Цымбал Н.Н. Учет ограничений МППСС-72 при выборе маневра расхождения судов. / Цымбал Н.Н., Бужбецкий Р.Ю.// Судовождение. – 2006. - №11. –С. 134-138.

66. Цымбал Н.Н. Метод формирования множества безопасных маневров расхождения судов./ Н.Н.Цымбал // Тезисы докладов на 111 международной научно-технической конференции «Живучесть корабля и безопасность на море». –Севастополь. – 2005. – С. 91-94.

67. Lisowski J. Game and computational intelligence decision making algorithms for avoiding collision at sea/ Lisowski J.// Proc.of the IEEE Int.Conf. on Technologies for Homeland Security and Safety. -2005. –Gdansk. –P. 71-78.

68. Lisowski J. Dynamic games methods in navigator decision support system or safety navigation/ Lisowski J.// Advances in Safety and Reliability. -2005. vol.2. – London-Singapore, Balkema Publishers. –P. 1285 – 1292.

69. Wang Dandli. Wuhan ligong daxue xuebao. Jiaotong kexue yu

qongcheng ban/ Wang Dandli, Huang Liwen// J.Wuhan Univ.Technol. Transp. Sci. Ind Eng. 2006 30, №16 p.136-139.

70. Liu Yu-hong. Zhongguo hanghai / Liu Yu-hong., Hu Shen-ping//Navig, China. 2005., №4, p.40-45.

71. Kimura Masafumi. Nihon kokai gakkai ronbunshu/ Kimura Masafumi., Suzuki Saburo// J.Jap.Inst. Navig.2005. -112. –P/43-48.

72. Kao Sheng-Long. A fuzzy logic method for collision avoidance in vessel traffic service/ Kao Sheng-Long., Lee Kuo-Tien, Chang Ki-Yin, Ko Min-Der4// J. Navig. 2007. 60. №1. –P. 17-31.

73. Мальцев А.С. Некоторые особенности применения АИС для предупреждения столкновений / А.С.Мальцев , Е.О. Орлов // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. – Вып. 14. –Одесса: ИздатИнформ, 2007. – С. 67-74.

74. Нгуен Тхань Шон. Исследование точности оценки параметров расхождения в системах управления движением судов / Нгуен Тхань Шон // Вестник ОНМУ/ Вып. 27. – Одесса: ОНМУ, 2009. – С. 146 – 158.

75. Мальцев А.С. Оценка опасности столкновения судов в системах управления движением / Современные информационные и инновационные технологии на транспорте / А.С. Мальцев, А.П. Бень, Нгуен Тхань Шон // Сб. научн. трудов. Том 1. – Херсон: Издание ХМИ, 2009. – С. 9-11

76. Мальцев А.С. Способ оценки опасности столкновения в системах управления движением судов / А.С. Мальцев, А.П. Бень, Нгуен Тхань Шон // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. Вып.16 – Одесса: "Издатинформ", 2009. – С. 97-107

77. Мальцев А.С. Особенности решения задачи расхождения судов в море береговыми системами управления движением / А.С. Мальцев, Нгуен Тхань Шон // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. Вып.17 – Одесса: "Издатинформ", 2010. – С. 100 - 112

78. Нгуен Тхань Шон. Перспективная береговая навигационная система безопасного управления движением судов / Нгуен Тхань Шон // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. Вып.18 – Одесса: "Издатинформ", 2010. – С. 111-

127.

79. Мальцев А.С. Информационная безопасность судна / А.С. Мальцев, Г.Б. Вильский, Н.Т. Шон // 36. наук. праць // Спеціальний випуск. – Миколаїв.: МПІ, 2009. – С. 24-26

80. Нгуен Тхань Шон. Пути совершенствования безопасного управления движением судов в береговых системах / Нгуен Тхань Шон // Тезисы первой международной научно – технической конференции "Инновации в судостроении и океанотехнике". – Николаев: НУК, 2010. – С. 356-358.

81. Пат. 40401 Україна, МПК(2009) G08G 3/00. Пристрій для оцінки небезпеки зіткнення суден за курсовим кутом лінії відносного руху. / Мальцев А.С., Бень А.П., Нгуен Тхан Шон заявник та патентовласник ХДМІ – u2008 12021; заявл. 10.10.2008; опубл. 10.04.2009, Бюл. № 7. – 5 с: іл.

82. Вагущенко Л.Л. Расхождение с судами смещением на параллельную линию./ Л.Л.Вагущенко //.. –Одесса: Феникс,, 2013.. – 180 с.

83. Булгаков А.Ю Использование опасной области курсов двух судов для выбора допустимого маневра расхождения/ А.Ю. Булгаков //Водный транспорт .- 2014. №2(20). – С...12-17.

84. Булгаков А.Ю. Маневр расхождения трех судов с изменением их курсов./ А.Ю. Булгаков, Б.М. Алексейчук // Проблемы техники: Научно – производственный журнал. – 2014. №1. – С.75-81.

85. Пятаков Э.Н. Взаимодействие судов при расхождении для предупреждения столкновения / Э.Н. Пятаков , Р.Ю. Бужбецкий, И.А. Бурмака , А.Ю. Булгаков // –Херсон:Гринь Д.С., 2015. – 312 с.

86. Калиниченко Е.В. Информация капитану о маневренных характеристиках судна/ Е.В. Калиниченко , А.С. Мальцев // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. – Вып. 16. – Одесса: «ИздатИнформ», 2009. -С. 77-82.

87. Калиниченко Е.В. Обеспечение требуемой точности поворота судна способом перемещения его криволинейной траектории/ Е.В.Калиниченко //Автоматизация судовых технических средств. -2014. - №20.. – С. 52-58.

88. Калиниченко Е.В. Расчет моментов времени начала и окончания поворота судна с учетом характеристики его поворотливости./Е.В. Калиниченко //Судовождение: Сб.научн. трудов ОНМА, вып.24. –Одесса: «ИздатИнформ», 2014. –С.68 – 74.

89. Калиниченко Е.В. Учет в системах принятия решений динамических характеристик судна при расчете момента времени его поворота на программный курс/ Е.В. Калиниченко // Проблемы техники: Научно производственный журнал. -2014.. №1. –С.118 – 122.

90. Y. Kalinichenko/ Analysis of mathematical models of changing the vessel's course when turning. / Y. Kalinichenko, I. Burmaka// Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. – 2016. -6/9 (84). – P. 20 - 31.

91. Вильский Г.Б. Информационная безопасность судовождения: Монография. [Текст]/ Г.Б.Вильский// - Миколаїв: Видавництво ФОП Швець В.Д., 2014. – 336 с. ISBN 978-966-97563-2-1

92. Вильский Г.Б. Информационная безопасность на водных судоходных путях [Текст] / Г.Б. Вильский // Матеріали VI Міжнародної науково-практичної конференції «Управління проектами: стан та перспективи» 7-10 вересня 2010р., Наукове видання. Видавництво Національного університету кораблебудування, Миколаїв, 2010. - С.74-77.

93. Вильский Г.Б. Безопасность судовождения и экология моря [Текст] / Г.Б. Вильский, А.С. Мальцев, А.А. Деревянко, Д.С. Жуков, О.Н. Товстокорый // Бізнес-навігатор: Науково-виробничий журнал - вип. № 16(3) / Херсон: Міжнародний університет бізнесу і права, 2008. - С.156-161.

94. Вильский Г.Б. Методика расчёта безопасных параметров судна в ограниченных условиях плавания [Текст] // Г.Б.Вильский, М.М. Надыч/ Судовождение: Сб. научн. трудов. - вып. 20. / Одеса: ВидавИнформ, ОНМА, 2011, - С.40-46.

95. Вільський Г.Б. Логістика дослідницьких процедур інформаційної безпеки судна [Текст] / Г.Б. Вільський, А.С. Мальцев // Матеріали V науково-практичної конференції, Коблево, 10 – 13 вересня 2013р. / МПІ, 2013. – С. 27.

96. Потёмкин А. Э. Охрана окружающей среды и статистический анализ аварийности танкеров/ А.Э.Потемкин, Р.А.Габрук //Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып.14. — Одесса: ИздатИнформ, 2007. — С. 97-103.
97. Інфімовський С.Ю. Аналіз морських навігаційних аварій та подій у виключній економічній зоні України / С.Ю. Інфімовський //Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып.7 — Одесса: «Феникс», 2004 — С. 31.
98. Топалов В.П., Кобыляцкий А.А., Позолотин Л.А. Анализ способов предотвращения аварий судов /В.П. Топалов, А.А. Кобыляцкий, Л.А. Позолотин // Судовождение: Сб. научн. трудов /ОНМА Вып. 16 – Одесса: «ИздатИнформ», 2009 – С. 166-175.
99. Честнов Е.И. Предупреждение аварий речных судов при радиолокационной проводке. / Е.И. Честнов //– М.: Транспорт, 1986. – 184 с.
100. Мальцев А.С. Параметрическая идентификация модели одерживания поворота судна с использованием нейронных сетей. / А.С. Мальцев , А.Д. Пипченко, А.А. Деревянко // Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА. Вып.14.-Одесса: ИздатИнформ, 2007. – С. 58-66.
101. Шерстюк В.Г. Интеллектуальные системы поддержки принятия решений по управлению судном в условиях неполной и противоречивой информации / В.Г.Шерстюк, А.П.Бень// Судовождение: Сб. научн. трудов./ ОНМА, Вып. 14 – Одесса: Издат- Информ, 2007 - С. 133-135.
102. Львов В.Е. Система управления движением судна по криволинейной траектории /В.Е.Львов, А.С.Мальцев.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. Вып.16. –Одесса: «ИздатИнформ», 2009. – С. 83-87.
103. Поваляев Г.Н. Теория и практика управления криволинейным движением. / Г.Н.Поваляев.//– М.: Транспорт, 2013. - 48 с.
104. Руководство по планированию рейса. Резолюция ИМО 893 (21). Спб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2016. 125 с.
105. Алексеев Л.Л. Практическое пособие по управлению морским судном. / Л.Л.Алексеев// Спб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2013. 192 с.
106. Навигационное – гидрографическое и гидрометеорологическое

обеспечение судовождения на внутренних водных путях. Справочник. – Спб. «Элмор», 2011. – 624 с.

107. Сборник Резолюций ИМО №53 .- Спб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2015. -315 с.
108. Коломийчук Н.Д. Гидрография./Н.Д. Коломийчук// –Л.:ГУНиО МО, 1985. – 485.
109. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. /М.Я. Выгодский// –М.: АСТ Астрахань, 2006. – 991 с.
110. Мальцев С.Э. Полнос поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография/ С.Э.Мальцев, О.Н.Товстокорый. – Херсон. ХГМА, 2016. – 124 с.
111. Козырь Л.А., Романов Г.С. К оценке поворотливости судна при следовании по БДЛК для обеспечения работы информационно-управляющей системы УДС / Л.А.Козырь, Г.С.Романов //Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып.9 — Одесса: «Феникс», 2005 — С. 45-51.
112. Паспорт Бугско-Днепровского-Лиманского канала.-Одесса.: Черноморнийпроект, 2002. -125 с.
113. Дмитриев В.И., Григорян В.Л., Катенин В.А. Навигация и лоция. – М.:ИКЦ «Академкнига», 2004. - 471 с.
114. Мореходные таблицы МТ-2000. –С. Петербург. : ГУНиО МО, 2002. -575 с.
115. Ворохобин И.И. Выбор режима движения каналом по габаритным размерам судна. / И.И. Ворохобин, В.И.Соколенко //Одесса. Сборник научных трудов «Судовождение» выпуск №18. Одесса: «ИздатИнформ»,2010. С. 56-63.
116. Мальцев А.С. Информационно – аналитический комплекс лоцмана «Поворот»./ А.С.Мальцев, И.И. Ворохобин, В. И. Соколенко, А.К. Ищук. // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып.19 –Одесса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 103 – 113.
117. Соколенко В.И. Оценка допустимого угла рыскания при следовании по каналу/В.И.Соколенко, И.И.Ворохобин//Николаев. Тезисы доклада первой международной научно – технической конференции «Инновации в

судостроении и океанотехнике» - Николаев: НУК, 2010. С. 353-355.

118. Соколенко В.И. Судовой план лоцманской проводки.// Судовождение: Сб. научн. Трудов/ОНМА. Вып.20. –Одесса: «ИздатИнформ», 2011. – С.209-220.

119. Соколенко В.И. Способ автоматизации планирования заданного пути движения в стесненных условиях траекторными точками. /В.И.Соколенко// Материалы научно технической конференции «Судоходство: перевозки, технические средства, безопасность» 14-15 ноября 2012 г. –Одесса: «ИздатИнформ», 2013. – С.126-129.

120. Соколенко В.И. Планирование заданного пути движения в стесненных условиях траекторными точками и контроль процесса движения./ В.И.Соколенко // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып..21 –Одесса: «ИздатИнформ», 2012. – С. 220-227.

121. **Пат. 57713 Україна, МПК G08G 3/00.** Пристрій для попередження посадки судна на мілину/А.С. Мальцев, І.І. Ворохобін, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія .- № U 2010 09828;заявл. 0608.2010; опубл. 10.03.2011.-Бюл. №5.-4 с.

122. **Пат. 62155 Україна, МПК G08G 1/123.** Спосіб гарантованої передачі інформації / Г.Б. Вільський, А.С. Мальцев, М.М. Надич, В.В. Голіков, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія і Миколаївський політехнічний інститут. -№ U 2011 02072; заявл. 21.02.2011; опубл. 10.08.2011.-Бюл. №15.-4 с.

123. **Пат. 78679 Україна, МПК G08G 3/00, B63B 49/00.** Пристрій для інформаційного забезпечення лоцманської проводки морського судна /А.С. Мальцев, І.І. Ворохобін, В.В. Голіков, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія -№ U 2012 11569;заявл. 08.10.2012; опубл. 25.03.2013.-Бюл. №6.-4 с.

