

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

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

Мальцев Станіслав Едуардович

УДК 656.61.052

ДИСЕРТАЦІЯ

«РОЗРОБКА СПОСОБУ ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МАНЕВРУВАННЯ СУДНА ПРИ КРИВОЛІНІЙНОМУ РУСІ»

Спеціальність 271 – Річковий та морський транспорт

Галузь знань 27 - Транспорт

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

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

Науковий керівник
Голіков Володимир Володимирович
доктор технічних наук,
с.н.с., професор

Одеса – 2021

АНОТАЦІЯ

Мальцев С.Е. Розробка способу визначення параметрів маневрування судна при криволінійному русі – Кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 271 «Річковий та морський транспорт» (галузь знань 27 – Транспорт). – Національний Університет «Одеська морська академія» Міністерства освіти і науки України, Одеса, 2021.

Дослідження в дисертаційній роботі спрямоване на розв’язання науково – прикладних задач по оперативному визначенню параметрів маневрування, під час його виконання, включаючи криволінійний рух, для оптимізації його виконання. Такий підхід дозволяє досягти оптимального співвідношення між габаритами шляху, головними розмірами суден, їх енергооснащеністю та ефективністю засобів забезпечення керованості. Тому навігаційні системи і пристрої управління повинні бути побудовані так, щоб інформація оброблялася автоматично і видавалася оператору у вигляді знань, достатніх для швидкого прийняття рішення.

Головною потребою виконання досліджень є наявність **запитів практики** по визначенню параметрів маневрування при виконанні морських операцій в каналах, фарватерах та в портових і припортових акваторіях:

- ширини маневреного зсуву по величині абсциси полюсу визначення повороту (ПП) на прямолінійних відрізках шляху та при виконанні поворотів;
- оптимальне використання буксирів по значенню абсциси ПП і потужності його головного двигуна.

Головним завданням досліджень являється розробка способів оперативного визначення параметрів маневрування під час руху і їх

використання для управління судном згідно з алгоритмом процесу виконання морської операції.

В результаті проведеного аналізу головне завдання структурно представлено у вигляді трьох допоміжних завдань: розробка способів визначення абсциси розташування ПП і функціональної схеми навігаційного пристрою для його визначення і візуалізації; аналіз і розробка способів розрахунку ширини маневрового зсуву і макету навігаційного приладу його розрахунку; удосконалення інверсного способу розробки технологічної карти маневрування при морських операціях.

У результаті розв'язання головного завдання через виконання допоміжних отримано **наукове положення**: безпека процесу маневрування забезпечується використанням оперативних способів розрахунку параметрів руху і контролю управління судном по їх значенню по технологічній карті маневрування при морських операціях.

Наукове положення обґрунтовано наступними **науковими результатами**:

вперше розроблено спосіб визначення абсциси ПП по тангенціальним швидкостям кінцівок, який відрізняється від існуючих відсутністю необхідності вводити дані для розрахунків абсциси ПП, які поступають від існуючого навігаційного приладу – доплерівського лагу, та урахуванням параметрів течії, при цьому запропонована модель визначення абсциси ПП пройшла верифікацію методом прямого експерименту;

- **вперше розроблено** спосіб визначення ширини маневрового зсуву окремо для прямолінійних відрізків шляху та для криволінійних, який відрізняється від існуючих використанням значення абсциси ПП для розрахунків, включаючи криволінійні відрізки, та автоматичним переключенням розрахунків для прямолінійних і криволінійних відрізків шляху по значенню кутової швидкості рискання;

- **отримала подальший розвиток** методологія сценарного планування руху інверсним способом для навігаційних цілей при заході/виході із порту,

яка відрізняється від існуючої використанням високоточного способу планування заданого шляху траєкторними точками у вигляді матриці їх координат і використанням існуючого методу шляхових точок та даних про поворотність для їх розрахунку;

- **удосконалено** спосіб визначення абсциси ПП по рівнодіючій управляючих сил, який відрізняється від існуючих врахуванням тільки бічних сил. Для цього вводяться напрям і величина використовуваних управляючих сил, визначаються бічні складові та їх рівнодіюча, що дозволяє розрахувати абсцису ПП, значення якої використовується для управління маневруванням.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці нового способу визначення положення ПП по значенням існуючих навігаційних приладів, що забезпечує постійний розрахунок і візуалізацію положення ПП і визначення ширини маневрового зсуву при русі по прямолінійним відрізкам шляху та при повороті.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що алгоритми, розрахункові схеми і методики можуть бути використані для створення нових систем підтримки прийняття рішення, використовуючи існуючі навігаційні прилади, включаючи навігаційну систему для безвахтового управління судном.

Практичні результати дисертаційного дослідження впроваджені в науково-дослідну роботу кафедри управління судном, НУ «ОМА», в науково-дослідну роботу в Херсонській державній морській академії.

Ключові слова: безпечне маневрування судна, абсциса полюса повороту, ширина маневрового зсуву, криволінійні відрізки, система підтримки прийняття рішення, інверсний спосіб сценарного планування швартувань.

Основні наукові результати дисертаційних досліджень опубліковані в наступних працях:

Статті у наукових фахових виданнях

1. Мальцев С.Э. Полюс поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография/ С. Э. Мальцев, О. Н. Товстокорый. //–Херсон: ХГМА, 2016. -124 с.
2. Голиков В.В. Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна/В.В.Голиков., С.Э.Мальцев. Научный журнал.- Херсон.:ХГМА, 2013. №1(8). С. 21 – 27.
3. Голиков В.В. Анализ вектора смещения пути судна от ветра /В.В.Голиков.,С.Э.Мальцев. Науч.жур.-Херсон. :ХГМА, 2015.№1(12), -С. 29-35.
4. Товстокорый О.Н. Определение положения полюса поворота с помощью доплеровского лага.//О.Н.Товстокорый, С.Э.Мальцев./ Судовождение: Сб.научн. трудов.//НУ «ОМА». Вып.26. Одесса: ИздатИнформ. 2016. – С.183 – 190.
5. Sokolenko V.I. The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity./ V.I. Sokolenko , S.E. Maltsev, A.S. Maltsev.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 28 – Одесса: «ИздатИнформ», 2018. – С. 210 – 221.
6. Мальцев С.Е. Когнитивная система оценки положения полюса поворота судна с помощью эффективных алгоритмов./С.Е.Мальцев//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences.- 2018. V1 (19), issue 171. –P.37 – 42.
7. Мальцев С.Е. Система інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно буя./ С.Е. Мальцев. // Судовождение: сб. научн.трудов. /НУ»ОМА». Вып.29. -Одесса: »Издатинформ», 2019. – С.134 – 141.
8. Мальцев С.Е. Навігаційний пристрій підтримки прийняття рішення при автоматичному плануванні руху судна траєкторними точками при заході /виході із порту./С.Е. Мальцев.//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences.- 2019. V11 (25), issue

206. –Р. 41-46.

9. Мальцев С.Е. Оперативний контроль ширини маневреного зсуву в стислих водах // Судноводіння: Зб. наук. праць./ НУ «ОМА», Вип. 31.– Одеса: «ВидавІнформ», 2021.- С.22-37. DOI: <https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.22-37>.

Апробація матеріалів дисертації

10. Мальцев С.Е. Алгоритм определения положения полюса поворота при маневрировании. «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека»: Матеріали науково-методичної конференції - (Одеса, 14-15 листопада 2012 року.). – Одеса: ОНМА. ВидавІнформ, 2013. – С.106 – 110.

11. Мальцев С.Е. Управление ходкостью счалов барж при использовании отдельных поворотных насадок. / С.Е.Мальцев // Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека» Матеріали конференції 19-20 листопада 2013 р. –Одеса, ОНМА. ВидавІнформ, 2014. – С.131 – 137.

12. Мальцев С.Э. Устройство оценки полюса поворота по тангенциальным скоростям конечностей./ С.Э Мальцев., В.В.Голиков. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві»: Матеріали науково-методичної конференції - (Одеса, 18-19 листопада 2014 року.). – Одеса: ОНМА. ВидавІнформ, 2014. – С.172 – 176.

13. Мальцев А.С. Методологические основы разработки информационных систем поддержки принятия решения при маневрировании морских судов./ А.С.Мальцев, В.В.Голиков, С.Э. Мальцев//Сборник материалов 7-й Международной научно – практической конференции (MINTT-2015) 26 – 28 мая 2015 г, г .Херсон. ХДМА.-С 152-157.

14. Голиков В.В. Имитационное моделирование швартовки крупнотоннажного судна к причалу 25 порта Южный. / В.В.Голиков, С.Э. Мальцев // Матер.конф. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві» 19-20 листопада 2015 р. - Одеса, НУ «ОМА»2016. –С. 119-123.

15. Мальцев С.Е. Способ оценки маневренности судна по положению полюса поворота. / С.Е. Мальцев// Матер. конф. «Морські перевезення та інформаційні технології в суднопластві» 19-20 листопада 2015 р. - Одеса, НУ «ОМА»2016. –С. 129-133.

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, суднопластво, 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 матеріали дев'ятої Міжнародн. наук. - практ. конф., 23-25 травня 2018 р. – Херсон: ДМА, 2018. –С. 64 – 69.

18. Мальцев С.Е. Змістовні моделі системи управління судном при маневруванні. / С.Е.Мальцев.// «Транспортні технології (морський та річковий флот)», науково – технічна конференція, 15-16 листопада 2018 р. – Одеса: НУ «ОМА» 2018. – С. 219 – 224.

19. Мальцев С.Е. Удосконалення інформаційного забезпечення процесу маневрування параметрами стану судна. // «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, суднопластво, перевезення, автоматизація», науково – технічна конференція, 14-15 листопада 2019 р. – Одеса: НУ «ОМА» 2019. – С. 129 – 131.

Перелік патентів, які захищають наукову новизну

20. **Патент** 91006 UA. МПК(2014.01) G08G 3/00. Пристрій для інформаційного забезпечення маневрування морського судна. /Голіков В.В., Мальцев С.Е. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2013 04429; заявлено 25.04.2013; опубліковано 25.06.2014, Бюл. № 12.

21. **Патент** 97227 UA. МПК G08G 3/02 (2006.01), B63B 43/02 (2006.01). Пристрій для інформаційного забезпечення процесу управління

судном. /Мальцев С.Е., Товстокорий О.М., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u2014 07280; заявлено 27.06.2014; опубліковано 10.03.2015, Бюл. № 5.

22. **Патент** 98720 UA. МПК (2015.01) B63B 21/00 Система інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно буя./Деревянко А.А. Мальцев С.Е. П. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2014 10883; заявлено 06.10.2014; опублік. 12.05.2015, Бюл. № 9.

23. **Патент** 100293 UA. МПК G08G 3/00 (2015/01), Спосіб інформаційного забезпечення маневрування морського судна. / Товстокорий О.М., Мальцев С.Е., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u 2014 12711; заявл. 26.11.2014; опублік. 27.07.2015, Бюл. № 14.

24. **Патент** 111646 UA. МПК (2016.01) G08G 3/00 Навігаційний пристрій для вибору виду вектора управління рухом./Голіков В.В.,Мальцев С.Е. Заявник національний університет «Одеська морська академія». - № u 2016 02487; заявлено 14.03.2016; опубліковано 25.11.2016, Бюл. № 22.

З наукових робіт, опублікованих у співавторстві, автору належить особисто: дисертаційна робота виконана здобувачем самостійно. Проведено інформаційний пошук, забезпечено методологічне обґрунтування, розроблена програма натурних випробувань для верифікації розробленого способу розрахунку абсциси полюсу повороту, виконана обробка отриманих результатів і сформульовані висновки, які впроваджені в науковий та учбовий процес; роботи [6-9, 12, 15] підготовлені автором одно осібно. З наукових робіт, опублікованих в співавторстві, в дисертації використані тільки ті положення які належать автору особисто: [1-4] - розробка математичних моделей, визначення абсциси ПП, ширини маневреного зсуву, розрахункових схем та контрольних прикладів; [1, 10] - планування експериментів по верифікації розроблених моделей, обробка та інтерпретація їхніх результатів, розробка розрахункових схем і впровадження удосконалених способів визначення абсциси ПП та ширини маневреного

зсуву; [5, 11, 13, 14] - розроблені розрахункові схеми та контрольні приклади; [16] - розроблена формалізована модель визначення рівнодіючої бічних сил, абсциси ПП, розрахункова схема та контрольний приклад та отримано патент; [17 - 19] - вперше розроблена формалізована модель визначення абсциси ПП по тангенціальним швидкостям кінцівок, алгоритм та контрольний приклад, отримано патенти [20-24]; [20] - розроблено алгоритм та функціональна схема системи визначення причини бічного зсуву.

SUMMARY

Maltsev S.E. "Development of a method for determining the parameters of ship maneuvering in curvilinear motion" - Qualifying scientific work on the rights of the manuscript.

The dissertation on competition of a scientific degree of the doctor of philosophy on a specialty 271 "River and sea transport" (branch of knowledge 27 - Transport). - National University "Odessa Maritime Academy" of the Ministry of Education and Science of Ukraine, Odessa, 2021.

The research in the dissertation work is aimed at solving scientific and applied problems on the operational determination of maneuvering parameters, during its execution, including curvilinear motion, to optimize its execution. This approach allows to achieve the optimal ratio between the dimensions of the voyage, the main size of the vessel, their energy and efficiency of means of control. Therefore, navigation systems and controls must be designed so that the information is processed automatically and issued to the operator in the form of knowledge sufficient for rapid decision-making.

The main need for research is the presence of requests for practice in determining the parameters of maneuvering during maritime operations in canals, fairways and in port and port waters:

- the width of the maneuvering offset along the magnitude of the abscissa of the pole of the determination of the pivot point (PP) on the straight sections of the path and when making turns;
- optimal use of tugs on the value of the abscissa of PP and power of its main engine.

The main task of research is to develop methods for the rapid determination of maneuvering parameters during movement and their use to control the vessel in accordance with the algorithm of the process of performing a naval operation.

As a result of the analysis, the main task is structurally presented in the form

of three auxiliary tasks: development of methods for determining the abscissa of the location of the PP and the functional diagram of the navigation device for its definition and visualization; analysis and development of methods

calculation of the width of the shunting shift and the layout of the navigation device of its calculation; improvement of the inverse method of development of the technological map of maneuvering at sea operations.

As a result of solving the main task through the implementation of auxiliary obtained scientific position: the safety of the maneuvering process is ensured by the use of operational methods for calculating the parameters of movement and control of the vessel by their value on the technological map of maneuvering in maritime operations.

The scientific position is substantiated by the following scientific results:

For the first time, a method was developed to determine the abscissa of the PP by tangential velocities of the limbs, which differs from the existing ones by the lack of data for calculating the abscissa of the PP coming from the existing navigation device - Doppler lag, and taking into account the flow parameters. experiment;

- for the first time a method was developed to determine the width of the shunting offset separately for rectilinear segments of the path and for curvilinear, which differs from the existing ones by using the abscissa value for calculations, including curvilinear segments, and automatic switching of calculations for rectilinear and curvilinear segments of the path;

- further developed the methodology of scenario planning of inverse traffic for navigation purposes at the entrance / exit of the port, which differs from the existing using a high-precision method of planning a given path by trajectory points in the form of a matrix of their coordinates and using the existing method of waypoints ;

- improved the method of determining the abscissa of the PP on the equal control forces, which differs from the existing ones taking into account only the lateral forces. To do this, the direction and magnitude of the control forces used are

entered, the lateral components and their equivalent are determined, which allows to calculate the abscissa of the PP, the value of which is used to control the maneuver.

The scientific novelty of the obtained results is to develop a new way to determine the position of the PP on the values of existing navigation devices, which provides constant calculation and visualization of the position of the PP and determine the width of shunting displacement when moving on straight paths and when turning.

The practical significance of the obtained results is that algorithms, calculation schemes and techniques can be used to create new decision support systems using existing navigation devices, including a navigation system for non-shift control of the vessel.

The practical results of the dissertation research have been introduced into the research work of the Department of Ship Management, NU "OMA", into the research work at the Kherson State Maritime Academy.

Keywords: safe maneuvering of the vessel, turn pole abscissa, shunting width, curvilinear segments, decision support system, inverse method of mooring scenario planning.

The main scientific results of dissertation research are published in the following works:

Articles in scientific professional publications

1. Мальцев С.Э. Полюс поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография/ С. Э. Мальцев, О. Н. Товстокорый. //–Херсон: ХГМА, 2016. -124 с.
2. Голиков В.В. Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна/В.В.Голиков., С.Э.Мальцев. Научный журнал.-Херсон.:ХГМА, 2013. №1(8). С. 21 – 27.
3. Голиков В.В. Анализ вектора смещения пути судна от ветра /В.В.Голиков.,С.Э.Мальцев. Науч.жур.-Херсон. :ХГМА, 2015.№1(12), -С. 29-35.

4. Товстокорый О.Н. Определение положения полюса поворота с помощью доплеровского лага.//О.Н.Товстокорый, С.Э.Мальцев./ Судовождение: Сб.научн. трудов.//НУ «ОМА». Вып.26. Одесса: ИздатИнформ. 2016. – С.183 – 190.

5. Sokolenko V.I. The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity./ V.I. Sokolenko , S.E. Maltsev, A.S. Maltsev.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 28 – Одесса: «ИздатИнформ», 2018. – С. 210 – 221.

6. Мальцев С.Е. Когнитивная система оценки положения полюса поворота судна с помощью эффективных алгоритмов./С.Е.Мальцев//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences.- 2018. V1 (19), issue 171. –P.37 – 42.

7. Мальцев С.Е. Система інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно буя./ С.Е. Мальцев. // Судовождение: сб. научн.трудов. /НУ»ОМА». Вып.29. -Одесса: »Издатинформ», 2019. – С.134 – 141.

8. Мальцев С.Е. Навігаційний пристрій підтримки прийняття рішення при автоматичному плануванні руху судна траєкторними точками при заході /виході із порту./С.Е. Мальцев.//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences.- 2019. V11 (25), issue 206. –P. 41-46.

9. Мальцев С.Е. Оперативний контроль ширини маневреного зсуву в стислих водах // Судноводіння: Зб. наук. праць./ НУ «ОМА», Вип. 31.– Одеса: «ВидавІнформ», 2021.- С.22-37. DOI: <https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.22-37>.

Approbation of dissertation materials

10. Мальцев С.Е. Алгоритм определения положения полюса поворота при маневрировании. «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека»: Матеріали науково-методичної конференції - (Одеса, 14-15 листопада 2012 року.). – Одеса: ОНМА. ВидавІнформ, 2013. – С.106 – 110.

11. Мальцев С.Е. Управление ходкостью счалов барж при использовании отдельных поворотных насадок. / С.Е.Мальцев // Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека» Матеріали конференції 19-20 листопада 2013 р. –Одеса, ОНМА. Видавінформ, 2014. – С.131 – 137.

12. Мальцев С.Э. Устройство оценки полюса поворота по тангенциальным скоростям конечностей./ С.Э Мальцев., В.В.Голиков. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві»: Матеріали науково-методичної конференції - (Одеса, 18-19 листопада 2014 року.). – Одеса: ОНМА. ВидавІнформ, 2014. – С.172 – 176.

13. Мальцев А.С. Методологические основы разработки информационных систем поддержки принятия решения при маневрировании морских судов./ А.С.Мальцев, В.В.Голиков, С.Э. Мальцев//Сборник материалов 7-й Международной научно – практической конференции (MINTT-2015) 26 – 28 мая 2015 г, г .Херсон. ХДМА.-С 152-157.

14. Голиков В.В. Имитационное моделирование швартовки крупнотоннажного судна к причалу 25 порта Южный. / В.В.Голиков, С.Э. Мальцев // Матер.конф. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві» 19-20 листопада 2015 р. - Одеса, НУ «ОМА»2016. –С. 119-123.

15. Мальцев С.Е. Способ оценки маневренности судна по положению полюса поворота. / С.Е. Мальцев// Матер. конф. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві» 19-20 листопада 2015 р. - Одеса, НУ «ОМА»2016. –С. 129-133.

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. 209-212.

17. Мальцев А.С. Инновационные технологии планирования пути и выбора режима движения крупнотоннажного судна в опасных районах матеріали дев'ятої Міжнародн. наук. - практ. конф., 23-25 травня 2018 р. – Херсон: ДМА, 2018. –С. 64 – 69.

18. Мальцев С.Е. Змістовні моделі системи управління судном при маневруванні. / С.Е.Мальцев.// «Транспортні технології (морський та річковий флот)», науково – технічна конференція, 15-16 листопада 2018 р. – Одеса: НУ «ОМА» 2018. – С. 219 – 224.

19. Мальцев С.Е. Удосконалення інформаційного забезпечення процесу маневрування параметрами стану судна. // «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація», науково – технічна конференція, 14-15 листопада 2019 р. – Одеса: НУ «ОМА» 2019. – С. 129 – 131.

List of patents that protect scientific novelty

20. **Патент** 91006 UA. МПК (2014.01) G08G 3/00. Пристрій для інформаційного забезпечення маневрування морського судна. /Голіков В.В., Мальцев С.Е. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2013 04429; заявлено 25.04.2013; опубліковано 25.06.2014, Бюл. № 12.

21. **Патент** 97227 UA. МПК G08G 3/02 (2006.01), B63B 43/02 (2006.01). Пристрій для інформаційного забезпечення процесу управління судном. /Мальцев С.Е., Товстокорий О.М., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u2014 07280; заявлено 27.06.2014; опубліковано 10.03.2015, Бюл. № 5.

22. **Патент** 98720 UA. МПК (2015.01) B63B 21/00 Система інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно буя./Деревянко А.А. Мальцев С.Е. П. Заявник Одеська національна морська академія.- № u2014 10883; заявл. 06.10.2014; опублік. 12.05.2015, Бюл. № 9.

23. **Патент** 100293 UA. МПК G08G 3/00 (2015/01), Спосіб інформаційного забезпечення маневрування морського судна. / Товстокорий О.М., Мальцев С.Е., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська

академія. - № и 2014 12711; заявл. 26.11.2014; опублік. 27.07.2015, Бюл. № 14.

24. **Патент** 111646 UA. МПК (2016.01) G08G 3/00 Навігаційний пристрій для вибору виду вектора управління рухом./Голіков В.В.,Мальцев С.Е. Заявник національний університет «Одеська морська академія». - № и 2016 02487; заявлено 14.03.2016; опубліковано 25.11.2016, Бюл. № 22.