124. Соколенко В.И. Система поддержки принятия решения при движении морского судна в стесненных условиях. / В.И.Соколенко // Материалы XX Международной конференции с автоматического управления,

25-27 сентября 2013 г. – Николаев: НУК, 2013. – С. 256.

125. Соколенко В.И. Тренажер судоводителя «Планирование пути в стесненных условиях»/В.И.Соколенко// Материалы конференции «Морские перевозки и информационные технологии в судоходстве» 18-19 ноября 2014 г. –Одесса: «ИздатИнформ», 2014. – С.182-186.

126. **Свідectво про реєстрацію авторського права на твір № 68552 Україна.** Комп'ютерна програма «Система високоточного планування шляху переходу морського судна». А. С. Мальцев, А. П. Бень, О.В. Терещенкова, В.І. Соколенко (Україна): Заявник Херсонська державна морська академія. Дата реєстрації 09.11.2016 року.

127. Vasyliy Sokolenko The system of precision planning marine ship's voyage. NAU, Vol.68, №3(216). -Kiev, 2016. –P.46-53.

128. Мальцев С.Е. The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity. Навигационное устройство пересчета координат спутниковой антенны судна на центр тяжести./ С.Е. Мальцев, А.С. Мальцев, В.И. Соколенко // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 28 –Одесса: «ИздатИнформ», 2018. – С.

129. Соколенко В.И. Выбор безопасной скорости по дальности уверенного обнаружения неподвижной опасности. / В.И. Соколенко, С.Е. Мальцев.// «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація». Матеріали наук.-техн.конф., 16-17 листопада 2017 р. -Одеса, НУ «ОМА» 2018. – С. 209-2012.

130. Мальцев А.С. Инновационные технологии планирования пути и выбора режима движения крупнотоннажного судна в опасных районах стесненных вод./ А.С. Мальцев, В.И. Соколенко, С.Е. Мальцев.// «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (MINTT-2018): матеріали дев'ятої Міжнарод. наук.-практ. конф., 29-31 травня 2018 р. – Херсон: ДМА, 2018. –С. 64-69.

131. Бездольний В. В. Система інформаційно-навігаційного забезпечення для регіональних служб регулювання руху суден [Текст] / В.В. Бездольний, О.І.

Кравченко // Проблеми автоматики та електрообладнання транспортних засобів (ПАЕТС-2005) : всеукраїнська науково-технічна конференція з міжнародною участю 19 - 20 травня 2005 р. в м. Миколаєві, Україна : збірка наукових праць. - Миколаїв : Інститут автоматики та електротехніки Національного університету кораблебудування, 2005. – Ч. 1. - С. 9 -17.

132. Голиков В.А. Безопасность жизнедеятельности при морских перевозках [Текст] / В.А. Голиков, А.Г. Губский // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 19. - Одесса: ИздатИнформ, 2010 - С. 49 - 54.

133. Мальцев А.С. Опасные районы стесненных вод [Текст] / А.С. Мальцев, Кумар Вимал, Г.Г. Куликов // Морской транспорт. Серия "Судовождение и связь". / Экспресс-инф. – М.: В/О "МТИР", 1989. Вып. 3(220). – С. 1-14.

134. Раков А.И. Оценка районов плавания с использованием теории риска / А.И.Раков, В.В.Жибоедов [Текст] // Вісник Одеського національного морського університету / ОНМУ № 34, – Одесса, 2012. – С.189 –199.

135. Егоров Г.В. Исследование риска аварий корпусов транспортных судов ограниченных районов плавания за 1991-2010 годы [Текст] / Г.В. Егоров // Вісник ОНМУ. - 2010. - Вип. 30. - С. 53 - 76.

136. Кушнарєв А.Г. Проблемы оценки навигационной безопасности плавания кораблей // А.Г. Кушнарєв, В.А. Михальський. – Санкт-Петербург.: Изд-во ГИИНТИ. №1(11). 2016. – С..51-55.

137. Соколенко В.И. Маршрутный график безопасности плавания в стесненных условиях./В,И. Соколенко// Матеріали науково-технічної конференції «Забезпечення безаварійного плавання суден» 16-17 листопада 2011 р. –Одеса, 2012. - С.85-87.

ДОДАТОК А

Вихідні дані для розрахунку маневрених характеристик

Таблиця А.1.

Вихідні дані для розрахунку маневрених характеристик

№ №	Параметр і одиниця вимірювання	Умовне позначенн я	Значення параметр
1	Довжина між перпендикулярами, м	$L_{\perp\perp}$	
2	Ширина найбільша, м	B	
3	Число гвинтів / рулів	i / j	
4	Тип і потужність енергетичної установки, к.с	ДВС	
5	Швидкість впевненого реверсування, вузлів	$V_{\text{рев}}$	
6	Гвинт: Число лопатей	Z	
7	Діаметр, м	D_B	
8	Шагове відношення	H/D_B	
9	Дискове відношення	Θ_B	
10	Характеристики руля: Площа пера руля, м ²	S_p	
11	Висота руля по	h_p	
12	Площа підрізу корми, м ²	f_k	
13	Експеримент пасс. гальмування: початкова	V_o	
14	Кінцева швидкість,	V_k	
15	Час пасивного гальмування,	t^{11}	
16	Експеримент акт. гальмування початкова	V_n	
17	число обертів	$n_{\text{зхэ}}$	
18	Час активного	t^{111}	
19	Експеримент циркуляції: Початкова швидкість,	$V_{\text{нц}}$	
20	Кінцева швидкість,	$V_{\text{кц}}$	
21	Кут перекладки руля,	$\delta^0_{\text{э}}$	
22	Зсув , корпусів	ℓ_1	
23	Пряме зміщення,	ℓ_2	
24	Тактичний діаметр,	D_T	
25	Сталий діаметр, корпусів	D_y	
Дані по стану судна.		B вантажі	B баласті Експери мент
26	Водотоннажність, т	$D_{\text{гр}} =$	$D_{\text{бал}} =$ $D_{\text{э}} =$
27	Осадка носом, м	$T_{\text{нгр}} =$	$T_{\text{нбал}} =$ $T_{\text{нэ}} =$
28	Осадка кормою, м	$T_{\text{кгр}} =$	$T_{\text{кбал}} =$ $T_{\text{кэ}} =$
29	Коефіцієнт повноти мідель шпангоута, $\delta_{\otimes}$		
Швидкісні характеристики судна (швидкість, вуз/ оберти, оберти/хв.)			
Режим переднього ходу		B	B баласті $n_{\text{зх,об/хв}}$
30	Передній повний (ПП)		ЗП /
31	Передній повний маневрений (ППм)		ЗС /
32	Передній середній (ПС)		ЗМ /
33	Передній малий (ПМ)		ЗСМ /
34	Передній самий малий (ПСМ)		
35	Площа проекції надв. частини корп. на ДП,	$T_{\text{ср}} =$	$S_n =$
36	Площа проекції підв. частини корп. на ДП,	$T_{\text{ср}} =$	$S_n =$
37		$V_{\text{упр}}$	2

ДОДАТОК Б

РІШЕННЯ ДИФЕРЕНЦІЙНОГО РІВНЯННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ МАНЕВРЕНИХ ХАРАКТЕРИСТИК

Вважаючи, що центр тяжіння знаходиться в площині мідел-шпангоута, уявімо диференціальне рівняння руху в пов'язаній з судном системі координат [7,9]:

$$\begin{aligned}
 & \left. \begin{aligned}
 & (m + \lambda_{11}) \cdot \frac{dV}{dt} \cos \alpha_n - (m + \lambda_{11}) \frac{d\alpha_{\Pi}}{dt} \cdot V \cdot \sin \alpha_n + (m + \lambda_{22}) \cdot V \times \\
 & \times \omega \cdot \sin \alpha_n - \lambda_{26} \cdot \omega^2 = R_{ax} + R_{px} + R_{ex} + P_e + \sum R_x; \\
 & (m + \lambda_{22}) \cdot \frac{dV}{dt} \sin \alpha_{\Pi} - (m + \lambda_{22}) \frac{d\alpha_{\Pi}}{dt} \cdot V \cdot \cos \alpha_{\Pi} + (m + \lambda_{11}) \cdot V \times \\
 & \times \omega \cdot \cos \alpha_{\Pi} + \lambda_{26} \cdot \frac{d\omega}{dt} = R_{ay} + R_{py} + R_{zy} + R_e + \sum R_y; \\
 & (I_z + \lambda_{66}) \cdot \frac{d\omega}{dt} - (\lambda_{11} - \lambda_{22}) \cdot V^2 \cdot \sin \alpha_{\Pi} \cdot \cos \alpha_{\Pi} + \lambda_{26} \cdot V \cdot \omega \cdot \cos \alpha_{\Pi} - \\
 & - \lambda_{26} \cdot V \cdot \frac{d\alpha_{\Pi}}{dt} \cos \alpha_{\Pi} - \lambda_{26} \cdot \frac{dV}{dt} \sin \alpha_{\Pi} = (R_e + R_{py}) \cdot \ell_p + M_{\Gamma} + M_a + \sum M.
 \end{aligned} \right\} (1Б)
 \end{aligned}$$

де t – час; m – маса судна; α_{Π} – кут дрейфу от повороту; P_e – сила упору гвинта; R_e – бокова сила гвинта; $R_{\Gamma x}$, R_{ax} , R_{px} – продольні складові гідродинамічної, аеродинамічної сил і сили на рулі; $R_{\Gamma y}$, R_{ay} , R_{py} – поперечні складові тих же сил; M_{Γ} , M_a , $M_{\text{бс}}$ ($(R_e + R_{py}) \cdot \ell_p$), M_p – моменти гідро і аеродинамічної сил, бокової сили гвинта і руля; λ_{11} , λ_{26} , λ_{66} – приєднані маси корпусу судна; $\sum R_x$, $\sum R_y$, $\sum M$ – додаткові сили і моменти, обумовлені роботою буксирів, швартовних кінців, підрулюючих пристроїв, від взаємодії корпусу судна з причалом чи другими суднами.

Ці диференціальні рівняння описують рух судна на площині. Рішення системи рівнянь (1.Б) дає можливість обчислювати маневрені характеристики, положення центра ваги на площині і дані про переміщення судна. Її ліві частини відповідають інерційним силам в найзагальнішому вигляді, а праві неінерційним. Однак при практичному визначенні неінерційних сил на корпусі, вони, як правило, включають в себе деякі складові сил інерційної природи, конкретний вид яких залежить від прийнятої методики їх розрахунку.

Для розрахунку характеристик гальмування вживається перше диференціальне рівняння системи (1.Б):

$$\frac{m/k}{V_n^2} \cdot \frac{dV}{dt} + \frac{1-a}{V_n^2} \cdot V^2 + a = 0 \quad (2Б)$$

де a - коефіцієнт активного гальмування (безрозмірна величина).

Величина a являється відношенням максимальної сили упору (в момент зупинки судна) до сили опору води при початковій швидкості активного гальмування V_n .

$$a = \frac{P_{\max}}{k \cdot V_n^2} \quad (3Б)$$

Вид рішення рівняння (2Б) залежить від значення коефіцієнту a і розраховується за наступними формулами:

$$\text{при } a < 1 \quad t = \frac{m/k}{0.514 a V_n \sqrt{1 - \frac{1}{a}}} \left[\operatorname{arctg} \sqrt{\frac{1}{a} - 1} - \operatorname{arctg} \frac{V_n}{V} \sqrt{\frac{1}{a} - 1} \right] \quad (4Б)$$

$$\text{при } a > 1 \quad t = \frac{m/k}{2 \cdot 0.514 a V_n \sqrt{1 - \frac{1}{a}}} \ln \frac{\left(1 + \sqrt{1 - \frac{1}{a}}\right) \left(1 - \frac{V_n}{V} \sqrt{1 - \frac{1}{a}}\right)}{\left(1 - \sqrt{1 - \frac{1}{a}}\right) \left(1 + \frac{V_n}{V} \sqrt{1 - \frac{1}{a}}\right)} \quad (5Б)$$

$$\text{при } a = 1 \quad t = \frac{m/k}{0.514 V_n} \left(1 - \frac{V_n}{V}\right) \quad (6Б)$$

$$\text{при } a > 1 \quad S = \frac{m/k}{2a \left(\frac{1}{a} - 1\right)} \ln \frac{1}{a \left[\left(\frac{1}{a} - 1\right) \frac{V^2}{V_n^2} + 1\right]} \quad (7Б)$$

$$\text{при } a = 1 \quad S = \frac{m/k}{2} \left(1 - \frac{V^2}{V_n^2}\right) \quad (8Б)$$

Випадок коли $a=0$, і значить $P_{\max}=0$, відповідає пасивному гальмуванню.

По результатам розрахунку найбільш компактно представляти дані про характеристики гальмування в вигляді табл. 1Б. Така форма зручна при розрахунках з використанням ЕОМ.

Аналогічно зручною являється форма представлення даних про характеристики поворотності, приведена в табл.2Б.

ДОДАТОК В

ЛІСТИНГ ПРОГРАМИ АВТОМАТИЗАЦІЇ РОЗРАХУНКУ КООРДИНАТ
ШЛЯХУ ТРАЄКТОРНІМИ ТОЧКАМИ*Модуль вибору судна із бази даних*

```

unit Select;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, DB, DBTables, DBCtrls, View, Create, Points, Grafic, Math, ReportUnit;
type
  TSelectShip = class(TForm)
    Label1: TLabel;
    DataSource1: TDataSource;
    Table1: TTable;
    Table1KodShip: TAutoIncField;
    Table1NameShip: TStringField;
    Edit1: TEdit;
    Button1: TButton;
    Button2: TButton;
    Button3: TButton;
    Button4: TButton;
    Query1: TQuery;
    Query1KodShip: TIntegerField;
    Query1NameShip: TStringField;
    DBComboBox1: TDBComboBox;
    Button5: TButton;
    procedure FormCreate(Sender: TObject);
    procedure Button2Click(Sender: TObject);
    procedure Button1Click(Sender: TObject);
    procedure Button3Click(Sender: TObject);
    procedure DBComboBox1Change(Sender: TObject);
    procedure Button4Click(Sender: TObject);
    procedure Button5Click(Sender: TObject);
  private
    { Private declarations }
  public
    { Public declarations }
  end;
var
  SelectShip: TSelectShip;
  select_kodship: string;
implementation
  {$R *.dfm}
  procedure TSelectShip.FormCreate(Sender: TObject);
  begin
    table1.open;
    Table1.Active;
    Table1.First;
    DBComboBox1.Items.Clear;
    while not Table1.Eof do
      begin

```

```

    DBComboBox1.Items.Add(Table1.FieldByName('NameShip').AsString);
    Table1.Next;
end;
Query1.Close;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Sql.Add('SELECT * FROM Ships WHERE NameShip =' + QuotedStr(DBComboBox1.Text));
Query1.Active:=True;
select_kodship:= Query1.FieldByName('KodShip').AsString;
Edit1.Text:= select_kodship;
Query1.Active:=false;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Close;
end;
procedure TSelectShip.Button2Click(Sender: TObject);
begin
    Table1.Close;
    ViewShip.Show;
end;
procedure TSelectShip.Button1Click(Sender: TObject);
begin
    Application.Terminate;
end;
procedure TSelectShip.Button3Click(Sender: TObject);
begin
    AddShip.Show;
end;
procedure TSelectShip.DBComboBox1Change(Sender: TObject);
begin
    Query1.Close;
    Query1.SQL.Clear;
    Query1.Sql.Add('SELECT * FROM Ships WHERE NameShip =' + QuotedStr(DBComboBox1.Text));
    Query1.Active:=True;
    select_kodship:= Query1.FieldByName('KodShip').AsString;
    Edit1.Text:= select_kodship;
    Query1.Active:=false;
    Query1.SQL.Clear;
    Query1.Close;
end;
end.

```

Створення картки даних про характеристики судна

```

unit Create;
interface
uses
    Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
    Dialogs, DB, DBTables, StdCtrls;
type
    TAddShip = class(TForm)
        Button1: TButton;
        Button2: TButton;
        Button3: TButton;
        Button4: TButton;
        DataSource1: TDataSource;
        Table1: TTable;

```

```
Table1KodShip: TAutoIncField;
Table1NameShip: TStringField;
DataSource2: TDataSource;
Table2: TTable;
Query1: TQuery;
Query1KodShip: TIntegerField;
Query1NameShip: TStringField;
Table2KodShip: TIntegerField;
Table2KodCharact: TIntegerField;
Table2NameCharact: TStringField;
Table2ZnachChatact: TStringField;
Label1: TLabel;
Label2: TLabel;
Label3: TLabel;
Label4: TLabel;
Label5: TLabel;
Label6: TLabel;
Label7: TLabel;
Label8: TLabel;
Label9: TLabel;
Label10: TLabel;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;
Label13: TLabel;
Label14: TLabel;
Label15: TLabel;
Label16: TLabel;
Label17: TLabel;
Label18: TLabel;
Label19: TLabel;
Label20: TLabel;
Label21: TLabel;
Label22: TLabel;
Label23: TLabel;
Edit1: TEdit;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
Edit4: TEdit;
Edit5: TEdit;
Edit6: TEdit;
Edit7: TEdit;
Edit8: TEdit;
Edit9: TEdit;
Edit10: TEdit;
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Edit13: TEdit;
Edit14: TEdit;
Edit15: TEdit;
Edit16: TEdit;
Edit17: TEdit;
Edit18: TEdit;
Edit19: TEdit;
Edit20: TEdit;
```

Edit21: TEdit;
Edit22: TEdit;
Edit23: TEdit;
Edit24: TEdit;
Label24: TLabel;
Label25: TLabel;
Edit25: TEdit;
Label26: TLabel;
Edit26: TEdit;
Label27: TLabel;
Edit27: TEdit;
Label28: TLabel;
Edit28: TEdit;
Label29: TLabel;
Edit29: TEdit;
Label30: TLabel;
Edit30: TEdit;
Label31: TLabel;
Edit31: TEdit;
Label32: TLabel;
Edit32: TEdit;
Edit33: TEdit;
Edit34: TEdit;
Edit35: TEdit;
Edit36: TEdit;
Label33: TLabel;
Label34: TLabel;
Edit40: TEdit;
Edit41: TEdit;
Edit42: TEdit;
Edit43: TEdit;
Edit44: TEdit;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
Label37: TLabel;
Label38: TLabel;
Label39: TLabel;
Edit45: TEdit;
Edit46: TEdit;
Edit47: TEdit;
Edit48: TEdit;
Edit49: TEdit;
Edit50: TEdit;
Edit51: TEdit;
Edit52: TEdit;
Edit53: TEdit;
Edit54: TEdit;
Label40: TLabel;
Label41: TLabel;
Label42: TLabel;
Label43: TLabel;
Label44: TLabel;
Label45: TLabel;
Label46: TLabel;

```

Label47: TLabel;
Label48: TLabel;
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  AddShip: TAddShip;
implementation
$R *.dfm}
uses Select;
procedure TAddShip.Button3Click(Sender: TObject);
var add_kodship:string;
    i:integer;
begin
  Table1.Active;
  Table2.Active;
  //Добавления нового судна в таблицу Ships
  Table1.Insert;
  Table1.FieldName('NameShip').Value := Edit1.Text;
  Table1.Post;
  Query1.Close;
  Query1.SQL.Clear;
  Query1.Sql.Add('SELECT * FROM Ships WHERE NameShip =' + QuotedStr(Edit1.Text));
  Query1.Active:=True;
  add_kodship:= Query1.FieldName('KodShip').AsString;
  Query1.Active:=false;
  Query1.SQL.Clear;
  Query1.Close;
  // Запис характеристик судна в таблицу data_ship
  Table2.Insert;
  Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
  Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 1;
  Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label2.Caption;
  Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit2.Text;
  Table2.Post;
  Table2.Insert;
  Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
  Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 2;
  Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label3.Caption;
  Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit3.Text;
  Table2.Post;
  Table2.Insert;
  Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
  Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 3;
  Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label4.Caption;
  Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit4.Text;
  Table2.Post;
  Table2.Insert;
  Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
  Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 4;

```

```

Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label5.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit5.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 5;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label6.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit6.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 6;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label7.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit7.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 7;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label8.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit8.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 8;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label9.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit9.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 9;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label10.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit10.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 10;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label11.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit11.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 11;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label12.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit12.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 12;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label13.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit13.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 13;

```

```

Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label14.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit14.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 14;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label15.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit15.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 15;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label16.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit16.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 16;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label17.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit17.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 17;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label18.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit18.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 18;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label19.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit19.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 19;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label20.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit20.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 20;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label21.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit21.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 21;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label22.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit22.Text;
Table2.Post;
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 22;

```

```
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label23.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit23.Text;
Table2.Post;
```

```
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 23;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label24.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit24.Text;
Table2.Post;
```

```
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 24;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label25.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit25.Text;
Table2.Post;
```

```
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 25;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label26.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit26.Text;
Table2.Post;
```

```
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 26;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label27.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit27.Text;
Table2.Post;
```

```
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 27;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label28.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit28.Text;
Table2.Post;
```

```
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 28;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label29.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit29.Text;
Table2.Post;
```

```
Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 29;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label30.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit29.Text;
Table2.Post;
```

```
Table2.Insert;
```

```

Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 30;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label31.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit31.Text;
Table2.Post;

Table2.Insert;
Table2.FieldName('KodShip').Value := strtoint(add_kodship);
Table2.FieldName('KodCharact').Value:= 31;
Table2.FieldName('NameCharact').Value := Label32.Caption;
Table2.FieldName('ZnachChatact').Value := Edit32.Text;
Table2.Post;

Table2.Close;
AddShip.Close;
Select.SelectShip.Table1.Close;
Select.SelectShip.Table1.Open;
end;
procedure TAddShip.Button2Click(Sender: TObject);
begin
AddShip.Close;
end;
end.

```

Модуль розрахунку характеристик поворотності судна для різних рулів, розрахунок відрізків кінця і початку повороту. unit View;

```

interface
ses
Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
Dialogs, StdCtrls, DB, DBTables, Points, Grids, DBGrids, Math;
type
TViewShip = class(TForm)
Label1: TLabel;
Edit1: TEdit;
Label2: TLabel;
Edit2: TEdit;
Label3: TLabel;
Edit3: TEdit;
Label4: TLabel;
Edit4: TEdit;
Label5: TLabel;
Edit5: TEdit;
Label6: TLabel;
Edit6: TEdit;
Label7: TLabel;
Edit7: TEdit;
Label8: TLabel;
Edit8: TEdit;
Label9: TLabel;
Edit9: TEdit;
Label10: TLabel;
Edit10: TEdit;
Label11: TLabel;
Label12: TLabel;

```

```
Edit11: TEdit;
Edit12: TEdit;
Label13: TLabel;
Edit13: TEdit;
Label14: TLabel;
Edit14: TEdit;
Label19: TLabel;
Edit19: TEdit;
Button1: TButton;
Button2: TButton;
Button3: TButton;
Button4: TButton;
DataSource1: TDataSource;
Table1: TTable;
Query1: TQuery;
Table1KodShip: TIntegerField;
Table1KodCharact: TIntegerField;
Table1NameCharact: TStringField;
Table1ZnachChatact: TStringField;
Table2: TTable;
DataSource2: TDataSource;
Query2: TQuery;
Table2KodShip: TAutoIncField;
Table2NameShip: TStringField;
Query2KodShip: TIntegerField;
Query2NameShip: TStringField;
Query1KodShip: TIntegerField;
Query1KodCharact: TIntegerField;
Query1NameCharact: TStringField;
Query1ZnachChatact: TStringField;
Button5: TButton;
Edit24: TEdit;
Table3: TTable;
DataSource3: TDataSource;
Table3Kodship: TIntegerField;
Table3L1: TStringField;
Table3L2: TStringField;
Table3Dt: TStringField;
Table3Dy: TStringField;
Table3Perekklad_rula: TIntegerField;
Table3MN: TStringField;
Table3MK: TStringField;
Label24: TLabel;
Label25: TLabel;
Edit25: TEdit;
Label26: TLabel;
Edit26: TEdit;
Label27: TLabel;
Edit27: TEdit;
Label28: TLabel;
Edit28: TEdit;
Label29: TLabel;
Edit29: TEdit;
Query3: TQuery;
```

```
Query3Kodship: TIntegerField;
Query3L1: TStringField;
Query3L2: TStringField;
Query3Dt: TStringField;
Query3Dy: TStringField;
Query3Pereklad_rula: TIntegerField;
Query3MN: TStringField;
Query3MK: TStringField;
DataSource4: TDataSource;
StringGrid1: TStringGrid;
Label15: TLabel;
DataSource5: TDataSource;
Table4: TTable;
Table4KodShip: TIntegerField;
Table4Grad: TIntegerField;
Table4Pereklad_rula: TIntegerField;
Table4MN: TStringField;
Table4MK: TStringField;
Table4HP: TStringField;
Table4KP: TStringField;
Label16: TLabel;
Label17: TLabel;
Edit15: TEdit;
Edit16: TEdit;
Edit17: TEdit;
Edit18: TEdit;
Label18: TLabel;
Label20: TLabel;
Label21: TLabel;
Label22: TLabel;
Label23: TLabel;
Label30: TLabel;
Label31: TLabel;
Label32: TLabel;
Edit20: TEdit;
Edit21: TEdit;
Edit22: TEdit;
Edit23: TEdit;
Edit30: TEdit;
Edit31: TEdit;
Edit32: TEdit;
Edit33: TEdit;
Edit34: TEdit;
Edit35: TEdit;
Label33: TLabel;
Label34: TLabel;
Label35: TLabel;
Label36: TLabel;
Label37: TLabel;
Edit36: TEdit;
Edit37: TEdit;
Edit38: TEdit;
Edit39: TEdit;
Edit40: TEdit;
```

```

Label38: TLabel;
Label39: TLabel;
Label40: TLabel;
Label41: TLabel;
Label42: TLabel;
Label43: TLabel;
Label44: TLabel;
Label45: TLabel;
Label46: TLabel;
Edit41: TEdit;
Edit42: TEdit;
Edit43: TEdit;
Edit44: TEdit;
Edit45: TEdit;
Edit46: TEdit;
Table5: TTable;
IntegerField1: TIntegerField;
IntegerField2: TIntegerField;
IntegerField3: TIntegerField;
StringField1: TStringField;
StringField2: TStringField;
StringField3: TStringField;
StringField4: TStringField;
Table6: TTable;
IntegerField4: TIntegerField;
IntegerField5: TIntegerField;
IntegerField6: TIntegerField;
StringField5: TStringField;
StringField6: TStringField;
StringField7: TStringField;
StringField8: TStringField;
Table7: TTable;
IntegerField7: TIntegerField;
IntegerField8: TIntegerField;
IntegerField9: TIntegerField;
StringField9: TStringField;
StringField10: TStringField;
StringField11: TStringField;
StringField12: TStringField;
Edit47: TEdit;
Edit48: TEdit;
Edit49: TEdit;
Edit50: TEdit;
Edit51: TEdit;
procedure FormShow(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
```

```

var
  ViewShip: TViewShip;
implementation
{$R *.dfm}
uses Select;
procedure TViewShip.FormShow(Sender: TObject);
var i,j,count_edit:integer;
    Edit:TEdit;
begin
  // Выбор судна, для расчета характеристик, из таблицы Ships
  Table1.Open;
  Query2.Close;
  Query2.SQL.Clear;
  Query2.Sql.Add('SELECT * FROM Ships WHERE KodShip =' + Select.SelectShip.Edit1.Text);
  Query2.Active:=True;
  Edit1.Text:= Query2.FieldByName('NameShip').AsString;
  Query2.Active:=false;
  Query2.SQL.Clear;
  Query2.Close;
  count_edit:=29;
  // вивід характеристик для вибранного судна із таблиці data_ships
  Table1.First;
  for i:=1 to Table1.RecordCount do
  begin
    Query1.Close;
    Query1.SQL.Clear;
    Query1.Sql.Add('SELECT * FROM data_ships WHERE KodShip
= '+Select.SelectShip.Edit1.Text+'ORDER BY KodCharact ASC');
    Query1.Active:=True;
    query1.First;
    for j:=2 to count_edit do
    begin
      Edit:=TEdit(FindComponent('Edit'+IntToStr(j)));
      Edit.Text:= Query1.FieldByName('ZnachChatact').AsString;
      Query1.Next;
    end;
    Table1.Next;
  end;
  Query1.Active:=false;
  Query1.SQL.Clear;
  Query1.Close;
  Table1.Close;
  // вивід характеристик поворотності в таблицю на екран
  Table3.Active;
  Query3.Close;
  Query3.SQL.Clear;
  Query3.Sql.Add('SELECT * FROM charact_povorot.db WHERE Kodship
= '+Select.SelectShip.Edit1.Text);
  Query3.Active:=True;
  Query3.First;
  if (Query3.RecordCount > 0) then
  begin
    Button5.Enabled:= false;