From the scientific works published in co-authorship, the author personally owns: the dissertation is performed independently: the information is searched, the methodical substantiation is given, the program of field tests for check of the developed way calculation of an abscissa of a pole of turn is developed. scientific and educational process; works [6-9, 12, 15] prepared by the author separately. Of the scientific works published in co-authorship, the dissertation uses only those provisions that belong personally to the author: [1-4] - development of mathematical models, determination of the abscissa axis of the PP, the width of the shunting displacement, calculation. schemes and control examples; [1, 10] - planning of experiments to verify the developed models, processing and interpretation of their results, development of calculation schemes and implementation of improved methods for determining the abscissa axis of the PP and the width of the shunting shift; [5, 11, 13, 14] - developed calculation schemes and control examples; [16] - developed a formalized model for determining the equivalent lateral forces, the abscissa of the PP, the calculation scheme and control example and obtained a patent; [17 - 19] - the first formalized model for determining the abscissa of PP by tangential velocities of the limbs, algorithm and control example obtained by patents [20-24]; [20] - developed an algorithm and a functional diagram of the system for determining the cause of lateral displacement.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	19
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НАУКОВИХ РОБІТ ПО БЕЗПЕЧНОМУ МАНЕВРУВАННЮ СУДЕН І ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ.	25
1.1. Аналіз параметрів, які описують процес маневрування судна	25
1.2. Аналіз причин аварійності при маневруванні морських суден.....	31
1.3. Огляд літературних джерел відносно шляхів організації безпечного маневрування суден.....	36
1.4. Вибір напрямку наукових досліджень процесу маневрування.....	47
1.5. Висновки за першим розділом	48
РОЗДІЛ 2. МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАНЕВРУВАННЯ СУДНА	49
2.1. Обґрунтування теми дослідження.....	49
2.2. Методи виконання досліджень.....	53
2.3. Формування технологічної карти досліджень.....	56
2.4. Висновки за другим розділом.....	59
РОЗДІЛ 3. СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ АБСЦИСИ ПОЛЮСУ ПОВОРОТУ.....	61
3.1. Аналіз сучасного способу визначення положення полюсу повороту.....	61
3.2. Спосіб визначення абсциси ПП по рівнодіючій бокових сил, які діють на судно.....	64
3.3. Спосіб визначення абсциси ПП по тангенціальній швидкості кінцівок судна.....	69
3.4. Натурні випробування процесу маневрування для визначення абсциси положення ПП	76
3.5. Висновки по третьому розділу.....	80
РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ШИРИНИ МАНЕВРОВОГО ЗСУВУ.....	82

4.1. Аналіз сучасних способів визначення ширини маневрового зсуву на прямолінійних і криволінійних відрізках шляху.....	82
4.2. Розробка способів розрахунку ширини маневреного зсуву по абсцисі полюсу повороту.....	86
4.3. Система підтримки прийняття рішення по оперативному визначенні положення ПП.....	88
4.4 Висновки по четвертому розділу	93
РОЗДІЛ 5. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ МАНЕВРУВАННЯ ПРИ МОРСЬКИХ ОПЕРАЦІЯХ.....	95
5.1. Системи підтримки прийняття рішення при виконанні морських операцій.....	95
5.2. Інверсний спосіб сценарного планування швартовних операцій.....	104
5.3. Системи автоматизації планування траєкторії руху при швартуванні і контролю процесу переміщення по ній в режимі реального часу	109
5.4. Висновки по п'ятому розділу	112
ВИСНОВКИ.....	113
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	116
ДОДАТОК А Таблиці даних про натурні випробування та їх обробка.....	131
ДОДАТОК Б. Фотографії екрана доплерівського лагу при випробуваннях маневру 1.....	149
ДОДАТОК В. Розрахункова схема визначення координат центру ваги по положенню антени.....	155
ДОДАТОК Д. Вихідні дані для розрахунку маневрених характеристик та форма їх представлення	159
ДОДАТОК Е..Список публікацій здобувача та відомості про апробацію результатів дисертації.....	164
ДОДАТОК С Акти упровадження дисертації	168
ДОДАТОК К Патенти.....	173

ВСТУП

Актуальність теми. Незважаючи на обладнання містків суден сучасними засобами навігації і управління, на морі щорічно 3-4 судна пропадають без вісті, відбувається в середньому близько 215 аварій, у тому числі біля 50 зіткнень. Статистичний аналіз причин аварій показує, що близько 10% аварій відбувається в результаті форс-мажорних обставин, близько 15% є наслідок відмови технічних засобів управління судном, їх систем та пристроїв. Решту 75% відносять до суб'єктивних причин, які характеризують узагальненим поняттям – впливом «людського фактору».

Безпечне судноводіння передбачає досягнення оптимального співвідношення між габаритами шляху, головними розмірами суден, їх енергооснащеністю та ефективністю засобів забезпечення керованості. В напружених умовах роботи людини оператора (ЛО) збільшується число і склад елементарних операцій, і він діє на рівні стійкого навичку, а в екстремальних ситуаціях необхідно використання обчислень та розумових операцій для прийняття рішення, що призводить до уповільнення процесу управління. Тому навігаційні системи і пристрої управління повинні бути побудовані так, щоб інформація оброблялася автоматично і видавалася оператору у вигляді знань, які достатні для швидкого прийняття рішення.

Аналіз параметрів, які описують процес маневрування судна показав, що не всі дані відомі судноводію для безпечного управління, а навігаційні пристрої для їх визначення відсутні. Серед таких параметрів знаходяться абсциса положення полюсу повороту (ПП) та ширина маневреного зміщення, які не можуть бути визначені окомірно, а часу для розрахунку їх в процесі маневрування обмаль. Тому використання оперативних способів розрахунку параметрів руху під час виконання морської операції, і контролю управління судном по їх значенню являється вельми актуальним.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Робота виконувалась згідно з прийнятою національною транспортною стратегією

України на період до 2030 року ((№430 –р від 30 травня 2018 р.), Транспортної стратегії України на період до 2020 р. (рішення Кабінету України №2174-р від 20.10.2010 р.), «Про стратегію сталого розвитку «Україна – 2022»» та в рамках наукових досліджень кафедри управління судном «Удосконалення методів безпечного управління судном» (№ ДР 0117U005133, науковий керівник к.т.н., доцент Бурмака І.О.), в якій автором виконано підрозділ «Способи визначення абсциси полюсу повороту».

Мета і задачі дослідження. Метою дослідження є організація безаварійного маневрування судна шляхом оперативного розрахунку параметрів руху при зміні режиму управління згідно з технологічною картою морської операції.

Наукова гіпотеза виходить з можливості оперативного розрахунку абсциси полюсу повороту (ПП) комп'ютерними засобами, визначення по її величині ширини маневреного зсуву та контролю по їх значенню руху на плановій технологічній карті процесу маневрування.

Головним завданням являється оперативне визначення параметрів маневрування, абсциси ПП та ширини маневрового зсуву, під час руху і їх використання для управління судном згідно з технологічною картою процесу виконання морської операції.

Рішення головної задачі досягнуто шляхом виконання складових допоміжних задач:

- Розробка способів визначення абсциси ПП і функціональної схеми навігаційного пристрою для її розрахунку і візуалізації положення в режимі реального часу;
- Аналіз і розробка способів визначення ширини маневрового зсуву і навігаційного приладу для оперативного його розрахунку, з візуалізацією результатів;
- Аналіз систем підтримки прийняття рішення і удосконалення інверсного способу розробки сценарного плану маневрування траєкторними точками при морських операціях судна.

Об'єктом дослідження являється процес маневрування судна.

Предметом дослідження є способи визначення параметрів руху під час виконання морських операцій.

Методи дослідження. Для пошуку рішення допоміжних задач були використані наступні методи: системний підхід до розробки методики дослідження; метод прямого експерименту по верифікації запропонованої математичної моделі по визначенню абсциси ПП; дедукції для аналізу літературних джерел з метою визначення напрямків вирішення проблем оперативного отримання і розрахунку параметрів маневрування; методи планування багатофакторного експерименту й статистичної обробки експериментальних даних; методи оцінки адекватності фізичних і математичних моделей реальним процесам.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розробці нового способу визначення положення ПП по значенням існуючих навігаційних приладів, що забезпечує постійний розрахунок і візуалізацію положення ПП і ширини маневрового зсуву при русі по прямолінійним відрізкам шляху та при повороті. При цьому у роботі:

- **вперше розроблено** спосіб визначення абсциси ПП по тангенціальним швидкостям кінцівок, який відрізняється від існуючих відсутністю необхідності вводити дані для розрахунків абсциси ПП, які поступають від існуючого навігаційного приладу – доплерівського лагу, та урахуванням параметрів течії, при цьому запропонована модель визначення абсциси ПП пройшла верифікацію методом прямого експерименту;

- **вперше розроблено** спосіб визначення ширини маневрового зсуву окремо для прямолінійних відрізків шляху та для криволінійних, який відрізняється від існуючих, використанням значення абсциси ПП для розрахунків, включаючи криволінійні відрізки, та автоматичним переключенням розрахунків для прямолінійних та криволінійних відрізків шляху по значенню кутової швидкості ристання;

- **отримала подальший розвиток** методологія сценарного планування

руху інверсним способом для навігаційних цілей при заході / виході із порту, яка відрізняється від існуючої, використанням високо точного способу планування заданого шляху траєкторними точками у вигляді матриці їх координат, та використанням існуючого методу шляхових точок та даних про поворотність для їх розрахунку;

– - **удосконалено** спосіб визначення абсциси ПП по рівнодіючій діючих сил, який відрізняється від існуючих врахуванням тільки бічних сил, для чого вводять напрям і величину використовуваних управляючих сил, визначаються бічні складові і потім їх рівнодіючу, що дозволяє розрахувати абсцису ПП, значення якої використовується для управління маневруванням.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що алгоритми, розрахункові схеми і методики можуть бути використані для створення нових систем підтримки прийняття рішення, використовуючи існуючі навігаційні прилади, включаючи навігаційну систему для безвахтового управління судном.

Практичні результати дисертаційного дослідження впроваджені в науково-дослідну роботу кафедри управління судном «Удосконалення методів безпечного управління судном» (№ ДР 0117U005133, науковий керівник к.т.н., доцент Бурмака І.О.), акт від 20.03.2020 р., в навчальний процес НУ «ОМА» (акт від 26.11.2019 р.); в науково-дослідну роботу в Херсонській морській академії № 21П / 17 «Створення високоточних інтелектуальних систем управління рухом морських суден військового та цивільного призначення», наказ МОН України № 198 від 10.02.2017 р в якій автор розробив розрахункові алгоритми і контрольні приклади для перевірки програм визначення абсциси полюсу повороту і ширини маневреного зсуву (акт впровадження від 25.09.2019 р); приватним вищим навчальним закладом «Інститут післядипломної освіти» «Одеський морський тренажерний центр» для підготовки судноводіїв (акт впровадження від 25.09.2020 р).

Особистий внесок здобувача. Дисертаційна робота виконана здобувачем самостійно: проведено інформаційний пошук, забезпечено

методологічне обґрунтування, розроблена програма натурних випробувань для верифікації розробленого способу розрахунку абсциси полюсу повороту, виконана обробка отриманих результатів і сформульовані висновки, які впроваджені в науковий та учбовий процес.

Роботи [6-9,12, 15, 16] підготовлені автором одно осібно. З наукових робіт, опублікованих в співавторстві, в дисертації використані тільки ті положення які належать автору особисто: [1-4] - розробка математичних моделей, визначення абсциси ПП, ширини маневреного зсуву, розрахункових схем та контрольних прикладів; [1, 10]- планування експериментів по верифікації розроблених моделей, обробка й інтерпретація їхніх результатів, розробка розрахункових схем і впровадження удосконалених способів визначення абсциси ПП, та ширини маневреного зсуву; [5, 11, 13, 14]- розроблені розрахункові схеми та контрольні приклади; [17]- розроблена формалізована модель визначення рівнодіючої бічних сил, абсциси ПП, розрахункова схема та контрольний приклад та отримано патент; [18 - 20]- вперше розроблена формалізована модель визначення абсциси ПП по тангенціальним швидкостям кінцівок, алгоритм та контрольний приклад, отримано патенти; [21]- розроблено алгоритм та функціональна схема системи визначення причини бічного зсуву.

Апробація результатів дисертації. Основні результати і методика виконання досліджень обговорювалися і були схвалені на науково-практичних, науково – методичних та науково-технічних конференціях: науково-методична конференція «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека»: (Одеса, 14-15 листопада 2012 року.); науково - технічній конференції «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека» (Одеса 19-20 листопада 2013 року.); науково-методичній конференції «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплаванні» (Одеса, 18-19 листопада 2014 року.); 7-ої Міжнародної науково – практичній конференції (MINTT-2015) (Херсон, 26 – 28 травня 2015 року); науково - технічній конференції «Транспортні технології (морський та річковий

флот):інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація» (Одеса, 16-17 листопада 2017 року); дев'ятій Міжнародній науково - практичній конференції «Сучасні інформаційні та інноваційні технології на транспорті» (MINTT-2018), (Херсон, 23-25 травня 2018 року); науково – технічна конференція «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація» (Одеса, 15-16 листопада 2018 року); науково – технічна конференція «Транспортні технології: інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація», 14-15 листопада 2019 р.- Одеса: НУ «ОМА» 2019. - С. 221- 225.

Публікації. Основні результати дисертаційної роботи опубліковані в 24 науковій роботі (з них 3 одноосібно), зокрема: у наукових профільних виданнях, що входять в перелік МОН України – 9 наукових статей, в тому числі у закордонних наукових профільних виданнях – 2 статті; у збірниках матеріалів наукових конференцій – 10; патентів на винахід 5.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається із розширеної анотації, вступу, п'яти розділів, висновку, списку використаних джерел і додатків. Загальний обсяг роботи складає 178 сторінок, з них 131 сторінка основного тексту, 24 рисунки, 6 таблиць, бібліографія з 130 найменувань на 15 сторінках, 7 додатків на 48 сторінках.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НАУКОВИХ РОБІТ ПО БЕЗПЕЧНОМУ МАНЕВРУВАННЮ СУДЕН І ВИБІР НАПРЯМКУ ДОСЛІДЖЕНЬ

1.1. Аналіз параметрів, які описують процес маневрування судна

Термінологічні визначення безпечного маневрування морського судна включають параметри стану системи управління, які плануються і контролюються при русі судна. Особливістю процесу маневрування являється відсутність можливості планувати окремі параметри, які оперативно змінюються під час руху. Крім того, швидкоплинність зміни навігаційної обстановки, не дозволяє оператору, який управляє процесом маневрування, планувати відповідний параметр стану судна, якщо він не був запланований раніше, або контролювати декілька параметрів, які швидко міняються.

В силу описаних обставин для організації процесу управління необхідно планувати заданий алгоритм управління завчасно, до початку управління, вручну або автоматично. При неможливості виконати таку роботу завчасно, необхідно автоматизувати процес планування таким чином, щоб його можна було оперативно виконати під час управління і використовувати для контролю над параметрами стану системи. Це вимагає створення методики способу отримання величини параметра, який використовується для контролю, і навігаційної системи підтримки рішення, яка працює при управлінні.

Аналіз сучасних технічних систем, які використовуються при маневруванні показує, що вони досить складні структурно. Це вимагає застосування системного підходу як такого, який дозволяє розробляти, аналізувати і управляти роботою складних технічних систем [1]. Такий підхід дозволяє не тільки створювати змістовну і формалізовану математичну модель, а й замінювати її відповідно до зовнішніх впливів. Це особливо важливо при розумінні складних технічних систем, якими є сучасні суднові навігаційні системи управління, коли застосування їх математичного опису

неможливо або можливо лише частково [2]. Підвищення вимог до якості процесу управління маневруванням потребує автоматизації процесів обробки інформації і використання систем підтримки прийняття рішень, які підвищують оперативність.

В роботі [3] викладена сучасна теорія автоматичного управління, її принципи, математичний апарат і методи дослідження; розглянуті лінійні, нелінійні, дискретні, адаптивні та інтелектуальні системи автоматичного управління; наведено огляд історії науки про управління і тенденцій її подальшого розвитку. Але в роботі допущені термінологічні неточності відносно предмета дослідження. Чітко не вказано, що розробляється – теорія управління процесами в системі чи теорія управління автоматизацією обробки інформації в системі. Основною причиною неузгодженості являється параметрична невизначеність предмета і елементу управління, а також не досить чітке визначення зв'язків між елементами системи.

Як показано в роботі [4] використовується поняття «теорія штучного інтелекту», яке не відображає суті вирішуваних задач. Їх основний зміст полягає в тому, що при цьому автоматизують інтелектуальні функції, які використовує природний інтелект. По цій причині більш логічно розглядати дві теорії – теорія інтелекту і теорія автоматизації інтелектуальних функцій. При цьому будемо розглядати три поняття інтелекту – природний, штучний і гібридний.

На підставі аналізу існуючих формулювань поняття системи [5, 6] може бути визначене наступним чином: «Системою є сукупність елементів різної природи, об'єднаних функціональними зв'язками для виконання поставленої мети». Крім того в розглянутих роботах [3,5] не завжди виділяють об'єкт управління і існуючі інформаційні зв'язки між елементами, коли інформація від них не поступає до об'єкту управління.

В силу указаних причин виникає необхідність чітко позначити характерні точки судна, як об'єкту управління, та ієрархію параметрів, які описують процес маневрування. Для зображення характерних точок розглянемо

ватерлінію судна у вигляді прямокутника [7-11], як показано на рис.1.1. При цьому прийняті наступні скорочення: ЦУ – центр управління, точка на містку судна, де знаходиться судноводій, який оцінює положення судна окомірно, відносно прикметних орієнтирів і навігаційних орієнтирів; A_n – місце розташування приймальної супутникової антени визначення місця; K_l і K_p – крайні кормові точки лівого і правого бортів; G – центр ваги і початок осі координат; ПП – точка на лінії діаметральної площини в межах судна або за його краями, навколо якої відбувається обертання корпусу; ПР – підрулюючий пристрій; H_l, H_p – крайні носові точки лівого і правого бортів; X – вісь абсцис, позитивний напрям в сторону носа; Y – вісь ординат, позитивний напрям в сторону правого борту.

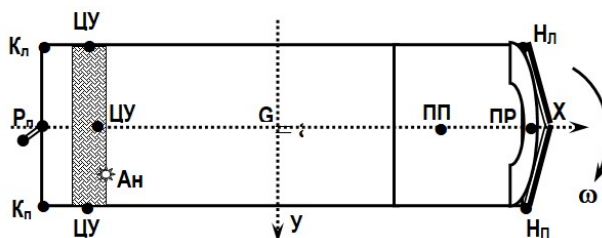


Рис.1.1. Розташування характерних точок при маневруванні

Параметри, які оцінюють процес маневрування різнопланові [12], мають різну ступінь ієрархії і вимагають опису різними змістовними чи формалізованими моделями. До таких параметрів належать: координати положення в просторі планові $(\varphi_{nl}, \lambda_{nl})$ та текучі $(\varphi_{тек}, \lambda_{тек})$; δ_p – кут перекладки руля; V_c – величина вектору швидкості судна, відповідно до режиму роботи головної силової установки, прикладена до центру ваги; ω – кутова швидкість повороту при криволінійному русі; IK – істинний курс судна, який визначає напрям прямолінійного руху; $P_{рп}$ – режим роботи підрулюючого пристрою; $L_{\perp\perp}$ – відстань між перпендикулярами ватерлінії, змінюється при різній посадці; L_{max} – представляє собою найбільшу відстань між крайніми носовими і кормовими точками корпусу і являється незмінною для даного судна.

Загальна постановка задачі управління заключається в виборі параметрів

руху судна таким чином, щоб воно безпечно перемістилось із координат відомого початкового стану (φ_0, λ_0) в кінцевий (φ_k, λ_k) . Полагаючи, що рухом судна можливо керувати в кожний момент часу t набором параметрів $u_1(t), \dots, u_n(t)$. Тоді управляючий параметр запишеться у вигляді вектору:

$$\vec{u}(t) = (u_1(t), \dots, u_n(t)). \quad (1.1)$$

Положення судна в момент часу t на траєкторії руху характеризують сукупністю параметрів координат $x_1(t), \dots, x_n(t)$ шляхових точок n . При цьому фазовий вектор руху судна може бути записаний

$$\vec{x}(t) = (x_1(t), \dots, x_n(t)). \quad (1.2)$$

Оскільки для управління використовують пристрої судна і зовнішні об'єкти, від яких залежить його пересування в просторі, набір і значення параметрів в кожний момент часу t описується управляючим параметром судна, а сам процес називають управлінням. Особливістю цього параметра являється той факт, що координати в момент часу t залежить від того, яка величина вектору управління $\vec{u}(t)$ була до цього і не залежить від поведінки в майбутньому. Зазвичай залежність вектору фазового стану $\vec{x}(t)$ від управління $\vec{u}(t)$ описують диференціальним рівнянням

$$\dot{x} = f(t, x, u). \quad (1.3)$$

Тоді траєкторію $\vec{x}(t)$ описують рішенням диференціального рівняння

$$\dot{x} = f(t, x, \vec{u}(t)). \quad (1.4)$$

При цьому управління $\vec{u}(t)$ має обмеження, які витікають із характеру пристрою. Наприклад для руля обмеження перекладки руля яке лежить в межах $\pm 35^\circ$.

Виходячи з практичних потреб перехід бажано виконувати як можна швидше і з найменшими економічними витратами. Для цього необхідно кожному допустимому управлінню $\vec{u}(t)$ на заданому відрізку часу $[t_0, t_n]$ і відповідній траєкторії руху $\vec{x}(t)$ знайти деяке число J , яке оцінює якість пари

$\vec{u}(t)$ і $\vec{x}(t)$, тобто заданий критерій якості $J(\vec{u}(t), \vec{x}(t))$:

$$J(\vec{u}^{\otimes}(t), \vec{x}^{\otimes}(t)) = \min J(\vec{u}(t), \vec{x}(t)). \quad (1.5)$$

де $\vec{u}^{\otimes}(t)$ - допустиме управління; $\vec{x}^{\otimes}(t)$ - мінімальна траєкторія.

Другим критерієм якісного управління є спосіб вибору і розрахунку параметрів руху. Некерований вплив зовнішніх факторів повинен враховуватися при назначенні параметру заданого управління. В залежності від способу розрахунку управляемого параметру та визначення поправок на вплив зовнішніх факторів розрізняють чотири способи управління: курсовий, курсовий з урахуванням зовнішніх факторів; курсовий з визначенням координат місця; курсовий комбінований [13-21].

Коротко визначимо алгоритм роботи судноводія, при використанні кожного із способів. Вихідними даними будемо рахувати координати пункту відходу та приходу. При курсовому способі судноводій розраховує істинний курс із пункту відходу в пункт приходу, додає поправку компаса і отримує заданий компасний курс

$$KK_{зад} = IK + \Delta K. \quad (1.6)$$

При використанні цього способу заданий курс не міняється протягом переходу. При використанні курсового з урахуванням зовнішніх факторів визначають параметри збурення, кути дрейфу α , зсуву від течії β і розраховують $KK_{зад}$

$$KK_{зад} = IK + \Delta K + \alpha + \beta, \quad (1.7)$$

який зберігається протягом всього переходу.

При використанні курсового способу з визначенням місця судноводій визначає $KK_{зад}$ по формулі (1.6) і зберігає його протягом всього переходу до моменту визначення місця. Після цього, в залежності від бокового зсуву, перераховують нове значення $KK_{зад1}$.

При використанні курсового комбінованого способу спочатку розраховують $KK_{зад}$ по формулі (1.7), а потім перераховують при визначенні місця. Найбільш економічним являється такий спосіб, але він

використовується не часто, оскільки на судні не завжди існує навігаційний пристрій для розрахунку вітрового дрейфу і невідомі дані про течію.

Особливість вибору для використання способу полягає в існуючій методології планування переходу, яка використовується згідно рекомендацій судноводіям [13-16, 19, 21], які поміщені в державних і міжнародних нормативних документах по навігаційному забезпеченню судноплавства. Суть вимог указаних документів заключається в наступному. Планування необхідно виконувати від причалу порту відходу до порту приходу у вигляді координат шляхових точок (ШТ) і вводити в навігаційний пристрій визначення місця у вигляді таблиці, з деталізацією курсів і відстаней між ними. Такий спосіб не враховує криволінійних відрізків шляху, які існують при повороті із одного курсу на наступний, і ширини маневрового зсуву.