```

```

Label15.Visible:=true;
StringGrid1.Cells[0,0]:='Переклад руля';
StringGrid1.Cells[1,0]:='L1';
StringGrid1.Cells[2,0]:='L2';
StringGrid1.Cells[3,0]:='Dt';
StringGrid1.Cells[4,0]:='Dy';
for i:=1 to Query3.RecordCount do
begin
StringGrid1.Cells[0,i]:=Query3.FieldName('Pereklad_rula').AsString;
StringGrid1.Cells[1,i]:=Query3.FieldName('L1').AsString;
StringGrid1.Cells[2,i]:=Query3.FieldName('L2').AsString;
StringGrid1.Cells[3,i]:=Query3.FieldName('Dt').AsString;
StringGrid1.Cells[4,i]:=Query3.FieldName('Dy').AsString;
Query3.Next;
end;
end
else StringGrid1.Visible:=false;
Query3.Active:=false;
Query3.SQL.Clear;
Query3.Close;
Table3.Close;
end;
procedure TViewShip.Button2Click(Sender: TObject);
begin
ViewShip.Close;
end;
procedure TViewShip.Button3Click(Sender: TObject);
begin
ViewShip.Close;
end;
procedure TViewShip.Button4Click(Sender: TObject);
begin
SelectCourse.Show;
end;
procedure TViewShip.Button5Click(Sender: TObject);
var F,kof_pol,ud_rul,Sp,Ts,ugol_diff,L1,L2,Dt,Dy,MH,MK,alpha,beta,beta2,HP,KP: real;
i:integer;
begin
//середня осадка
Ts:=(StrToFloat(Edit4.Text)+StrToFloat(Edit5.Text))/2;
//коефіцієнт повноти ДП
kof_pol:=1-(StrToFloat(Edit14.Text)/(StrToFloat(Edit2.Text)*Ts));
// подовження руля
ud_rul:= StrToFloat(Edit13.Text)*StrToFloat(Edit13.Text)/StrToFloat(Edit12.Text);
// відносна площа пера руля
Sp:= (StrToFloat(Edit12.Text)/(StrToFloat(Edit2.Text)*Ts))*100;
// фактор руля
F:= ((StrToFloat(Edit2.Text)/StrToFloat(Edit3.Text)* kof_pol*kof_pol)/sqrt(Sp+ud_rul));
Edit47.Text := FloatToStr(Sp);
Edit48.Text :=FloatToStr(ud_rul);
Edit49.Text := FloatToStr(kof_pol);
Edit50.Text := FloatToStr(F);
//кут диференту в градусах
ugol_diff:= RadToDeg((StrToFloat(Edit5.Text)-StrToFloat(Edit4.Text))/StrToFloat(Edit2.Text));

```

```

Edit51.Text:=FloatToStr(ugol_diff);
//обнуляні характеристики
L1:=0; L2:=0; Dt:=0; Dy:=0; alpha:=0; beta:=1; MH:= 0; MK:=1;
//характеристики для руля 5 градусів
L1:=6.41*(F/sqrt(5))+0.7*ugol_diff-0.93;
L2:=5.84*(F/sqrt(5))+0.68*ugol_diff-2.15;
Dt:=11.75*(F/sqrt(5))+1.35*ugol_diff-3.9;
Dy:=11.61*(F/sqrt(5))+1.2*ugol_diff-4.31;
// точки початку і кінця циркуляції для руля 5
alpha:=L1-(Dt/2); beta:=Dt/2; beta2:=2;
Table3.Open;
Table3.Active;
Table3.Insert;
Table3.FieldName('Kodship').AsInteger:= strtoint(Select.SelectShip.Edit1.Text);
Table3.FieldName('L1').Value:=FloatToStr(L1);
Table3.FieldName('L2').Value:=FloatToStr(L2);
Table3.FieldName('Dt').Value:=FloatToStr(Dt);
Table3.FieldName('Dy').Value:=FloatToStr(Dy);
Table3.FieldName('Pereklad_rula').AsInteger:=5;
Table3.Post;
Table4.Active;
i:=0;
while (i<>150) do
begin
i:=i+10;
MH:=(alpha + beta*Tan(DegToRad(i/2)))/10;
MK:=L2*Tan(DegToRad(i/2))/10;
Table4.Insert;
Table4.FieldName('KodShip').AsInteger:= strtoint(Select.SelectShip.Edit1.Text);
Table4.FieldName('Grad').Value:= i;
Table4.FieldName('Pereklad_rula').AsInteger:= 5;
Table4.FieldName('MN').Value:=MH;
Table4.FieldName('MK').Value:=MK;
Table4.FieldName('HP').Value:=HP;
Table4.FieldName('KP').Value:=KP;
Table4.Post;
end;
Table4.Close;
//обнуляємо характеристики
L1:=0; L2:=0; Dt:=0; Dy:=0; alpha:=0; beta:=1; MH:= 0; MK:=1;
//розрахунок для 10 градусів
L1:=6.41*(F/sqrt(10))+0.7*ugol_diff-0.93;
L2:=5.84*(F/sqrt(10))+0.68*ugol_diff-2.15;
Dt:=11.75*(F/sqrt(10))+1.35*ugol_diff-3.9;
Dy:=11.61*(F/sqrt(10))+1.2*ugol_diff-4.31;
// точки початку і кінця циркуляції для руля 5
alpha:=L1-(Dt/2); beta:=Dt/2; beta2:=2;
Table3.Active;
Table3.Insert;
Table3.FieldName('Kodship').AsInteger:= strtoint(Select.SelectShip.Edit1.Text);
Table3.FieldName('L1').Value:=FloatToStr(L1);
Table3.FieldName('L2').Value:=FloatToStr(L2);
Table3.FieldName('Dt').Value:=FloatToStr(Dt);
Table3.FieldName('Dy').Value:=FloatToStr(Dy);

```

```

Table3.FieldName('Pereklad_rula').AsInteger:=10;
Table3.Post;
  Table4.Open;
Table4.Active;
i:=0;
while (i<>150) do
begin
  i:=i+10;
  MH:=(alpha + beta*Tan(DegToRad(i)/2))/10;
  MK:=L2*Tan(DegToRad(i)/2)/10;
  Table4.Insert;
  Table4.FieldName('KodShip').AsInteger:= strtoInt(Select.SelectShip.Edit1.Text);
  Table4.FieldName('Grad').Value:= i;
  Table4.FieldName('Pereklad_rula').AsInteger:= 10;
  Table4.FieldName('MN').Value:=MH;
  Table4.FieldName('MK').Value:=MK;
  Table4.FieldName('HP').Value:=HP;
  Table4.FieldName('KP').Value:=KP;
  Table4.Post;
end;
Table4.Close;
L1:=0; L2:=0; Dt:=0; Dy:=0; alpha:=0; beta:=1;MH:= 0; MK:=1;
// розрахунок для 15 градусів
L1:=6.41*(F/sqrt(15))+0.7*ugol_diff-0.93;
L2:=5.84*(F/sqrt(15))+0.68*ugol_diff-2.15;
Dt:=11.75*(F/sqrt(15))+1.35*ugol_diff-3.9;
Dy:=11.61*(F/sqrt(15))+1.2*ugol_diff-4.31;
// точки початку і кінця циркуляції для руля 15 градусів
alpha:=L1-(Dt/2); beta:=Dt/2; beta2:=2;
  Table3.Open;
Table3.Active;
Table3.Insert;
Table3.FieldName('Kodship').AsInteger:= strtoInt(Select.SelectShip.Edit1.Text);
Table3.FieldName('L1').Value:=FloatToStr(L1);
Table3.FieldName('L2').Value:=FloatToStr(L2);
Table3.FieldName('Dt').Value:=FloatToStr(Dt);
Table3.FieldName('Dy').Value:=FloatToStr(Dy);
Table3.FieldName('Pereklad_rula').AsInteger:=15;
Table3.Post;
table3.Close;

Table4.Open;
Table4.Active;
i:=0;
while (i<>150) do
begin
  i:=i+10;
  MH:=(alpha + beta*Tan(DegToRad(i)/2))/10;
  MK:=L2*Tan(DegToRad(i)/2)/10;
  Table4.Insert;
  Table4.FieldName('KodShip').AsInteger:= strtoInt(Select.SelectShip.Edit1.Text);
  Table4.FieldName('Grad').Value:= i;
  Table4.FieldName('Pereklad_rula').AsInteger:= 15;
  Table4.FieldName('MN').Value:=MH;

```

```

Table4.FieldByName('MK').Value:=MK;
Table4.FieldByName('HP').Value:=MK;
Table4.FieldByName('HP').Value:=HP;
Table4.FieldByName('KP').Value:=KP;
Table4.Post;
end;
Table4.Close;
L1:=0; L2:=0; Dt:=0; Dy:=0; alpha:=0; beta:=1; MH:= 0; MK:=1;
// розрахунок характеристик для руля 35
L1:=6.41*(F/sqrt(35))+0.7*ugol_diff-0.93;
L2:=5.84*(F/sqrt(35))+0.68*ugol_diff-2.15;
Dt:=11.75*(F/sqrt(35))+1.35*ugol_diff-3.9;
Dy:=11.61*(F/sqrt(35))+1.2*ugol_diff-4.31;
// точки початку і кінця циркуляції для руля 35
alpha:=L1-(Dt/2); beta:=Dt/2; beta2:=2;
Table3.Open;
Table3.Active;
Table3.Insert;
Table3.FieldByName('Kodship').AsInteger:= strtoint(Select.SelectShip.Edit1.Text);
Table3.FieldByName('L1').Value:=FloatToStr(L1);
Table3.FieldByName('L2').Value:=FloatToStr(L2);
Table3.FieldByName('Dt').Value:=FloatToStr(Dt);
Table3.FieldByName('Dy').Value:=FloatToStr(Dy);
Table3.FieldByName('Pereklad_rula').AsInteger:=35;
Table3.Post;
table3.Close;

Table4.Open;

Table4.Active;
i:=0;
while (i<>150) do
begin
i:=i+10;
MH:=(alpha + beta*Tan(DegToRad(i)/2))/10;
MK:=L2*Tan(DegToRad(i)/2)/10;

Table4.Insert;
Table4.FieldByName('KodShip').AsInteger:= strtoint(Select.SelectShip.Edit1.Text);
Table4.FieldByName('Grad').Value:= i;
Table4.FieldByName('Pereklad_rula').AsInteger:= 35;
Table4.FieldByName('MN').Value:=MH;
Table4.FieldByName('MK').Value:=MK;
Table4.FieldByName('HP').Value:=MK;
Table4.FieldByName('HP').Value:=HP;
Table4.FieldByName('KP').Value:=KP;
Table4.Post;
end;
// вивід характеристик поворотності в таблицю
Table3.Active;
Query3.Close;
Query3.SQL.Clear;
Query3.Sql.Add('SELECT * FROM charact_povorot.db WHERE Kodship
='+Select.SelectShip.Edit1.Text);

```

```

Query3.Active:=True;
Query3.First;
if (Query3.RecordCount > 0) then
begin
  Button5.Enabled:= false;
  StringGrid1.Visible:=true;
  Label15.Visible:=True;
  StringGrid1.Cells[0,0]:='Переклад руля';
  StringGrid1.Cells[1,0]:='L1';
  StringGrid1.Cells[2,0]:='L2';
  StringGrid1.Cells[3,0]:='Dt';
  StringGrid1.Cells[4,0]:='Dy';
  for i:=1 to Query3.RecordCount do
  begin
    StringGrid1.Cells[0,i]:=Query3.FieldName('Pereklad_rula').AsString;
    StringGrid1.Cells[1,i]:=Query3.FieldName('L1').AsString;
    StringGrid1.Cells[2,i]:=Query3.FieldName('L2').AsString;
    StringGrid1.Cells[3,i]:=Query3.FieldName('Dt').AsString;
    StringGrid1.Cells[4,i]:=Query3.FieldName('Dy').AsString;
    Query3.Next;
  end;
end
else StringGrid1.Visible:=false;
Query3.Active:=false;
Query3.SQL.Clear;
Query3.Close;
Table3.Close;
end;
end.

```

Модуль для вводу нових маршрутів і вибору тих, які маються

```

unit Points;
interface
uses
  Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
  Dialogs, StdCtrls, DB, DBTables, ExtCtrls, TeeProcs, TeEngine, Chart,
  DbChart, Series, Grafic, Math, DBCtrls, Grids;
type
TSelectCourse = class(TForm)
  Label1: TLabel;
  Edit1: TEdit;
  Button1: TButton;
  DataSource1: TDataSource;
  Table1: TTable;
  Table1KodShips: TIntegerField;
  Table1KodMarshruta: TIntegerField;
  Table1KodPoints: TIntegerField;
  Table1Shirota: TStringField;
  Table1Dolgota: TStringField;
  Table1IstKurs: TStringField;
  Button2: TButton;
  Table1Way: TStringField;
  Query1: TQuery;
  Query1KodShips: TIntegerField;

```

```

Query1KodMarshruta: TIntegerField;
Query1KodPoints: TIntegerField;
Query1Shirota: TStringField;
Query1Dolgota: TStringField;
Query1IstKurs: TStringField;
Query1Way: TStringField;
DataSource2: TDataSource;
Table2: TTable;
Table2KodShip: TIntegerField;
Table2KodM: TIntegerField;
Table2Shirota: TStringField;
Table2Dolgota: TStringField;
DataSource3: TDataSource;
Table3: TTable;
Edit2: TEdit;
Label2: TLabel;
Table3KodMarsh: TAutoIncField;
Table3KodShip: TIntegerField;
Table3NameMarsh: TStringField;
Query2: TQuery;
Query3: TQuery;
Edit3: TEdit;
Table4: TTable;
DataSource4: TDataSource;
Table4KodShip: TIntegerField;
Table4KodM: TIntegerField;
Table4DIstKurs: TStringField;
DataSource5: TDataSource;
Table5: TTable;
Query4: TQuery;
Query4KodShip: TIntegerField;
Query4KodM: TIntegerField;
Query4DIstKurs: TStringField;
Table4KodPoints: TIntegerField;
Table5KodShip: TIntegerField;
Table5KodM: TIntegerField;
Table5Shirota: TStringField;
Table5Dolgota: TStringField;
Table5MN: TStringField;
Table5MK: TStringField;
Table5ShN: TStringField;
Table5ShK: TStringField;
Table5DolN: TStringField;
Table5DolK: TStringField;
Table5KodPoints: TIntegerField;
Table5Pereklad_rula: TIntegerField;
Button3: TButton;
Table6: TTable;
DataSource6: TDataSource;
Query5: TQuery;
Table6Kodship: TIntegerField;
Table6L1: TStringField;
Table6L2: TStringField;
Table6Dt: TStringField;

```

```

Table6Dy: TStringField;
Table6Perekklad_rula: TIntegerField;
Table6MN: TStringField;
Table6MK: TStringField;
Query4KodPoints: TIntegerField;
Query5Kodship: TIntegerField;
Query5L1: TStringField;
Query5L2: TStringField;
Query5Dt: TStringField;
Query5Dy: TStringField;
Query5Perekklad_rula: TIntegerField;
Query5MN: TStringField;
Query5MK: TStringField;
DBComboBox1: TDBComboBox;
Label3: TLabel;
Query2KodMarsh: TIntegerField;
Query2KodShip: TIntegerField;
Query2NameMarsh: TStringField;
Button4: TButton;
Button5: TButton;
Button6: TButton;
Button7: TButton;
StringGrid1: TStringGrid;
Query6: TQuery;
Query6KodShip: TIntegerField;
Query6KodM: TIntegerField;
Query6Shirota: TStringField;
Query6Dolgota: TStringField;
Query6MN: TStringField;
Query6MK: TStringField;
Query6ShN: TStringField;
Query6ShK: TStringField;
Query6DolN: TStringField;
Query6DolK: TStringField;
Query6KodPoints: TIntegerField;
Query6Perekklad_rula: TIntegerField;
Edit4: TEdit;
Label4: TLabel;
Edit5: TEdit;
Edit6: TEdit;
Table5Rsh: TStringField;
Table5OTSH: TStringField;
Table5RD: TStringField;
Table5IstK: TStringField;
Label5: TLabel;
Edit7: TEdit;
Table5Way: TStringField;
Table5DolNap: TStringField;
Table5ShNap: TStringField;
Table1ShNap: TStringField;
Table1DolNap: TStringField;
Query6Rsh: TStringField;
Query6OTSH: TStringField;
Query6RD: TStringField;

```

```

Query6IstK: TStringField;
Query6Way: TStringField;
Query6DolNap: TStringField;
Query6ShNap: TStringField;
procedure Button1Click(Sender: TObject);
procedure Button2Click(Sender: TObject);
procedure Button3Click(Sender: TObject);
procedure Button4Click(Sender: TObject);
procedure DBComboBox1Change(Sender: TObject);
procedure Button5Click(Sender: TObject);
procedure Button6Click(Sender: TObject);
procedure Button7Click(Sender: TObject);
procedure FormShow(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
var
  SelectCourse: TSelectCourse;
implementation
  uses View, Select;
  var select_marsh: integer;
  {$R *.dfm}
procedure TSelectCourse.Button1Click(Sender: TObject);
var Ed: Array of TEdit;
    n, i: Integer;
    Lab: Array of TLabel;
begin
  //очищення таблиці для графіка
  Button2.Enabled:=True;
  Table2.Active;
  SelectCourse.Table2.First;
  while not SelectCourse.Table2.Eof do begin
    Table2.Delete;
  end;
  Table2.close;
  Table2.Open;

  //розробка маршруту
  Table3.Open;
  Table3.Active;
  Table3.Insert;
  Table3.FieldName('KodShip').Value:=Select.SelectShip.Edit1.Text;
  Table3.FieldName('NameMarsh').Value:=Edit2.Text;
  Table3.Post;
  Table3.Close;
  Button2.Enabled:=True;
  n:=StrToInt(Edit1.Text);
  // розробка точок для нового маршруту
  for i := 1 to n do
    begin
      with TLabel.Create(self) do
        begin

```

```

parent:=self;
name:= 'Lab'+inttostr(i);
left:= 30;
Height:=20; top:= 170+Height*i;
Width:= 100;
Caption:='IIT'+inttostr(i-1);
end;
with tedit.Create(self) do
begin
parent:=self;
name:= 'Shirota'+inttostr(i);
left:= 100;
Height:=20; top:= 170+Height*i;
Width:= 50;
Text:="";
end;
with tedit.Create(self) do
begin
parent:=self;
name:= 'ShMin'+inttostr(i);
left:= 150;
Height:=20; top:= 170+Height*i;
Width:= 70;
Text:="";
end;
with tedit.Create(self) do
begin
parent:=self;
name:= 'ShNapri'+inttostr(i);
left:= 220;
Height:=20; top:= 170+Height*i;
Width:= 50;
Text:="";
end;
with tedit.Create(self) do
begin
parent:=self;
name:= 'Dolgota'+inttostr(i);
left:= 300;
Height:=20; top:= 170+Height*i;
Width:= 50;
Text:="";
end;
with tedit.Create(self) do
begin
parent:=self;
name:= 'DolMin'+inttostr(i);
left:= 350;
Height:=20; top:= 170+Height*i;
Width:= 70;
Text:="";
end;
with tedit.Create(self) do
begin

```

```

    parent:=self;
    name:= 'DolNap'+inttostr(i);
    left:= 420;
    Height:=20; top:= 170+Height*i;
    Width:= 50;
    Text:="";
end;
end;
end;
procedure TSelectCourse.Button2Click(Sender: TObject);
var n,j: Integer;
    Shiota, Dolgota,IkSh, IkDol, ShMin, DolMin, IkShMin,IkDolMin, ShNap, DolNap:TEdit;
    IstKurs, Way, IstPel,dIstKurs,dIstKurs2,ik1,ik2: real;
    select_marsh,i,a, kol_zap, point:integer;
    DolM, ShM, MN, MK,M, Razn_dolgot,Sred_Sh, P: real;
    IK,R,S,T,U,Ist_kurs, Dol_pred, Sh_pred, Ist_tek: real;
    Pt_Sh, Pt_Dol,IkPt_Sh, IkPt_Dol: real;
    Rsh, RD, OTSH : real;
begin
    Button1.Enabled:=false;
    // отримання коду маршруту із таблиці marshrut
    query2.Close;
    Query2.SQL.Clear;
    Query2.Sql.Add('SELECT * FROM marshrut WHERE NameMarsh = '+QuotedStr(Edit2.Text));
    Query2.Active:=True;
    select_marsh:= strtoint(Query2.FieldName('KodMarsh').AsString);
    Edit3.Text:= IntToStr(select_marsh);
    Query2.Active:=false;
    Query2.SQL.Clear;
    Query2.Close;
    n:=StrToInt(Edit1.Text);
    Table1.Open;
    Table1.Active;
    for j:=1 to n do
        begin
            Table1.Insert;
            Table1.FieldName('KodShips').Value := strtoint(Select.SelectShip.Edit1.Text);
            Table1.FieldName('KodMarshruta').AsInteger:= select_marsh;
            Table1.FieldName('KodPoints').Value := j;
            Table1.FieldName('KodShips').Value := strtoint(Select.SelectShip.Edit1.Text);
            Table1.FieldName('KodMarshruta').AsInteger:= select_marsh;
            Table1.FieldName('KodPoints').Value := j;
            Shiota:=TEdit(FindComponent('Shiota'+IntToStr(j)));
            ShMin:= TEdit(FindComponent('ShMin'+IntToStr(j)));
            ShNap:= TEdit(FindComponent('ShNap'+IntToStr(j)));
            Table1.FieldName('ShNap').Value:= ShNap.Text;
            Pt_Sh:=StrToFloat(Shiota.Text)+StrToFloat(ShMin.Text)/60;
            // перевірка напрямку широт шляхових точок
            if (ShNap.Text = 'S') then
                Table1.FieldName('Shiota').Value := -Pt_Sh
            else
                Table1.FieldName('Shiota').Value := Pt_Sh;
            Dolgota:=TEdit(FindComponent('Dolgota'+IntToStr(j)));
            DolMin:=TEdit(FindComponent('DolMin'+IntToStr(j)));

```

```

Pt_Dol:=StrToFloat(Dolgota.Text)+StrToFloat(DolMin.Text)/60;
DolNap:= TEdit(FindComponent('DolNap'+IntToStr(j)));
Table1.FieldByName('DolNap').Value:= DolNap.Text;
// перевірка напрямку довгот шляхових точок
if(DolNap.Text = 'W') then
    Table1.FieldByName('Dolgota').Value := -Pt_Dol
else
    Table1.FieldByName('Dolgota').Value := Pt_Dol;
if (j<n) then begin
    IkSh:= TEdit(FindComponent('Shirota'+IntToStr(j+1)));
    IkDol:= TEdit(FindComponent('Dolgota'+IntToStr(j+1)));
    IkShMin:=TEdit(FindComponent('ShMin'+IntToStr(j+1)));
    IkDolMin:=TEdit(FindComponent('DolMin'+IntToStr(j+1)));
    IkPt_Sh:=StrToFloat(IkSh.Text)+StrToFloat(IkShMin.Text)/60;
    IkPt_Dol:=StrToFloat(IkDol.Text)+StrToFloat(IkDolMin.Text)/60;
    if (IkPt_Sh=Pt_Sh) then M:=StrToFloat(IkSh.Text)+0.00000003
    else M:=IkPt_Sh;
    // визначаємо різницю довгот
    Razn_dolgot:=IkPt_Dol- Pt_Dol;
    Sred_Sh:=(Pt_Sh+IkPt_Sh)/2;
    P:=M-Pt_Sh;
    IK:=RadToDeg(ArcTan((Razn_dolgot*cos(DegToRad(Sred_Sh)))/P));
    R:=60*(P/cos(DegToRad(IK)));
    S:=-1*R;
    T:=180+IK;
    U:=360+IK;
    if (IkPt_Sh<Pt_Sh) then IstKurs:=T
    else if (Pt_Dol>IkPt_Dol) then IstKurs:=U
    else IstKurs:=IK;
    if (IkPt_Sh<Pt_Sh) then Way:=S
    else Way:=R;
end
else
    begin
        IstKurs := 0;
        Way:=0;
    end;
Table1.FieldByName('IstKurs').Value := FloatToStr(IstKurs);
Table1.FieldByName('Way').Value := FloatToStr(Way);
Table1.Post;
end;
//визначаємо різницю істинних курсів
Table1.Close;
Table1.Open;
Table1.Active:=True;
Table4.Open;
Table4.Active;
Query1.Close;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Sql.Add('SELECT * FROM point WHERE KodMarshruta
='+IntToStr(select_marsh)+'ORDER BY KodPoints ASC');
Query1.Active:=True;
Query1.first;
dIstKurs:=StrToFloat(Query1.FieldByName('IstKurs').AsString);

```

```

for i:=1 to Query1.RecordCount do
begin
  dIstKurs2:=0;
  Table4.Insert;
  Table4.FieldName('KodShip').Value:=Select.SelectShip.Edit1.Text;
  Table4.FieldName('KodM').Value:=select_marsh;
  Table4.FieldName('KodPoints').Value:=Query1.FieldName('KodPoints').Value;
  if (StrToFloat(Query1.FieldName('IstKurs').AsString)<dIstKurs) then
    dIstKurs2:= StrToFloat(Query1.FieldName('IstKurs').AsString)+360- dIstKurs
  else if ((360+StrToFloat(Query1.FieldName('IstKurs').AsString)-dIstKurs)>180) then
    dIstKurs2:=StrToFloat(Query1.FieldName('IstKurs').AsString)-dIstKurs;
  Table4.FieldName('DIstKurs').Value:=dIstKurs2;
  table4.Post;
  dIstKurs:=StrToFloat(Query1.FieldName('IstKurs').AsString);
  Query1.Next;
end;
Table3.Close;
Table3.Open;
// кнопка «Показати маршрут»
Table1.TableName:='point.db';
Table1.Active:=True;
Query1.Close;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Sql.Add('SELECT * FROM point WHERE KodMarshruta =' + IntToStr(select_marsh) +
'ORDER BY KodPoints ASC');
Query1.Active:=True;
Query1.first;
while not query1.eof do begin
  Table2.Insert;
  Table2.FieldName('KodShip').Value:=Select.SelectShip.Edit1.Text;
  Table2.FieldName('KodM').AsInteger:=select_marsh;
  Table2.FieldName('Shirota').Value:=Query1.FieldName('Shirota').Value;
  Table2.FieldName('Dolgota').Value:=Query1.FieldName('Dolgota').Value;
  Table2.Post;
  Query1.next;
end;

Query1.Active:=false;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Close;

// знаходження циркуляції
Table1.Active:=True;
Table5.Open;
Table5.Active;
Table4.Open;
Table4.Active;
Query1.Close;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Sql.Add('SELECT * FROM point WHERE KodMarshruta =' + IntToStr(select_marsh) +
'ORDER BY KodPoints ASC');
Query1.Active:=True;
Query1.first;
point:=StrToInt(Query1.FieldName('KodPoints').AsString);