Однак в останній час появились [22-25] роботи, які дозволили змінити підхід до планування шляху переходу. Суть таких змін заключається в наступному. Весь шлях переходу розділено на 3 частини: від причалу порту відходу до місця висадки лоцмана; від місця висадки лоцмана до точки прийому лоцмана для заходу в порт; від місця прийому лоцмана до причалу порту приходу. Для переходу шлях складається із прямолінійних і криволінійних відрізків, які розділені точками початку і закінчення повороту, причому судно ніколи не пройде через ШТ. Для заходу і виходу із порту пропонується складати судновий навігаційний план лоцманської проводки, який на відміну від існуючого лоцманського, може бути використаний для вирішення навігаційних задач.

Другою особливістю підходу являється необхідність високоточного планування заданого шляху траєкторними точками (ТТ), який представляють у вигляді матриць координат прямолінійних і криволінійних відрізків шляху [24,25]. Існуючі навігаційні пристрої не дозволяють виконувати високоточне оперативне планування і визначення координат центра ваги.

Для контролю над процесом маневрування необхідно визначати місце за допомогою технічних засобів, нанести їх на карту, і оцінити відхилення від

заданого шляху. При значному відхиленні необхідно виконувати перепланування шляху. Збільшення часу на таку процедуру призводить до запізнення прийняття рішення по маневруванню, або призводить до необхідності використання окомірного порівняльного способу оцінки стану судна і прийняття рішення по маневруванню. При цьому судноводій змушений обробляти інформацію про другі параметри управління процесом судноплавства, що призводить до необхідності використання розумових здібностей і затримці прийняття рішення.

1.2. Аналіз причин аварійності при маневруванні морських суден

Безпека процесу маневрування визначається інтелектуальними діями людини оператора, який управляє рухом судна. Першим, і найбільш важливим шагом судноводія, який визначає безпеку маневрування, являється якісне планування заданого шляху, з урахуванням маневрених характеристик, зовнішніх впливів, включаючи інтенсивність судноплавства. Другим, по своєму впливу являється вибір способу управління рухом, адекватного екстремальним умовам плавання і його здібність своєчасно коригувати неприпустиме відхилення від планового шляху. Його дії визначаються сенсорними, логічними або «моторними» помилками, допущеними при управлінні, які призводять до аварії.

Морські судна близько 80 % ходового часу проводять у відкритому морі і близько 20 % в екстремальних умовах обмежених вод. Однак число аварійних пригод в екстремальних умовах складає більше 90 % від загальної їх кількості.

Визначення причин події і розробка заходів щодо недопущення надалі можуть бути виконані використанням двох шляхів: статистичним аналізом узагальнених причин події; детальним аналізом хронології події, алгоритму дій судноводія при управлінні процесом маневрування. Статистичний аналіз не дозволяє встановити конкретну причину аварії, а дозволяє говорити тільки

про вид події.

Детальний аналіз події включає перевірку змістовної моделі системи управління, склад її елементів, а також аналіз прямих, зворотних і локальних зв'язків, при наявності заданого алгоритму роботи системи.

В роботі [26] виконано аналіз поведінки і дій капітанів, які керують експлуатацією суден. Відзначається, що навіть самі сумлінні і відповідальні капітани не в змозі слідувати всім правилам і нормативам безпечної роботи. Це обумовлено відсутністю достатнього узгодження трьох складових частин процесу - зовнішніх обмежень, чинників руху і психофізіологічних характеристик людини оператора (ЛО), як елементу системи.

Обґрунтування способів і засобів, для реалізації безаварійного мореплавання вироблено в роботі [27]. Однак аналіз причин аварійних подій виконаний недостатньо. З цієї причини розглянуті пристрої і запропоновані способи не є адекватними, а використовувані засоби недостатні для забезпечення гарантованої навігаційної безпеки.

Новим напрямком забезпечення безаварійного маневрування є створення локальних портових високоточних навігаційних систем управління і зв'язку [28]. Такі системи дозволяють оперативно визначати параметри положення і руху судна в екстремальних умовах портових вод. Однак вони не є системою підтримки прийняття рішень і вимагають додаткового часу на обробку інформації і прийняття рішення.

В роботі [29] наведені способи організації швартових операцій на рейдових стоянках великотоннажних танкерів в Феодосійській затоці. Однак планування траєкторії руху і питання використання буксирів при маневруванні не розглянуть.

В роботі [30] відзначається, що середній вік суден внутрішнього та змішаного плавання збільшується. Високий показник «вікової» складової суден відноситься до об'єктивних характеристик і визначає високий рівень аварійності. Крім технічних причин, аналіз подій показує непідготовленість екіпажів до роботи в аварійних ситуаціях при відмові суднових засобів

управління і пристроїв, що забезпечують рух.

У збірнику нормативних документів [31] наведені вимоги до змісту підготовки морського лоцмана і лоцмана оператора, а також кваліфікаційні вимоги до їх компетенції в нормативних документах міжнародної морської організації (ММО). Однак до теперішнього часу не вирішено питання документування дій лоцмана при проводі судна, організації взаємодії лоцмана і капітана і відповідальності при подіях, що значно ускладнює процес розслідування.

У роботах [32, 33] відзначається, що у виключній економічній зоні України обладнання водних шляхів недостатньо, для організації безаварійного плавання. Кількість контрольних коригувальних станцій супутникових систем недостатнє, для визначення місця судна високоточними способами і забезпечення нормальної роботи автоматизованих ідентифікаційних систем (AIC). Для зменшення аварійності пропонується створення регіональних систем навігаційної безпеки і підвищення рівня підготовки операторів містка і фахівців берегових навігаційних систем, які дозволять зменшити аварійність за рахунок посадки на міліну.

У роботах [34, 35] підкреслено, що в практиці експлуатації спостерігаються випадки, коли капітан передоручає управління судном лоцманові. Якщо при цьому виникають події, то капітана звинувачують в тому, що він не контролював його роботу. Тим часом процес руху і управління швидкоплинний і часто не вистачає часу для обговорення прийнятих рішень, що змушує капітана готуватися до плавання в обмежених умовах досить ретельно. Запропоновано методику оцінки узгодженості факторів руху і характеристик оператора.

В процесі алгоритмізації діяльності судноводія на основі критерію узгодженості його психофізіологічних характеристик і факторів судноводіння виділені три режими оперативного управління - підготовка процесів судноводіння, процес їх виконання та морські операції при їх завершенні. Однак питання організації команди містка і розподіл обов'язків

при управлінні процесом маневрування розглянуті не в повній мірі.

В роботі [36] наведено методологічні аспекти проведення науково-технічної експертизи аварійної ситуації, встановлення причин його виникнення і розробку заходів щодо попередження подібної події в майбутньому. Експертиза виконується шляхом аналізу структури системи управління і роботи прямих, зворотних і локальних зв'язків та хронології протікання інциденту. Такий підхід дозволяє чітко визначити причину аварійної пригоди і шляхи попередження подібних випадків в майбутньому.

В роботі [37] виконано аналіз аварійних подій, що відбулися з 1991 року по травень 2010 року, з суднами обмежених районів плавання (СОРП). Всього розглянуто 441 аварія та інциденти з СОРП. Спостерігається стійке зростання аварійності для суден старше 10 років з піком катастроф для суден з віком 25-30 років. Значна частина аварій відбувається з суднами старше 20 років. Із загальної кількості 91 судно загинуло. Серед основних причин загибелі є порушення технології перевезення вантажів, некваліфікована робота команди містка і відмова суднових механізмів, які забезпечують рух і управління. При цьому із навігаційних випадків найбільш частими являється посадка на мілину і зіткнення.

В роботі [38] відзначається, що застосування директивних правил і приписів використання систем управління рухом дозволяє виявити ряд потенційних небезпек спільно з рівнем ризику їх впливу на них. Стверджується, що зменшення числа аварійних подій може бути досягнуто за рахунок вдосконалення директивних правил і приписів.

В роботі [39] виконано розробку теоретичних передумов для організації безаварійного судноводіння, що забезпечує рішення науково-практичної проблеми гарантованого безпечного управління судном при маневруванні. Висунуто гіпотезу про можливість забезпечення безаварійного маневрування шляхом підвищення точності планування траєкторії, цілеспрямованості при ухваленні рішення по управлінню і використанню алгоритмів операторської діяльності для підвищення його швидкодії.

Отримані наукові результати є рішенням наукової проблеми створення теоретичних основ судноводіння і розробки адаптивних систем безпечного управління маневруванням. Однак питання підготовки команди містка до роботи при аваріях розглянуті не були.

В роботі [40] відзначається, що прогнозування ризиків дозволяє зменшити аварійність суден. Це можливо досягти шляхом аналізу існуючих, а також достовірної оцінки потенційно можливих ризиків для управління ними. Однак конкретної методології оцінки ризиків та підготовки команди містка для їх попередження в роботі не наводиться.

У роботах [41, 42] відзначається, що аварії відбуваються через низьку професійну підготовку судноводіїв та їх психологічної нестійкості в екстремальних умовах плавання. Для підвищення надійності роботи системи управління запропонована модель механізму самоконтролю процесу сприйняття і обробки навігаційної інформації, включи планування до початку маневрування. Однак формування такої стійкості не наведена.

В роботі [43] відзначається, що середньосвітова кількість суден обмежених районів плавання за 1991 -2010 роки досягло рівня 5000 суден на рік. Зниження рівня аварійності можливо при забезпеченні системного підходу на всіх стадіях життєвого циклу судна - проектування, будівництва і експлуатації. Однак роль екіпажу судна, при експлуатації і рівень його кваліфікації не розглядається. Розглянуто спільне завдання формування методологічної бази застосування теорії катастроф для вирішення складних завдань геометричної і аналітичної інтерпретації інформації при дослідженнях динаміки складних систем, що функціонують в умовах невизначеності. Зазначена задача зведена до опису поведінки судна як системи що само організується, вирішення якої можливе лише на основі синергетичної парадигми і сучасних обчислювальних технологій, що базуються на методах штучного інтелекту.

В роботі [44] розглянуто вплив інформаційної складової на забезпечення безаварійної експлуатації морських суден. Для структуризації різних видів

повідомлень запропонована класифікація смислових категорій потоків інформації щодо структури та змісту і виконано їх дескриптивне моделювання та дослідження. Однак трансформація інформаційного простору при аварійному стані не було досліджено.

В роботі [45] підкреслено що, незважаючи на постійний розвиток методів, способів і технічних засобів забезпечення безпеки мореплавання, в морі щорічно зазнає аварії більше 200 великих суден і гине понад 2 000 чоловік, втрачається понад мільйон тонн вантажів, в морське середовище потрапляють різні забруднюючі речовини. Основними причинами аварійних випадків є помилки судноводійного складу при управлінні судном, низька кваліфікація членів екіпажів суден, недостатній технічний стан навігаційних пристроїв, що забезпечують рух і управління.

В роботі [46] відзначається, що оснащеність судна інформаційними, інформаційно-обчислювальними і експертними системами потребує всебічної та спеціалізованої підготовки морських фахівців.

У таких системах ЧО є самою не передбачуваною ланкою. Його поведінка в екстремальних умовах при маневруванні під час виконання морських операцій залежить від його психофізичних характеристик. Тому необхідно мінімізувати наслідки від невірно прийнятого рішення членів команди містка на загальний стан безпечної експлуатації судна. Однак методи забезпечення підготовки для роботи в таких умовах не запропоновані.