```

```

for i:=1 to Query1.RecordCount do
begin
  Table5.Insert;
  Table5.FieldName('KodShip').Value:=Select.SelectShip.Edit1.Text;
  Table5.FieldName('KodM').Value:= Query1.FieldName('KodMarshruta').Value;
  Table5.FieldName('Shirota').Value := Query1.FieldName('Shirota').Value;
  Table5.FieldName('Dolgota').Value := Query1.FieldName('Dolgota').Value;
  Table5.FieldName('KodPoints').Value := Query1.FieldName('KodPoints').Value;

  Query4.Close;
  Query4.SQL.Clear;
  Query1.FieldName('KodPoints').AsString + 'and KodPoints= '+IntToStr(point)
  Query4.Sql.Add('SELECT * FROM dist_kurs.db');
  Query4.Sql.Add('WHERE KodPoints = '+QuotedStr(Query1.FieldName('KodPoints').AsString)+
'AND KodM='+IntToStr(select_marsh)+ ');
  Query4.Active:=True;
  Query4.first;
  kol_zap:=Query4.RecordCount;
  if ((strtoint(Query4.FieldName('KodPoints').AsString)=1)
  or (strtoint(Query4.FieldName('KodPoints').AsString)=kol_zap))
  then begin
    Table5.FieldName('Pereklad_rula').Value:=0;
    Table5.FieldName('MN').Value:=0;
    Table5.FieldName('MK').Value:=0;
    Table5.FieldName('ShN').Value:=0;
    Table5.FieldName('DolN').Value:=0;
    Table5.FieldName('ShK').Value:=0;
    Table5.FieldName('DolK').Value:=0;
  end
  else
  begin
    if (strtofloat(Query4.FieldName('DIstKurs').AsString)<30) then
    begin
      MN:=0; MK:=0;
      Table6.Active;
      Query5.Close;
      Query5.SQL.Clear;
      Query5.Sql.Add('SELECT * FROM charact_povorot.DB WHERE KodShip =' +
Select.SelectShip.Edit1.Text+ 'and Pereklad_rula = 5');
      Query5.Active:=True;
      Query5.first;

      // циркуляція для руля 5 градусів

      MN:=(StrToFloat(Query5.FieldName('L1').AsString)-
StrToFloat(Query5.FieldName('Dt').AsString)/2+StrToFloat(Query5.FieldName('Dt').AsString)/2*
Tan(DegToRad(StrToFloat(Query4.FieldName('DIstKurs').AsString)/2)))/10;
      MK:= strToFloat(Query5.FieldName('L2').AsString)
      *Tan(DegToRad(StrToFloat(Query4.FieldName('DIstKurs').AsString)/2))/10;

      Table5.FieldName('Pereklad_rula').Value:=5;
      Table5.FieldName('MN').Value:=MN;
      Table5.FieldName('MK').Value:=MK;

```

```
Query1.Prior;
Ist_kurs:=StrToFloat(Query1.FieldName('IstKurs').Value);
```

```
Table5.FieldName('IstK').Value:= Ist_kurs;
Table5.FieldName('Way').Value:=Query1.FieldName('Way').Value;
```

//різниця широт, відшествіє

```
Rsh :=MN * cos(DegToRad(Ist_kurs-180))/60;
OTSH := MN *sin(DegToRad(Ist_kurs-180));
```

```
Table5.FieldName('Rsh').Value:= Rsh;
Table5.FieldName('OTSH').Value:= OTSH;
```

```
Query1.Next;
DolM:= StrToFloat(Query1.FieldName('Dolgota').Value);
ShM:= StrToFloat(Query1.FieldName('Shirota').Value);
Ist_tek:=StrToFloat(Query1.FieldName('IstKurs').AsString);
```

//різниця довгот

```
RD := OTSH / cos(DegToRad(ShM))/60;
Table5.FieldName('RD').Value:= RD;
```

```
Table5.FieldName('ShN').Value:= ShM + Rsh;
Table5.FieldName('DolN').Value:= DolM + RD;
```

```
Rsh :=MK * cos(DegToRad(Ist_tek))/60;
OTSH := MK *sin(DegToRad(Ist_tek));
RD := OTSH / cos(DegToRad(ShM))/60;
```

```
Table5.FieldName('ShK').Value:= ShM + Rsh;
Table5.FieldName('DolK').Value:= DolM + RD;
```

```
Query5.Active:=false;
Query5.SQL.Clear;
Query5.Close;
end;
```

// циркуляція для руля 15 градусів

```
if ((strtofloat(Query4.FieldName('DIstKurs').AsString)>=30)
and (strtofloat(Query4.FieldName('DIstKurs').AsString)<60) )then
begin
Table6.Active;
Query5.Close;
Query5.SQL.Clear;
Query5.Sql.Add('SELECT * FROM charact_povorot.DB WHERE KodShip =' +
QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text)+ 'and Pereklad_rula = 10' );
Query5.Active:=True;
Query5.first;
```

```
MN:=(StrToFloat(Query5.FieldName('L1').AsString)-
StrToFloat(Query5.FieldName('Dt').AsString)/2+StrToFloat(Query5.FieldName('Dt').AsString)/2*
Tan(DegToRad(StrToFloat(Query4.FieldName('DIstKurs').AsString)/2)))/10;
```

```

MK:= strToFloat(Query5.FieldByName('L2').AsString)
*Tan(DegToRad(StrToFloat(Query4.FieldByName('DIstKurs').AsString)/2))/10;

Table5.FieldByName('Pereklad_rula').Value:=10;
Table5.FieldByName('MN').Value:=MN;
Table5.FieldByName('MK').Value:=MK;

Query1.Prior;
Ist_kurs:=StrToFloat(Query1.FieldByName('IstKurs').Value);

Table5.FieldByName('IstK').Value:= Ist_kurs;
Table5.FieldByName('Way').Value:=Query1.FieldByName('Way').Value;

//різниця широт, відхиєєтвіє
Rsh :=MN * cos(DegToRad(Ist_kurs-180))/60;
OTSH := MN *sin(DegToRad(Ist_kurs-180));

Table5.FieldByName('Rsh').Value:= Rsh;
Table5.FieldByName('OTSH').Value:= OTSH;

Query1.Next;
DolM:= StrToFloat(Query1.FieldByName('Dolgota').Value);
ShM:= StrToFloat(Query1.FieldByName('Shirota').Value);
Ist_tek:=StrToFloat(Query1.FieldByName('IstKurs').AsString);

//різниця довгот
RD := OTSH / cos(DegToRad(ShM))/60;
Table5.FieldByName('RD').Value:= RD;

Table5.FieldByName('ShN').Value:= ShM + Rsh;
Table5.FieldByName('DolN').Value:= DolM + RD;

Rsh :=MK * cos(DegToRad(Ist_tek))/60;
OTSH := MK *sin(DegToRad(Ist_tek));
RD := OTSH / cos(DegToRad(ShM))/60;

Table5.FieldByName('ShK').Value:= ShM + Rsh;
Table5.FieldByName('DolK').Value:= DolM + RD;

Query5.Active:=false;
Query5.SQL.Clear;
Query5.Close;
end;

if (strtofloat(Query4.FieldByName('DIstKurs').AsString)>60) then
begin
Table6.Active;
Query5.Close;
Query5.SQL.Clear;
Query5.Sql.Add('SELECT * FROM charact_povorot.DB WHERE KodShip =' +
QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text)+ 'and Pereklad_rula = 15' );
Query5.Active:=True;
Query5.first;

```

```

MN:=(StrToFloat(Query5.FieldByName('L1').AsString)-
StrToFloat(Query5.FieldByName('Dt').AsString)/2+StrToFloat(Query5.FieldByName('Dt').AsString)/2*
Tan(DegToRad(StrToFloat(Query4.FieldByName('DIstKurs').AsString)/2)))/10;
MK:= StrToFloat(Query5.FieldByName('L2').AsString)
*Tan(DegToRad(StrToFloat(Query4.FieldByName('DIstKurs').AsString)/2))/10;

Table5.FieldByName('Pereklad_rula').Value:=15;
Table5.FieldByName('MN').Value:=MN;
Table5.FieldByName('MK').Value:=MK;

Query1.Prior;
Ist_kurs:=StrToFloat(Query1.FieldByName('IstKurs').Value);
Table5.FieldByName('Way').Value:=Query1.FieldByName('Way').Value;

Table5.FieldByName('IstK').Value:= Ist_kurs;

//різниця широт, відшествіє
Rsh :=MN * cos(DegToRad(Ist_kurs-180))/60;
OTSH := MN *sin(DegToRad(Ist_kurs-180));

Table5.FieldByName('Rsh').Value:= Rsh;
Table5.FieldByName('OTSH').Value:= OTSH;

Query1.Next;
DolM:= StrToFloat(Query1.FieldByName('Dolgota').Value);
ShM:= StrToFloat(Query1.FieldByName('Shirot').Value);
Ist_tek:=StrToFloat(Query1.FieldByName('IstKurs').AsString);

//різниця довгот
RD := OTSH / cos(DegToRad(ShM))/60;
Table5.FieldByName('RD').Value:= RD;

Table5.FieldByName('ShN').Value:= ShM + Rsh;
Table5.FieldByName('DolN').Value:= DolM + RD;

Rsh :=MK * cos(DegToRad(Ist_tek))/60;
OTSH := MK *sin(DegToRad(Ist_tek));
RD := OTSH / cos(DegToRad(ShM))/60;

Table5.FieldByName('ShK').Value:= ShM + Rsh;
Table5.FieldByName('DolK').Value:= DolM + RD;

Query5.Active:=false;
Query5.SQL.Clear;
Query5.Close;
end;
    end;
Query4.Active:=false;
Query4.SQL.Clear;
Query4.Close;
Table5.Post;
Query1.Next;

end;

```

```

Query1.Active:=false;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Close;

```

```

Table5.Close;
Table5.Open;
Button3.Enabled:=true;
end;

```

```

procedure TSelectCourse.Button3Click(Sender: TObject);
begin
Table1.Close;
Graf.Show;
Button2.Enabled:=false;
end;

```

//вибір маршруту із раніше розробленихх

```

procedure TSelectCourse.Button4Click(Sender: TObject);

```

```

var i:integer;
    Ed: Array of TEdit;
    Lab: Array of TLabel;
begin
Button5.Enabled:=True;
StringGrid1.Visible:= true;
Table1.Active;
Query1.Close;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Sql.Add('SELECT * FROM point WHERE KodMarshruta =' + QuotedStr(Edit3.Text) +
'ORDER BY KodPoints ASC');
Query1.Active:=True;
Query1.first;
StringGrid1.RowCount:=Query1.RecordCount;
StringGrid1.Cells[1,0]:='Широта';
StringGrid1.Cells[2,0]:='Довгота';
StringGrid1.Cells[3,0]:='MH';
StringGrid1.Cells[4,0]:='MK';
StringGrid1.Cells[5,0]:='ShN';
StringGrid1.Cells[6,0]:='DolN';
StringGrid1.Cells[7,0]:='ShK';
StringGrid1.Cells[4,0]:='DolK';

```

```

Query1.Active:=false;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Close;

```

```

Table5.Active;
Query6.Close;
Query6.SQL.Clear;
Query6.Sql.Add('SELECT * FROM circulate.db WHERE KodM =' + QuotedStr(Edit3.Text) + 'ORDER
BY KodPoints ASC');
Query6.Active:=True;
Query6.first;
StringGrid1.RowCount:=Query6.RecordCount+1;

```

```

StringGrid1.ColCount:=6;
StringGrid1.Cells[1,0]:='Широта';
StringGrid1.Cells[2,0]:='Долгота';
StringGrid1.Cells[3,0]:='Истинный курс';
StringGrid1.Cells[4,0]:='Переклад руля';
StringGrid1.Cells[5,0]:='Дистанция';

for i := 1 to Query6.RecordCount do
begin
    StringGrid1.Cells[0,i]:=Query6.FieldName('KodPoints').AsString;

    StringGrid1.Cells[1,i]:= Query6.FieldName('Shirota').AsString;
    StringGrid1.Cells[2,i]:=Query6.FieldName('Dolgota').AsString;
    StringGrid1.Cells[3,i]:=Query6.FieldName('IstK').AsString;
    StringGrid1.Cells[4,i]:=Query6.FieldName('Pereklad_rula').AsString;
    StringGrid1.Cells[5,i]:=Query6.FieldName('Way').AsString;

    Query6.Next;
end;
Query6.Active:=false;
Query6.SQL.Clear;
Query6.Close;

Table5.Close;
end;

procedure TSelectCourse.DBComboBox1Change(Sender: TObject);
begin

Query2.Close;
    Query2.SQL.Clear;
    Query2.Sql.Add('SELECT * FROM marshrut.db WHERE NameMarsh
='+QuotedStr(DBComboBox1.Text)+'and KodShip='+ QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text));
    Query2.Active:=True;
    Edit3.Text:= Query2.FieldName('KodMarsh').AsString;
    Query2.Active:=false;
    Query2.SQL.Clear;
    Query2.Close;
end;

procedure TSelectCourse.Button5Click(Sender: TObject);
begin

//очищення таблиці для графіка
Table2.Active;
SelectCourse.Table2.First;
while not SelectCourse.Table2.Eof do begin
    Table2.Delete;
end;
Table2.close;
Table2.Open;

// вивід графіка по кнопці «Показати маршрут»
Table1.TableName:='point.db';

```

```

    Table1.Active:=True;
    Query1.Close;
    Query1.SQL.Clear;
    Query1.Sql.Add('SELECT * FROM point WHERE KodMarshruta =' + QuotedStr(Edit3.Text) +
'ORDER BY KodPoints ASC');
    Query1.Active:=True;
    Query1.first;
    while not query1.eof do begin
    Table2.Insert;
    Table2.FieldName('KodShip').Value:=Select.SelectShip.Edit1.Text;
    Table2.FieldName('KodM').AsInteger:=StrToInt(Edit3.Text);
    Table2.FieldName('Shirota').Value:=Query1.FieldName('Shirota').Value;
    Table2.FieldName('Dolgota').Value:=Query1.FieldName('Dolgota').Value;
    Table2.Post;
    Query1.next;
    end;
    Query1.Active:=false;
    Query1.SQL.Clear;
    Query1.Close;
    Table1.Close;
    Graf.Show;
end;

```

```

procedure TSelectCourse.Button6Click(Sender: TObject);
begin

```

```

    Button7.Enabled:=false;

```

```

    Label2.Visible:=true;
    edit2.Visible:=true;

```

```

    Label1.Visible:=true;
    Edit1.Visible:=true;

```

```

    Button1.Visible:=True;
    Button2.Visible:=True;
    Button3.Visible:=True;
end;

```

```

procedure TSelectCourse.Button7Click(Sender: TObject);
begin

```

```

    Button6.Enabled:=false;
    Label3.Visible:=True;
    DBComboBox1.Visible:=True;

```

```

    Button4.Visible:=True;
    Button5.Visible:=True;
end;

```

```

procedure TSelectCourse.FormShow(Sender: TObject);
begin

```

```

    Table3.Active;

```

```

    Query2.Close;

```

```

Query2.SQL.Clear;
Query2.Sql.Add('SELECT * FROM marshrut.db WHERE KodShip='+
QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text));
Query2.Active:=True;
Query2.First;
DBComboBox1.Items.Clear;
while not Query2.Eof do
begin
  DBComboBox1.Items.Add(Query2.FieldName('NameMarsh').AsString);
  Query2.Next;
end;

Query2.Active:=false;
Query2.SQL.Clear;
Query2.Close;

Query2.Close;
Query2.SQL.Clear;
Query2.Sql.Add('SELECT * FROM marshrut.db WHERE NameMarsh
='+QuotedStr(DBComboBox1.Text)+'and KodShip =' + QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text));
Query2.Active:=True;
Edit3.Text:= Query2.FieldName('KodMarsh').AsString;
Query2.Active:=false;
Query2.SQL.Clear;
Query2.Close;
end;
end.

```

Модуль побудови графіка по шляховим точкам і по розрахованим точкам циркуляції
unit Grafic;
 interface

uses
 Windows, Messages, SysUtils, Variants, Classes, Graphics, Controls, Forms,
 Dialogs, DB, DBTables, ExtCtrls, TeeProcs, TeEngine, Chart, DbChart,
 Series, StdCtrls, Math, Grids, DBGrids, jpeg;

type
 TGraf = class(TForm)
 DBChart1: TDBChart;
 DataSource1: TDataSource;
 Table1: TTable;
 Table2: TTable;
 Query1: TQuery;
 DataSource2: TDataSource;
 Query2: TQuery;
 Table3: TTable;
 DataSource3: TDataSource;
 Table4: TTable;
 DataSource4: TDataSource;
 Table4KodShip: TIntegerField;
 Table4KodM: TIntegerField;
 Table4Point1: TStringField;
 Table4Point2: TStringField;

```

Table1KodShip: TIntegerField;
Table1KodM: TIntegerField;
Table1Shirota: TStringField;
Table1Dolgota: TStringField;
Table1MN: TStringField;
Table1MK: TStringField;
Table1ShN: TStringField;
Table1ShK: TStringField;
Table1DoIN: TStringField;
Table1DoIK: TStringField;
Table1KodPoints: TIntegerField;
Table1Pereklad_rula: TIntegerField;
DataSource5: TDataSource;
Table5: TTable;
Table5KodM: TIntegerField;
Table5Sh_i: TStringField;
Table5DoI_I: TStringField;
DBChart2: TDBChart;
Series4: TPointSeries;
Table2KodShips: TIntegerField;
Table2KodMarshruta: TIntegerField;
Table2KodPoints: TIntegerField;
Table2Shirota: TStringField;
Table2Dolgota: TStringField;
Table2IstKurs: TStringField;
Table2Way: TStringField;
Table3KodShip: TIntegerField;
Table3KodM: TIntegerField;
Table3Shirota: TStringField;
Table3Dolgota: TStringField;
Table6: TTable;
DataSource6: TDataSource;
Query3: TQuery;
Query3KodShip: TIntegerField;
Query3KodM: TIntegerField;
Query3DIstKurs: TStringField;
Query3KodPoints: TIntegerField;
Table6KodShip: TIntegerField;
Table6KodM: TIntegerField;
Table6DIstKurs: TStringField;
Table6KodPoints: TIntegerField;
Table7: TTable;
DataSource7: TDataSource;
Query4: TQuery;
Query4KodShip: TIntegerField;
Query4Grad: TIntegerField;
Query4Pereklad_rula: TIntegerField;
Query4MN: TStringField;
Query4MK: TStringField;
Query4HP: TStringField;
Query4KP: TStringField;
Table7KodShip: TIntegerField;
Table7Grad: TIntegerField;
Table7Pereklad_rula: TIntegerField;

```

```

Table7MN: TStringField;
Table7MK: TStringField;
Table7HP: TStringField;
Table7KP: TStringField;
Edit1: TEdit;
DBChart3: TDBChart;
Series2: TFastLineSeries;
Series1: TLineSeries;
DBGrid1: TDBGrid;
Label1: TLabel;
Series3: TLineSeries;
Table5MN: TStringField;
Table5MK: TStringField;
Table5IstK: TStringField;
Table5ShN: TStringField;
Table5DolN: TStringField;
Table5P: TStringField;
Table5IKD: TStringField;
Edit2: TEdit;
Edit3: TEdit;
Table1Rsh: TStringField;
Table1OTSH: TStringField;
Table1RD: TStringField;
Table1IstK: TStringField;
Table1Way: TStringField;
Table1DolNap: TStringField;
Table1ShNap: TStringField;
Table2ShNap: TStringField;
Table2DolNap: TStringField;
Query1KodShip: TIntegerField;
Query1KodM: TIntegerField;
Query1Shirota: TStringField;
Query1Dolgota: TStringField;
Query1MN: TStringField;
Query1MK: TStringField;
Query1ShN: TStringField;
Query1ShK: TStringField;
Query1DolN: TStringField;
Query1DolK: TStringField;
Query1KodPoints: TIntegerField;
Query1Pereklad_rula: TIntegerField;
Query1Rsh: TStringField;
Query1OTSH: TStringField;
Query1RD: TStringField;
Query1IstK: TStringField;
Query1Way: TStringField;
Query1DolNap: TStringField;
Query1ShNap: TStringField;
procedure FormShow(Sender: TObject);
private
  { Private declarations }
public
  { Public declarations }
end;
```

```

var
  Graf: TGraf;

implementation

{$R *.dfm}
uses Select,Points;
procedure TGraf.FormShow(Sender: TObject);
var i,j,k, p:integer;
    Sh_i, Dolgota0,K0,Dol_i:real;
    dk,dn,shn,shk:real;
    Xp,Yp, Xk,Yk:real;
    Rh, Rd, Otsh, Sh1, D1, S1, Sh_sr, step, Way: real;
begin
  Table4.Active;
  Graf.Table4.First;
  while not Graf.Table4.Eof do begin
    Table4.Delete;
  end;
  Table4.close;
  Table4.Open;

  Table5.Active;
  Graf.Table5.First;
  while not Graf.Table5.Eof do begin
    Table5.Delete;
  end;
  Table5.close;
  Table5.Open;

  table1.Active;
  Table4.Active;
  Table5.Active;
  query1.Close;
  Query1.SQL.Clear;
  Query1.Sql.Add('SELECT * FROM circulate WHERE KodShip =
'+QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text)+'and
KodM='+QuotedStr(Points.SelectCourse.Edit3.Text)+'ORDER BY KodPoints ASC');
  Query1.Active:=True;
  Query1.first;

  for i:=1 to query1.RecordCount do
    begin
      if (StrToInt(Query1.FieldName('KodPoints').AsString)=1) then
        begin
          Table4.Insert;
          Table4.FieldName('KodShip').Value:=Query1.FieldName('KodShip').Value;
          Table4.FieldName('KodM').Value:=Query1.FieldName('KodM').Value;
          Table4.FieldName('Point1').Value:=Query1.FieldName('Shirota').Value;
          Table4.FieldName('Point2').Value:=Query1.FieldName('Dolgota').Value;
          Table4.Post;
        end
      else

```

```

if (StrToInt(Query1.FieldByName('KodPoints').AsString) <> Query1.RecordCount) then
begin
  Table4.Insert;
  Table4.FieldByName('KodShip').Value:=Query1.FieldByName('KodShip').Value;
  Table4.FieldByName('KodM').Value:=Query1.FieldByName('KodM').Value;
  Table4.FieldByName('Point1').Value:=Query1.FieldByName('ShN').Value;
  Table4.FieldByName('Point2').Value:=Query1.FieldByName('DolN').Value;
  Table4.Post;

  Table4.Insert;
  Table4.FieldByName('KodShip').Value:=Query1.FieldByName('KodShip').Value;
  Table4.FieldByName('KodM').Value:=Query1.FieldByName('KodM').Value;
  Table4.FieldByName('Point1').Value:=Query1.FieldByName('Shirota').Value;
  Table4.FieldByName('Point2').Value:=Query1.FieldByName('Dolgota').Value;
  Table4.Post;

  Table4.Insert;
  Table4.FieldByName('KodShip').Value:=Query1.FieldByName('KodShip').Value;
  Table4.FieldByName('KodM').Value:=Query1.FieldByName('KodM').Value;
  Table4.FieldByName('Point1').Value:=Query1.FieldByName('ShK').Value;
  Table4.FieldByName('Point2').Value:=Query1.FieldByName('DolK').Value;
  Table4.Post;
end
else
if (StrToInt(Query1.FieldByName('KodPoints').AsString)= Query1.RecordCount)then
begin
  Table4.Insert;
  Table4.FieldByName('KodShip').Value:=Query1.FieldByName('KodShip').Value;
  Table4.FieldByName('KodM').Value:=Query1.FieldByName('KodM').Value;
  Table4.FieldByName('Point1').Value:=Query1.FieldByName('Shirota').Value;
  Table4.FieldByName('Point2').Value:=Query1.FieldByName('Dolgota').Value;
  Table4.Post;
end;
Query1.Next;
end;

Query1.Active:=false;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Close;

Table3.Close;
Table3.Open;
DBChart1.Series[0].DataSource:=Table3;
DBChart1.Series[0].YValues.ValueSource:='Shirota';
DBChart1.Series[0].XValues.Order:=loNone;
DBChart1.Series[0].XValues.ValueSource:='Dolgota';
DBChart1.Title.Text.Clear;
DBChart1.Title.Text.Add('Íóòü');

Table4.Close;
Table4.Open;
DBChart2.Series[0].DataSource:=Table4;
DBChart2.Series[0].YValues.ValueSource:='Point2';
DBChart2.Series[0].XValues.Order:=loNone;

```

```

DBChart2.Series[0].XValues.ValueSource:='Point1';
DBChart2.Title.Text.Clear;
DBChart2.Title.Text.Add('Іооü');

// знаходження проміжних точок маршруту
table1.Active;
Table4.Active;
Table5.Active;
Table6.Active;
query3.Close;
Query3.SQL.Clear;
Query3.Sql.Add('SELECT * FROM dist_kurs.db WHERE KodShip =
'+QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text)+'and
KodM='+QuotedStr(Points.SelectCourse.Edit3.Text)+'ORDER BY KodPoints ASC');
Query3.Active:=True;
Query3.first;

query1.Close;
Query1.SQL.Clear;
Query1.Sql.Add('SELECT * FROM circulate WHERE KodShip =
'+QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text)+'and
KodM='+QuotedStr(Points.SelectCourse.Edit3.Text)+'ORDER BY KodPoints ASC');
Query1.Active:=True;
Query1.first;
edit2.Text:=IntToStr(Query1.RecordCount);
for j:=1 to Query1.RecordCount do
begin
if ((StrToInt(Query1.FieldName('KodPoints').AsString)=1) or
(StrToInt(Query1.FieldName('KodPoints').AsString)=Query1.RecordCount)) then
begin
Table5.Insert;
Table5.FieldName('KodM').Value:=Query1.FieldName('KodM').Value;
Table5.FieldName('Sh_i').Value:=Query1.FieldName('Shirota').Value;
Table5.FieldName('Dol_i').Value:=Query1.FieldName('Dolgota').Value;;
Table5.Post;
end;

if ((StrToInt(Query1.FieldName('KodPoints').AsString)>1) and
(StrToInt(Query1.FieldName('KodPoints').AsString)<=Query1.RecordCount-1)) then
begin
Query4.Close;
Query4.SQL.Clear;
Query4.Sql.Add('SELECT * FROM hp_kp.db WHERE KodShip =
'+QuotedStr(Select.SelectShip.Edit1.Text)+'and
Pereklad_rula='+QuotedStr(Query1.FieldName('Pereklad_rula').AsString)+'ORDER BY Grad ASC');
Query4.Active:=True;
Query4.first;

Edit1.Text:=Query3.FieldName('DIstKurs').AsString;
Query3.Next;

p:= 0;
for i:=1 to Query4.RecordCount do
begin