Аналіз розглянутих літературних джерел показує, що технологія командного управління судном в екстремальних умовах при виникненні аварійних ситуацій для безпечного маневрування розроблена недостатньо.

1.3. Огляд літературних джерел відносно шляхів організації безпечного маневрування суден

Подальше вдосконалення системи організації безпечного управління маневруванням морських суден повинно базуватися на двох напрямках – виконання вимог до динамічних характеристик морського транспортного

засобу згідно з нормативними документами національних і міжнародних морських організацій; належне навігаційне – гідрографічне обладнання судноплавних шляхів.

На відміну від завдань навігації, при управлінні маневруванням судна розглядати його як матеріальну точку не представляється можливим. По цій причині при маневруванні судно розглядають як тверде тіло, положення якого описують координатами ЦВ G і кінематичними параметрами руху.

При моделюванні руху використовують два способи опису диференціальними рівняннями: переміщенням в морському просторі по географічним координатам; управління утриманням судна на курсі кутom δ перекладки руля по параметрам рискання і кутовій його швидкості.

Традиційно [47-51] при описі руху судна в просторі положення G характеризують координатами $X(t), Y(t)$ і $Z(t)$, кутову орієнтацію значеннями трьох кутів Ейлера $\Theta(t), \phi(t)$, і $\psi(t)$, а стан судна описують 12 кінематичних параметрів руху. Для такого опису використовують три системи координат: нерухому геоцентричну, пов'язану з Землею і прямокутну $O\xi\eta\zeta$.

Площини $O\xi\eta$ і GXY співпадають з площиною води і рахуючи, що центр ваги знаходиться в площині мідель –шпангоута, диференціальне рівняння в пов'язаній з судном системі координат, мають вигляд [47, 48]:

$$\left. \begin{aligned} & (m+\lambda_{11}) \cdot \frac{dV}{dt} \cos \alpha_n - (m+\lambda_{11}) \frac{d\alpha_n}{dt} \cdot V \cdot \sin \alpha_n + (m+\lambda_{22}) \cdot V \times \\ & \times \omega \cdot \sin \alpha_n - \lambda_{26} \cdot \omega^2 = R_{ax} + R_{px} + R_{zx} + P_e + \sum R_x; \\ & (m+\lambda_{22}) \cdot \frac{dV}{dt} \sin \alpha_n - (m+\lambda_{22}) \frac{d\alpha_n}{dt} \cdot V \cdot \cos \alpha_n + (m+\lambda_{11}) \cdot V \times \\ & \times \omega \cdot \cos \alpha_n + \lambda_{26} \cdot \frac{d\omega}{dt} = R_{ay} + R_{py} + R_{zy} + R_e + \sum R_y; \\ & (I_z + \lambda_{66}) \cdot \frac{d\omega}{dt} - (\lambda_{11} - \lambda_{22}) \cdot V^2 \cdot \sin \alpha_n \cdot \cos \alpha_n + \lambda_{26} \cdot V \cdot \omega \cdot \cos \alpha_n - \\ & - \lambda_{26} \cdot V \cdot \frac{d\alpha_n}{dt} \cos \alpha_n - \lambda_{26} \cdot \frac{dV}{dt} \sin \alpha_n = (R_e + R_{py}) \cdot \ell_p + M_r + M_a + \sum M. \end{aligned} \right\} \quad (1.8)$$

При початкових умовах $t=0, \xi_0, \eta_0, \psi_{k0}$ вирази для розрахунку

параметрів стану переміщення судна на площині приймають вигляд де t – час; P_e – сила упору гвинта; R_e – бокова сила гвинта; R_{gx}, R_{ax}, R_{px} – поздовжні складові гідродинамічної, аеродинамічної сил і сили на рулі; R_{gy}, R_{ay}, R_{py} – поперечні складові тих же сил; $M_r, M_a, M_{bc} ((R_e + R_{py}) \cdot \ell_p)$, M_p – моменти гідро- і аеродинамічної сил, бокової сили гвинта і руля; $\lambda_{11}, \lambda_{12}, \lambda_{26}, \lambda_{66}$ – приєднані маси корпусу судна; $\Sigma R_x, \Sigma R_y, \Sigma M$ – додаткові сили і моменти обумовлені роботою буксирів, швартовних кінців, підрулюючих пристроїв, від взаємодії корпусу судна з причалом.

Ліві частини системи рівнянь (1.8) відповідають інерційним силам в найзагальнішому вигляді, а праві неінерційним. Однак при практичному визначенні неінерційних сил прикладених до корпусу, вони, як правило, включають в себе складові інерційної природи, конкретний вид яких:

$$\left. \begin{aligned} \xi &= \xi_0 + \int_0^t V \cdot \cos(\psi_k - \alpha_n) dt; \\ \eta &= \eta_0 + \int_0^t V \cdot \sin(\psi_k - \alpha_n) dt; \\ \psi_k &= \psi_{ko} + \int_0^t \omega \cdot dt. \end{aligned} \right\} \quad (1.9)$$

де ξ_0, η_0 – координати центру ваги в початковий момент часу $t=0$;

ψ_{ko} – початковий курс судна.

В основі роботи авторульового лежить пропорційний – інтегральний диференціальний (ПІД) закон управління [51, 52]:

$$u(t) = K_C \left[K_p \varepsilon(t) + K_d \frac{d\varepsilon(t)}{dt} + K_i \int \varepsilon(t) dt \right], \quad (1.10)$$

де $u(t)$ – сигнал управління; $\varepsilon(t)$ – сигнал похибки; K_p – коефіцієнт пропорційного каналу; K_d – коефіцієнт диференційного каналу; K_i – коефіцієнт інтегрального каналу; K_C – загальний коефіцієнт підсилення системи.

Такий підхід був запропонований ще на початку минулого століття [53 - 55] і практично не зазнав змін. Очевидним недоліком такого закону

управління є необхідність пере налаштування параметрів управління (зазвичай K_d і K_C) при зміні умов плавання, що в разі не адаптивних авторульових є додатковим обов'язком судноводія.

Система автоматичного управління рухом судна на курсі з не адаптивним авторульовим, які працюють за ПІД - законом, зазвичай представлена у вигляді структурної схеми, наведеної на рис. 1.2 [52 - 59].

Представлена система працює по відхиленню і є в цьому сенсі класичною системою автоматичного управління зі зворотним зв'язком.

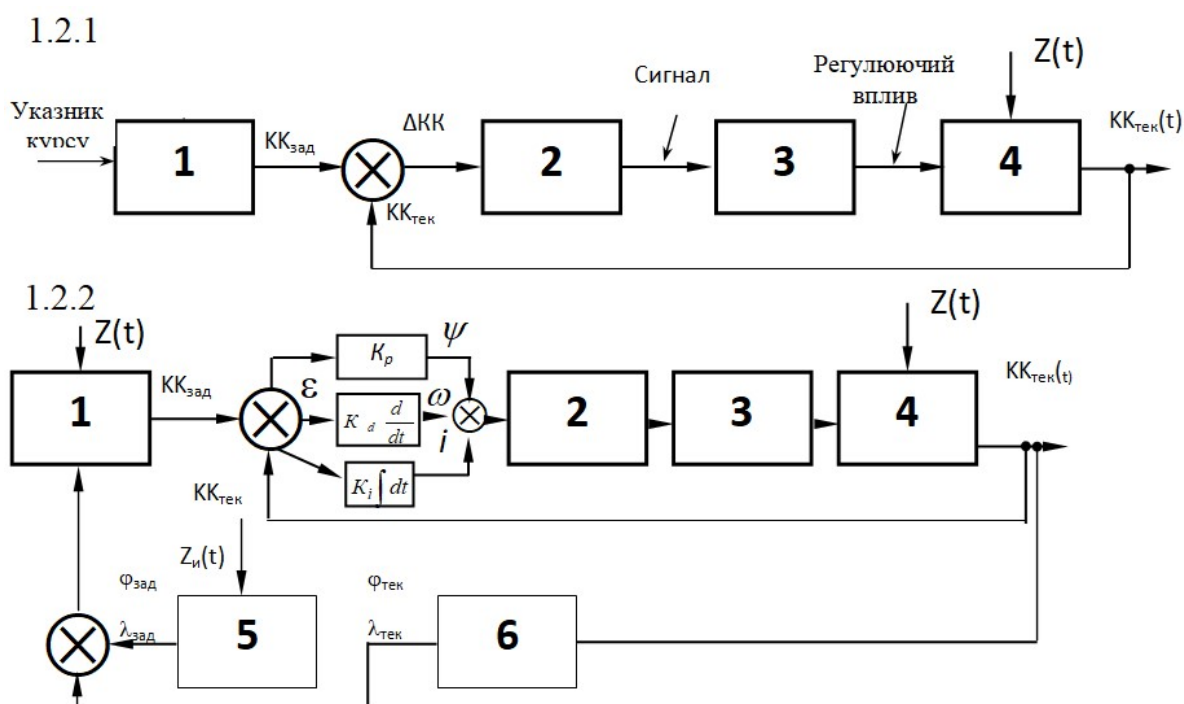


Рис.1.2. Схеми систем управління курсом і положенням судна

Позначення: 1 задатчик курсу, 2 – інформаційно-управляючий пристрій, 3 – засіб управління, 4- об'єкт управління, 5 – система планування траєкторії, 6 – пристрій оцінки текучих координат. 1.2.1. – система управління курсом. 1.2.2. – система управління положенням.

Остання на судах реалізується за допомогою показчика курсу (зазвичай гірокомпасу). Така система налаштовується на різні умови плавання, проте більшість алгоритмів є наближеними, що призводить до погіршення якості управління [56].

Регулятори, побудовані на підставі нейронних мереж і нечіткої логіки,

розглянуті в роботах [57-62]. Найбільші можливості по управлінню рухом судна надають сучасні електронні адаптивні авторульові, засновані на теорії адаптивного управління. Вони здатні змінювати закон управління курсом залежно від завантаження і швидкості судна, а також зовнішніх умов, реалізуючи закладений в них критерій оптимальності. Однак таке управління має недоліки: наявність не завжди коректної моделі об'єкта управління; тривалий час пошуку критерію оптимальності; недоліки і обмеження існуючого ПД - закону управління.

Описані в літературі методи вдосконалення існуючих способів управління рухом судна стосуються або модернізації ПД - алгоритму і введення в нього самонастроювання, або відмови від нього на користь інших методів управління. Останні в більшості своїй вимагають апріорного знання динаміки керованого об'єкта, тобто засновані на вбудованій аналітичній моделі судна. Мінливі умови плавання і, як наслідок, зміна динаміки самого судна призводять до невідповідності об'єкта управління своїй вбудованій моделі, в результаті чого якість управління на курсі погіршується і не може вважатися оптимальною.

Однак питання їх використання при вирішенні завдань управління рухом судна розроблені недостатньо, що, на думку автора, дозволяє вважати цей напрямок досліджень перспективним і актуальним.

Відповідно до класифікації, наведеної в [63], адаптивні авторульові розділені на два класи: які використовують відомості про гідродинамічні характеристики судна при різних умовах плавання і такі, що використовують еталонну модель судна на спокійній воді.

Недоліком пристроїв першого класу є необхідність зберігати в пам'яті ЕОМ відомості про параметри моделі, які необхідно визначати при натурних спостереженнях. Однак натурні випробування є дорогими і не завжди можуть бути проведені.

Використання авторульових другого класу викликає проблеми налаштування параметрів таким чином, щоб його поведінка була адекватною

еталонній моделі судна. Невідповідність його реакції призводить до не виправдано великої кількості перекладань руля, і управління є далеко не оптимальним.

Синтез моделі системи регулятора зазвичай виконують в два етапи [64 - 70] - ідентифікація моделі та вибір структури її елементів.

Методика ідентифікації коефіцієнта передачі, постійної часу і збуреного моменту наведені в [71 - 72], однак зазначені методики мають низьку точність визначення параметрів моделі.