```

```

        if (StrToFloat(Query4.FieldName('Grad')).AsString)<=
StrToFloat(Query3.FieldName('DIstKurs')).AsString)- 10) then
        begin
            Table5.Insert;
            p:=p+10;

Xp:=StrToFloat(Query1.FieldName('ShN').AsString)+(StrToFloat(Query4.FieldName('MN').AsStri
ng)*cos(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('IstK').AsString)))+StrToFloat(Query4.FieldByNa
me('MK').AsString)*cos(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('IstK').AsString)+p)))/60;

Yp:=StrToFloat(Query1.FieldName('DolN').AsString)+(StrToFloat(Query4.FieldName('MN').AsSt
ring)*sin(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('IstK').AsString)))+
StrToFloat(Query4.FieldName('MK').AsString)*sin(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('Ist
K').AsString)+p)))*(1/cos(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('Shirota').AsString))))/60;
            Table5.FieldName('KodM').Value:=Query1.FieldName('KodM').Value;
            Edit1.Text:=FloatToStr(Yk);
            Table5.FieldName('Sh_i').Value:=Xp;
            Table5.FieldName('Dol_i').Value:=Yp;
            Table5.FieldName('MN').Value:=Query4.FieldName('MN').AsString;
            Table5.FieldName('MK').Value:=Query4.FieldName('MK').AsString;
            Table5.FieldName('IstK').Value:=Query1.FieldName('IstK').AsString;
            Table5.FieldName('ShN').Value:=Query1.FieldName('ShN').AsString;
            Table5.FieldName('DolN').Value:=Query1.FieldName('DolN').AsString;
            Table5.FieldName('P').Value:=p;
            Table5.FieldName('IKD').Value:=
cos(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('IstK').AsString)+p)) ;
            Table5.Post;
        end;
        Query4.Next;
    end;
    Query4.Active:=false;
    Query4.SQL.Clear;
    Query4.Close;
Xp:=StrToFloat(Query1.FieldName('ShN').AsString)+(StrToFloat(Query1.FieldName('MN').AsStri
ng)*cos(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('IstK').AsString)))+StrToFloat(Query1.FieldByNa
me('MK').AsString)*cos(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('IstK').AsString)+StrToFloat(Que
ry3.FieldName('DIstKurs')).AsString)))/60;

Yp:=StrToFloat(Query1.FieldName('DolN').AsString)+(StrToFloat(Query1.FieldName('MN').AsSt
ring)*sin(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('IstK').AsString)))+
StrToFloat(Query1.FieldName('MK').AsString)*sin(DegToRad(StrToFloat(Query1.FieldName('Ist
K').AsString)+StrToFloat(Query3.FieldName('DIstKurs').AsString)))*(1/cos(DegToRad(StrToFloat(
Query1.FieldName('Shirota').AsString))))/60;
            Table5.Insert;
            Table5.FieldName('KodM').Value:=Query1.FieldName('KodM').Value;
            Table5.FieldName('Sh_i').Value:=Xp;
            Table5.FieldName('Dol_i').Value:=Yp;
            Table5.Post;
        end;
        Query1.Next;
    end;
    Query1.Active:=false;
    Query1.SQL.Clear;
    Query1.Close;

```

```
Query3.Active:=false;
Query3.SQL.Clear;
Query3.Close;
Table5.Close;
Table5.Open;
DBChart1.Series[1].DataSource:=Table5;
DBChart1.Series[1].YValues.ValueSource:='Sh_i';
DBChart1.Series[1].XValues.Order:=loNone;
DBChart1.Series[1].XValues.ValueSource:='Dol_i';
DBChart1.Title.Text.Clear;
DBChart1.Title.Text.Add("");
DBChart1.Title.Text.Clear;
DBChart1.Title.Text.Add("");
DBChart3.Series[0].DataSource:=Table5;
DBChart3.Series[0].YValues.ValueSource:='Dol_i';
DBChart3.Series[0].XValues.Order:=loNone;
DBChart3.Series[0].XValues.ValueSource:='Sh_i';
DBChart3.Title.Text.Clear;
DBChart3.Title.Text.Add('Уточненный маршрут');
end;
end.
```

ДОДАТОК С

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА

1. Ворохобин І.І. Вибір режиму руху каналом по габаритним розмірам судна. / Ворохобин І.І., Соколенко В.І. // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вип.18. -Одеса: «ИздатИнформ», 2010. С. 56-63.
2. Мальцев А.С. Інформаційно – аналітичний комплекс лоцмана «Поворот»./ Мальцев А.С., Ворохобин І.І., Соколенко В. І., Іщук А.К.. // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вип.19 –Одеса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 103 – 113.
3. Соколенко В.І. Судовий план лоцманської проводки./ Соколенко В.І. // Судовождение: Сб. научн. Трудов ОНМА. Вип.20. –Одеса: «ИздатИнформ», 2011. – С. 209-220.
4. Соколенко В.І. Планування заданого шляху руху в стеснених умовах траєкторними точками і контроль процесу руху./ В.І.Соколенко // Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вип..21. – Одеса: «ИздатИнформ», 2012. – С. 220-227.
5. Пат. 57713 Україна, МПК G08G 3/00. Пристрій для попередження посадки судна на міліну/А.С. Мальцев, І.І. Ворохобін, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія .-№ U 2010 09828;заявл. 0608.2010; опубл. 10.03.2011.-Бюл. №5.-4 с.
6. Пат. 62155 Україна, МПК G08G 1/123. Спосіб гарантованої передачі інформації / Г.Б. Вільський, А.С. Мальцев, М.М. Надич, В.В. Голіков, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія і Миколаївський політехнічний інститут. -№ U 2011 02072; заявл. 21.02.2011; опубл. 10.08.2011.-Бюл. №15.-4 с.
7. Пат. 78679 Україна, МПК G08G 3/00, B63B 49/00. Пристрій для інформаційного забезпечення лоцманської проводки морського судна /А.С. Мальцев, І.І. Ворохобін, В.В. Голіков, В.І. Соколенко (Україна); заявник та патентовласник Одеська національна морська академія -№ U 2012

11569; заявл. 08.10.2012; опубл. 25.03.2013.-Бюл. №6.-4 с.

8. Свідомство про реєстрацію авторського права на твір № 68552 Україна. Комп'ютерна програма «Система високоточного планування шляху переходу морського судна». А. С. Мальцев, А. П. Бень, О.В. Терещенкова, В.І. Соколенко (Україна): Заявник Херсонська державна морська академія. Дата реєстрації 09.11.2016 року.

9. Vasyliy Sokolenko The system of precision planning marine ship's voyage. NAU, Vol.68, №3(216). -Kiev, 2016. –P.46-53.

10. Мальцев С.Е. The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity. Навигационное устройство пересчета координат спутниковой антенны судна на центр тяжести./ Мальцев С.Е., Мальцев А.С., Соколенко В.И.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 28 –Одесса: «ИздатИнформ», 2018. – С.

11. Соколенко В.И. Оценка допустимого угла рыскания при следовании по каналу/В.И.Соколенко, И.И.Ворохобин//Николаев. Тезисы доклада первой международной научно – технической конференции «Инновации в судостроении и океанотехнике» (24-25 сентября 2010 р.)- Николаев: НУК, 2010. С. 353-355.

12. Соколенко В.И. Способ автоматизации планирования заданного пути движения в стесненных условиях траекторными точками. /В.И.Соколенко// Материалы научно технической конференции «Судоходство: перевозки, технические средства, безопасность» 14-15 ноября 2012 г. –Одесса: «ИздатИнформ», 2013. – С.126-129.

13. Соколенко В.И. Маршрутный график безопасности плавания в стесненных условиях./В.И. Соколенко// Матеріали науково-технічної конференції «Забезпечення безаварійного плавання суден» 16-17 листопада 2011 р. –Одеса, 2012. - С.85-87.

14. Соколенко В.И. Система поддержки принятия решения при движении морского судна в стесненных условиях. / В.И.Соколенко //

Материалы XX Международной конференции с автоматического управления, 25-27 сентября 2013 г. – Николаев: НУК, 2013. – С. 256.

15. Соколенко В.И. Тренажер судоводителя «Планирование пути в стесненных условиях»/В.И.Соколенко// Материалы конференции «Морские перевозки и информационные технологии в судоходстве» 18-19 ноября 2014 г. –Одесса: «ИздатИнформ», 2014. – С.182-186.

16. Соколенко В.И. Выбор безопасной скорости по дальности уверенного обнаружения неподвижной опасности. / Соколенко В.И., Мальцев С.Е.// «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація». Матеріали наук.-техн.конф., 16-17 листопада 2017 р. -Одеса, НУ «ОМА» 2018. – С. 209-2012.

17. Мальцев А.С. Инновационные технологии планирования пути и выбора режима движения крупнотоннажного судна в опасных районах стесненных вод./ Мальцев А.С., Соколенко В.И., Мальцев С.Е.// «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (MINTT-2018): матеріали дев'ятої Міжнарод. наук.-практ. конф., 29-31 травня 2018 р. – Херсон: ДМА, 2018. –С. 64-69.

ДОДАТОК Д

АКТИ УПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ



«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор Національного
університету «Одеська морська академія»
професор Шемякін О.М.

А К Т

про використання результатів дисертаційної роботи аспіранта

Соколенко Василя Інокентійовича на тему «Вдосконалення методів планування шляху і управління судном в стислих водах» в освітній процес.

Ми, що нижче підписалися, начальник навчального відділу Пархоменко М.М., декан факультету морських перевезень і технологій к.т.н., доц., к.д.п. Ворохобін І.І. і завідуючий кафедрою управління судном к.т.н., доц., к.д.п. Бурмака І.О. склали цей акт в тому, що результати кандидатської дисертації аспіранта Соколенко Василя Інокентійовича на тему «Вдосконалення методів планування шляху і управління судном в стислих водах» впроваджені в освітній процес, у вигляді розрахункових схем, алгоритмів, способів планування шляху в стислих водах.

Начальник навчального
відділу

Декан факультету морських перевезень
і технологій к.т.н., доц. к.д.п.

Завідуючий кафедрою управління судном
к.т.н., доц., к.д.п

Пархоменко М.М.

Ворохобін І.І.

Бурмака І.О.



МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ ХЕРСОНСЬКА ДЕРЖАВНА МОРСЬКА АКАДЕМІЯ

73000, Україна, м. Херсон, пр. Ушакова 20, тел./факс: (0552) 49-59-02, e-mail: kma@kma.kh.ua

20.09.18 № 01-8/1828
На № _____ від _____



ЗАТВЕРДЖУЮ
Проректор з науково-педагогічної роботи
Херсонської державної морської академії
доцент Бень А.П.

А К Т

про використання результатів дисертаційної роботи здобувача

Соколенка Василя Інокентійовича на тему «Вдосконалення методів планування шляху і управління судном в стислих водах» при виконанні науково дослідної роботи № 21п/17 «Створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден військового та цивільного призначення», яка виконується за рахунок коштів загального фонду державного бюджету (підстава: Наказ МОН України № 1296 від 31.10.2016 р. «Про затвердження переліку проектів фундаментальних і прикладних досліджень та науково-технічних (експериментальних) розробок», Наказ Міністерства освіти і науки України № 63 від 24.01.2018 р. «Про обсяги фінансування науково-дослідних робіт, наукових заходів та інфраструктури у 2018 році за КПКВ 2201040», Наказ Міністерства освіти і науки України № 64 від 25.01.2018 р. «Про формування тематичних планів наукових досліджень і розробок закладів вищої освіти та наукових установ на 2018 рік»).

Ми, що нижче підписалися, декан факультету судноводіння к.і.н., доц. Нагрибельний Я.А. і завідувач кафедри управління судном к.т.н., доц. Товстокорий О.М. склали цей акт про те, що результати кандидатської дисертації здобувача Соколенко Василя Інокентійовича на тему «Вдосконалення методів планування шляху і управління судном в стислих водах» впроваджені при виконанні науково-дослідної роботи, у вигляді розрахункових схем, алгоритмів, способів планування шляху і контрольних прикладів для перевірки роботи комп'ютерних програм і в учбовий процесі у вигляді методичних вказівок до виконання лабораторних робіт по плануванню шляху траєкторними точками при криволінійному русі.

Декан факультету судноводіння

Я. А. Нагрибельний

Завідувач кафедри управління судном

О. М. Товстокорий



СИСТЕМА УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ
СЕРТИФІКОВАНА НА
ВІДПОВІДНІСТЬ ДСТУ ISO 9001:2009
Регістром судноплавства України

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Настоящим актом удостоверяется, что в частном высшем учебном заведении «Институт последипломного образования «Одесский морской тренажерный центр» получили внедрение в учебный центр следующие результаты диссертационной работы Соколенко Василия Иннокентиевича «Вдосконалення методів планування шляху і управління судном в стислих водах»:

- расчетные схемы, алгоритмы и способы построения координат пути траекторными точками криволинейной траектории методом отрезков;
- компьютерные программы и контрольные примеры расчета траектории прямолинейных и криволинейных участков пути в стесненных водах.

Директор

Института последипломного образования

«Одесский морской тренажерный центр»

к.т.н., профессор

25.10.2018 г.



Пашенко Ю.В.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

Настоящим актом удостоверяется, что в Крюинговой Компании “UKRAINA” MARITIME AGENCY Co.Ltd. получили внедрение в учебный процесс при подготовке судоводителей к работе на морских судах следующие результаты диссертационной работы Соколенко Василия Иннокентиевича

«Вдосконалення методів планування шляху і управління судном в стислих водах»:

- расчетные схемы, алгоритмы и способы построения координат пути траекторными точками криволинейной траектории методом отрезков;
- компьютерные программы и контрольные примеры расчета траектории прямолинейных и криволинейных участков пути в стесненных водах.

Директор
Крюинговой Компании
“UKRAINA” MARITIME AGENCY Co.Ltd.
Грошев Д. И.



26.10.2018 г.

УКРАЇНА

UKRAINE



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 57713

ПРИСТРІЙ ДЛЯ ПОПЕРЕДЖЕННЯ ПОСАДКИ СУДНА НА
МІЛИНУ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі 10.03.2011.

Голова Державного департаменту
інтелектуальної власності

М.В. Паладій







17.02.2021

Свідоцтво Мальцев, Бень, Терещенкова 001.jpg

УКРАЇНА



ДЕРЖАВНА СЛУЖБА ВЛАСНОСТІ УКРАЇНИ
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ

СВІДОЦТВО
про реєстрацію авторського права на твір

№ 68552

Комп'ютерна програма "Система високоточного планування шляху переходу морського судна"

(вид, назва твору)

Автор(и) Мальцев Анатолій Сидорович, Бень Андрій Павлович, Терещенкова Оксана Вікторівна, Соколенко Василь Інокентійович

(повне ім'я, псевдонім (за наявності))

Дата реєстрації 09.11.2016



Голова Державної служби
інтелектуальної
власності України
В.О. Голови А.А. Малиш