Синтез структури та вибір параметрів моделі на підставі ідентифікації коефіцієнтів моделі судна розглянуто в [67, 72]. Перевагою запропонованих способів є відсутність необхідності тривалих натурних випробувань, а певні значення зберігаються в базі даних і повторно використовуються в подальшому. Таким чином, виникає необхідність ідентифікувати параметри моделі судна, причому вона повинна бути автоматичною.

Рішення задачі автоматичної ідентифікації параметрів судна розглянуто в роботах [62, 64-66]. Однак вони мають низьку точність, коли похибка визначення постійної часу судна при моделюванні становить близько 10%.

Ідентифікацію параметрів моделі Номото першого порядку в [73] виконано при рішенні диференціального рівняння руху судна:

$$\begin{cases} \dot{\psi} = \omega \\ \dot{\omega} = -\mu \cdot \omega + \mu \cdot \kappa \cdot \delta_p + m_d \\ \dot{\delta}_p = -\mu_g \cdot \delta_p + \mu_g \cdot u \end{cases}, \quad (1.11)$$

де ψ - кут рискання, ω - кутова швидкість рискання, δ_p - кут перекладки руля, $\mu = 1/T$ - величина зворотна постійній часу судна, κ - коефіцієнт передачі, μ_g - величина зворотна постійній часу рульового приводу, u - управляючий вплив, m_d - збурюючий вплив.

Модель Номото другого порядку визначається рівнянням [51]:

$$T_I T_{II} \frac{d^2 \omega}{dt^2} + (T_I + T_{II}) \frac{d\omega}{dt} + \omega + H(\omega) = k \delta_c + k T_{III} \frac{d\delta}{dt}, \quad (1.12)$$

де ω – кутова швидкість повороту судна; δ_p – кут перекладки руля; $H(\omega) = \nu_2 \omega^3 + \nu_1 |\omega| \omega$ – нелінійна функція управляємості судна; T_I , T_{II} , T_{III} , k , ν_2 , ν_1 – параметри моделі. Для теоретично нестійких суден $T_I < 0$, $K < 0$, $\nu_1 < 0$, а $T_{II} > 0$, $T_{III} > 0$. Знак ν_2 залежить не тільки від його стійкості але і від виду діаграми управляємості судна при великих кутах перекладки руля.

В роботі [51] для моделі Номото другого порядку отримані співвідношення між параметрами моделі, однак вони не дозволяють отримати відповідні залежності для розрахунку необхідних коефіцієнтів. Визначення параметрів моделі другого порядку пропонується виконувати чисельними методами, шляхом мінімізації відповідного критерію. Незважаючи на те, що такий метод дає підходящі результати, він характеризується необхідністю розрахунків великих обсягів масивів даних. Тому він являється складним при реалізації в адаптивних авторульових.

Обґрунтування припущень, структури і складу моделей (1.9)-(1.12) приведені в роботах А.Д. Гофмана[47], Л.Л. Вагущенко[51], Г.В. Соболева [72], С., Ченга [74], Інуї [75], Ю.І. Буріменко [76] і других авторів.

Відмінною особливістю зазначених моделей є припущення, покладені в основу їх побудови, характер залежності опору від швидкості, зміна сили упору гвинта в процесі його реверсування і конкретні методи обчислення сил, плечей і моментів.

В роботі [77] розглянуті змістовні і формалізовані моделі поведінки судна на хвилюванні і наведені практичні рекомендації щодо вибору режиму руху при зустрічному і попутному хвилюванні.

В роботі [78] виконана параметрична ідентифікація моделі отримання повороту судна з використанням нейронних мереж, що дозволило отримати двох параметричну залежність в одній функції. Наведено обґрунтовані рекомендації про доцільність використання для отримання повороту кутів перекладки не більше 15° . Із зазначених робіт слід відзначити, що для

характеристики повороткості судна використовується діаграма керованості, яку представляють зазвичай у вигляді залежності $\varpi(\delta)$.

Разом з тим, в даних роботах спостерігається певна різниця в підходах до проблем відображення процесів маневрування на різних етапах «життєвого» циклу судна. Тому, маневрені і характеристики керованості не мають достатнього інформаційного забезпечення.

Судно, як об'єкт управління, на перехідних режимах поводить себе як коливальна ланка з пере регулюванням і асимптотичним загасанням [9].

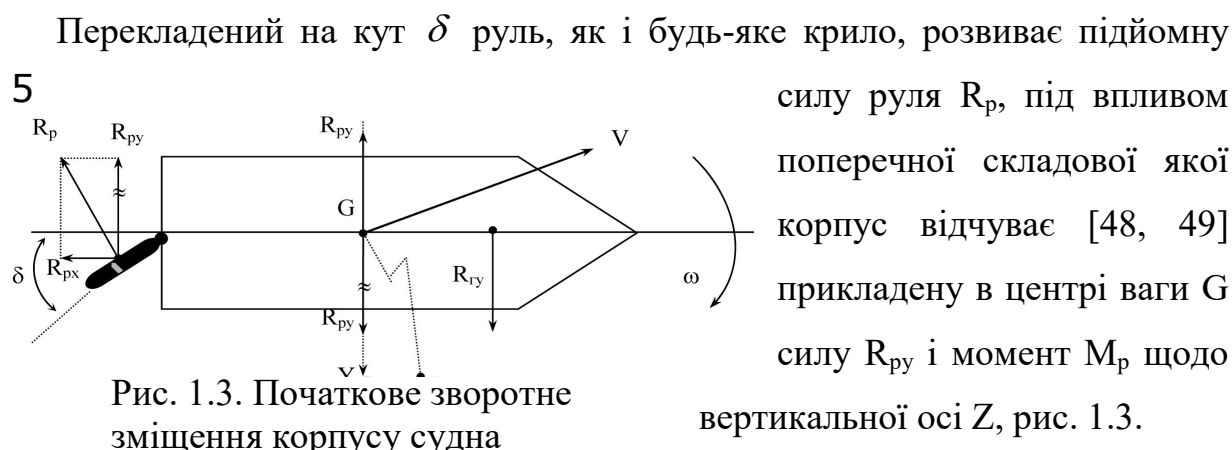
Зміна кутової швидкості судна в значній мірі залежить від техніко-експлуатаційних характеристик рушійного - рульового комплексу [47-50]. Зазвичай, для оцінки залежності параметрів руху судна від характеристик корпусу використовуються корпусні діаграми. При цьому розглядають корпусні діаграму першого і другого роду. Найбільш раціональною формою корпусних діаграм керованості є діаграма, що характеризує рух судна на сталій циркуляції, побудована в функції безрозмірної кутової швидкості.

Ефективність ДРК, як засобу управління, оцінюють його здатністю [73] забезпечити судну виконання запланованого маневру, включаючи екстремальні режими його використання. При цьому для дослідження руху постійним курсом, умовно вважають, що судно рухається з постійною швидкістю. В такому випадку ефективність ДРК оцінюють величиною поперечної сили. Зручність такої оцінки полягає в тому, що характеристика представляється у вигляді одно параметричної залежності коефіцієнта поперечної сили на рулі, яка не пов'язана з маневруванням судна і параметрами його руху. В реальних умовах рух судна постійним курсом з дуже малими перекидками руля $2-3^\circ$ можливо тільки в тиху погоду. В умовах маневрування кутова швидкість і кут дрейфу швидко зростають, і лінійні одно параметричні залежності $C_{yR}(\delta) = \partial C_{yR} / \partial \delta$ перестають відповідати дійсності.

Другим параметром, який визначає кінематичні характеристики судна, є швидкість перекидки руля. Вона нормується Регістром судноплавства (РС) і

міжнародною морською організацією (ММО). В процесі експлуатації судна цей параметр змінюється, і по його значенню [77] можна судити про технічний стан рульової машини.

За момент початку повороту прийнято вважати час віддачі команди на перекидку руля. Проходження команди займає 2-3 с, після чого починається перекидка руля на заданий кут [48, 49].



У перший період після початку циркуляції під впливом поперечної сили R_{ry} виникає кут дрейфу, і ЦТ судна набуває рух у зовнішню сторону циркуляції. Відбувається зворотне зміщення. При цьому на корпусі також з'являється підйомна сила - поперечна сила R_{gy} , спрямована всередину циркуляції.

З цієї причини технічні характеристики рульового пристрою нелінійні і безпосередньо впливають на характеристики стійкості і повороткості судна. Це проявляється в екстремальних умовах, коли відбувається істотне зменшення акваторії для маневрування, обмеження по можливості відхилення від шляху і значне скорочення часу на обробку інформації.

В роботі [79] розглянуті змістовні моделі маневрування при виконанні морських операцій в умовах обмеженого простору на судах змішаного плавання. Однак формалізованих моделей і методики обліку даних про маневрені властивості при плануванні руху не наведено.

В роботі [80] запропонований графічний метод обліку характеристик повороткості при побудові криволінійних траєкторій, однак формалізованих моделей запропоновано не було, що стримувало його впровадження в практику судноводіння. У роботах [81, 82] були розроблені формалізовані

моделі побудови криволінійних траєкторій, однак виявилось, що даних про характеристики повороткості для планування траєкторії руху на судні немає.

В роботі [83] розглянуто методику графічного обліку течії при плануванні повороту, шляхом використання маневреного планшета для розрахунку кутів зносу. В роботі [84] розглянута техніка виконання повороту в умовах обмеженого простору з використанням керуючих впливів з запасом, який необхідний для коригування руху, якщо запланований маневр невдалий.

У роботах [85-89] отримано аналітичні вирази, що дозволяють врахувати динаміку судна при розрахунку швидкості руху при розбіжності з небезпечно зближується метою. Вирази носять універсальний характер і як приклад отримані результати для заданої динамічної моделі руху судна. Однак алгоритм роботи оператора не наведено.

Для того щоб вибрати швидкість руху, яка б відповідала існуючим умовам плавання і маневрені властивостями судна необхідно виробити критерій, який зменшить альтернативи, що впливають на прийняття рішення.

Обґрунтування методики вибору виду маневру і алгоритму дій судоводія при призначенні екстреного управління розглянуто в роботі [90]. Негайна зупинка судна можлива тільки тоді, коли швидкість менша від тієї, при якій головний двигун упевнено запускається на задній хід.

З урахуванням вищевикладеного, а також використовуючи методику планування траєкторії інверсним способом [90, 91], що визначають при призначенні безпечної швидкості в роботі прийняті три фактори: швидкість впевненого реверсування; дальність впевненого виявлення небезпеки і маневрені характеристики судна.

Запропонований [90] алгоритм і модель вибору безпечної швидкості ґрунтується на порівнянні відстані до небезпеки в момент, коли вона виявлена, з характеристиками власного судна і урахуванням часу, необхідного для прийняття рішення і його виконання. Запропонована методика не містить алгоритмів для розрахунку безпечної швидкості, а включає тільки розробку формалізованої моделі.

Запропонована методика не містить алгоритмів для розрахунку безпечної швидкості, а включає тільки розробку формалізованої моделі.

В роботі [92] отримано аналітичні вирази для розрахунку граничних значень часу і курсу ухилення судна при небезпечному зближенні з рухомими об'єктами, часу і курсу повороту для руху по програмної траєкторії. Також отримано вираз для розрахунку часу досягнення програмної траєкторії.

У роботах [93- 95] розроблений новий підхід до аналітичного розрахунку характеристик активного гальмування судна. Виключаються традиційні три етапи гальмування. Розрахунок ведеться безперервно від моменту подачі сигналу в машинне відділення до повної зупинки судна.

В роботі [96] наведені відомості про перевірку моделей поворотності суден береговими системами на фарватері Бузького - Дніпровського - Лиманного каналу. Результати спостережень передбачається використовувати в автоматизованих керуючих - інформаційних системах постів управління рухом суден для визначення умов проходження морських суден по каналу. Однак методика використання результатів не наводиться.

В роботі [97] отримані векторні диференціальні рівняння, які описують рух твердого тіла з шістьма ступенями свободи з постійною масою. Вони дозволяють моделювати процес маневрування судна, але позбавлені недоліків, властивих скалярним диференціальним рівнянням з приєднаною масою. Однак блок-схема алгоритмів розв'язання рівнянь і перелік вихідних даних для їх практичного використання не наводяться.

Однак в розглянутих роботах відсутні: дослідження особливостей маневрування судна при багато операційному управлінні; регламентування порядку взаємодії лоцмана і капітана при управлінні судном; дослідження та рекомендації по автоматичному плануванні і контролю безпечної траєкторії.

Останнім часом в якості альтернативи традиційним методам теорії управління висловлюються ідеї застосування методів і моделей, заснованих на досягненнях теорії штучного інтелекту, зокрема нечіткої логіки і штучних

нейронних мереж. Однак питання їх використання при вирішенні завдань управління в літературі поки висвітлені мало. Недостатньо висвітлені питання використання змістовних і формалізованих моделей при екстремальних умовах і аварійному стані судна, та способи удосконалення роботи системи управління маневруванням за рахунок організації додаткових прямих та локальних інформаційних зв'язків.

1.4. Вибір напрямку наукових досліджень процесу маневрування

Незважаючи на значне удосконалення навігаційних пристроїв, які використовуються для організації процесу маневрування, людина оператор (ЛО) зберігає свою визначальну роль при управлінні рухом судна. При цьому зберігається значення окомірного особу визначення відстаней до навігаційних знаків, шляхом порівняння їх з розмірами об'єкту управління.

Однак процес маневрування являється швидкоплинним, тому виконувати розрахунки під час управління неможливо, що вимагає необхідності попереднього планування шляху, виконання необхідних розрахунків або автоматизації указаних процедур, щоб навігаційні пристрої встигали виконувати потрібні розрахунки. Крім того у капітана необхідно формувати спеціальний навик управління маневруванням в стислих районах переходу і при обмежених акваторіях для маневрування, шляхом стажування на містку судна або на навігаційних тренажерах.

Аналіз параметрів, які описують процес маневрування судна показав, що не всі дані відомі судноводію для безпечного управління, та навігаційні пристрої для їх визначення відсутні. Це не дозволяє організувати належну підготовку до плавання, особливо в стислих районах плавання. Серед таких параметрів знаходяться ширина маневреного зміщення і абсциса положення полюсу повороту, які не можуть бути визначені окомірно, а часу для розрахунку в процесі маневрування немає.

Крім того, як показав виконаний аналіз, між цими параметрами існує залежність, ступінь якої поки що не встановлена.

Саме в стислих водах виникає потреба частого маневрування зміною курсу, швидкості чи сумісна зміна їх обох, що призводить до надмірного наближення до небезпек і вимагає адекватних управляючих дій.

Для вибору відповідного маневру ЛО повинен мати в своєму розпорядженні залежність параметрів маневрування від динаміки руху, причому параметри повинні бути визначені максимально точно для стану, при якому відбувається маневрування.

Така постановка вимагає вдосконалення способів підготовки плану маневрування при виконанні морських операцій, чи розробки комп'ютерного інформаційного забезпечення, для оперативного визначення параметрів маневрування, які необхідні для його виконання.

Тому напрямом даної дисертаційної роботи являється розробка способу визначення параметрів маневрування при криволінійному русі і планування морських операцій траєкторними точками у вигляді матриць координат.

1.5. Висновки за першим розділом

У першому розділі виконано аналіз параметрів, які описують процес маневрування морського судна, і розглянуто характерні точки, які впливають на маневрування і здатність ЛО управляти рухом.

Розглянуто аналіз причин аварійності при маневруванні і способи розробки засобів, для попередження подібних випадків в майбутньому.

Виконано огляд літературних джерел і використання змістовних та формалізованих моделей при описанні процесу руху.

Обґрунтовано напрямки наукового дослідження, які спрямовані на розробку способів визначення параметрів процесу маневрування для комп'ютерного його забезпечення і складання технологічної карти морських операцій. Об'єктом дослідження є процес руху при маневруванні під час морських операцій, а предметом дослідження являються способи визначення параметрів маневрування.

Зміст даного розділу викладено в роботах [104 - 106].

РОЗДІЛ. 2. МЕТОДОЛОГІЧНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДОСЛІДЖЕННЯ МАНЕВРУВАННЯ СУДНА

В першому розділі було виконано вибір напрямку дослідницької роботи, який є початковим шагом проблеми визначення предмета досліджень і визначає напрямок досліджень.

Виконаний аналіз параметрів, які описують безпечний рух по водному шляху показав, що не всі необхідні дані відомі (людині оператору) ЛО для достатньої точності планування заданого шляху, з урахуванням характеру виконуємого маневру. Швидкодія поточного контролю процесу маневрування не дає можливості розрахувати необхідний параметр, що викликає загрозу аварійної пригоди в обмежених умовах. Для допомоги судноводію необхідно виконати розрахунок відповідних параметрів в навігаційну систему підтримки прийняття рішення при маневруванні. Відсутність таких параметрів, які можуть бути визначені тільки під час маневрування, не дозволить судноводію прийняти адекватне рішення зовнішнім умовам, які змінюються.

2.1. Обґрунтування теми дослідження

При виборі теми дослідження був використаний метод експертної оцінки, коли враховувались наступні фактори: важливість забезпечення процесу маневрування параметрами, які визначають безпеку руху, в повному обсязі; наукову новизну передбачається досягнути за рахунок нового способу визначення параметрів маневрування і удосконалення існуючих методів їх вибору при плануванні траєкторії руху морських операцій; оптимізації процесу маневрування для підвищення його економічної ефективності; відповідність поставлених завдань напрямку наукової спеціальності і наукової школи кафедри управління судном.

Актуальність проведення досліджень, щодо організації процесу

маневрування при виконанні морських операцій, полягає в організації безаварійного руху судна в обмежених умовах і 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 маневрування суден при русі з перемінними режимами руху є необхідність підвищення точності планування шляху, надійності і оперативності контролю параметрів руху, за рахунок удосконалення прямих, зворотних і локальних зв'язків між елементами системи управління, які дають можливість поліпшити інформаційне забезпечення процесу маневрування.

Для вирішення поставлених завдань необхідно: розробити змістовні і формалізовані моделі розрахунку параметрів процесу маневрування в процесі його виконання; для прискорення прийняття рішення по маневруванню отримані результати повинні бути представлені у вигляді, зручному для обробки на комп'ютері; створити технологічну карту системи інформаційного контролю поточних параметрів безпечного стану процесу управління.

Для перевірки роботи такої системи необхідно виконати верифікацію розроблених моделей маневрування експериментальними даними.

Дослідження і розробка заходів для підвищення безпеки маневрування потребує вирішити такі завдання:

- виконати декомпозицію головного завдання по інформаційному забезпеченню руху судна шляхом розробки високоточних способів оперативного визначення параметрів маневрування під час його пересування і методів планування траєкторії переміщення, на декілька незалежних завдань;

- встановити характер навігаційних подій і розробити способи підвищення інформації про параметри маневрування для їх попередження;

- розробити способи і навігаційні пристрої автоматизації розрахунків параметрів маневрування в процесі руху при виконанні морських операцій і верифікації моделей розрахунку даними натурного експерименту;

- розробити способи і навігаційні пристрої оперативного визначення ширини маневреного зсуву для попередження посадки судна на мілину, торкання бровки каналу і вдосконалення математичних моделей при криволінійних траєкторіях руху;

- удосконалити функціональні зв'язки між елементами системи управління маневруванням судна в умовах обмеженого простору і алгоритми складання технологічної карти маневрування.

При русі по фарватерах і каналах допустимі неточності переміщення судна невеликі і тому плавання по численню практично неможливо. Тому значну роль при контролі місця судна на фарватері набуває інформація від судових навігаційних систем підтримки прийняття рішення, які оперативно розраховують значення параметрів і вірогідну ширину маневреного зсуву.

Сучасні супутникові системи визначення місця судна мають радіальну середньо квадратичну похибку порядку 2-3 метрів. Для підвищення точності визначення координат місця судна параметри установки прийомної антени супутникової системи або радіолокатора перераховують на центр ваги судна G , який зазвичай приймають розташованим на міделі.

Перехід до автоматичних способів планування маневрів, контролю його руху і управління посилює значення високої точності всіх етапів виконання маневрування, включаючи планування, контроль пересування по заданій безпечній траєкторії і оперативне управління.

При цьому у відкритому морі достатньо прокладки шляху на карті і періодичних обсервацій, то при маневруванні в стислих водах, на фарватерах і каналах, судно повинно рухатися по строго визначеному шляху і судоводій постійно контролює зміщення судна від заданого маршруту. Найчастіше правильність руху судна по фарватеру оцінюється шляхом окомірного спостереження його руху відносно орієнтирів або знаків

огородження.

Технічні засоби судноводіння не завжди забезпечують контроль процесу маневрування по каналах і фарватерах через низьку точність навігаційних пристроїв і недостатню кількість параметрів, які розраховують системи підтримки прийняття рішення в умовах обмеженого простору.

З цієї причини потрібно розширити кількість оперативного розрахунку параметрів маневрування і розробки технологічної карти, що дозволить значно знизити ризик аварій.

Змістовна модель системи управління маневруванням складається з трьох елементарних операцій: розробка технологічної карти процесу маневрування; оперативний розрахунок параметрів поточного стану, включаючи криволінійні відрізки шляху; застосування управляючого впливу при неприпустимому відхиленні від заданого безпечного шляху.

Розвиток судноводійської науки по плануванню шляху траєкторними точками, для відрізків, які включають криволінійні частини, використання пристрою попередження судна на міліну і перерахунок координат антени на центр ваги за останні десятиліття дозволяють значно підвищити безпеку маневрування і точність планування руху.

Однак поява нових навігаційних систем, включаючи АІС, вимагають розробки нових методів планування руху і способів забезпечення параметрами, які в сьогоденні умовах відсутні.

Тому питання вдосконалення існуючих та розробка нових способів і алгоритмів керування маневруванням, особливо при плаванні в обмежених умовах і при інтенсивному судноплавстві, є досить актуальним.

Передбачувана наукова новизна дослідження полягає в можливості удосконалення систем планування руху, інформаційного забезпечення систем підтримки прийняття рішення та алгоритмів оптимального управління маневруванням в обмежених водах. У такій постановці завдання оперативного розрахунку параметрів руху для планування траєкторії і високоточного управління маневруванням судна ставиться вперше.

Економічна доцільність проведених досліджень визначається тим, що покращання інформаційного забезпечення складає сприятливі умови для попередження навігаційної події, економить матеріальні втрати і зменшує екологічну шкоду 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 і розробці тренажерів для формування навичок з управління суднами.

Дисертаційна робота відповідає спеціальності 05.22.13. - навігація та управління рухом.

2.2. Методи виконання досліджень

Реалізація результатів досліджень визначається тим, що Україна має достатній виробничий і науковий потенціал на морському транспорті, який здатний створити відповідні навігаційні пристрої, рекомендації у вигляді алгоритмів виконання морських операцій і комп'ютерні системи підтримки прийняття рішень при маневруванні.

Метою дослідження є підвищення інформаційного забезпечення процесу маневрування при плаванні в стислих водах, на каналах і фарватерах шляхом включення до складу системи управління навігаційних пристроїв для оперативного розрахунку параметрів оцінки стану маневрування для прийняття рішення по зміні режиму управління згідно з технологічною картою процесу руху.

Головним завданням являється інформаційне забезпечення маневрування судна шляхом розробки способів оперативного визначення параметрів маневрування під час його пересування згідно з технологічною

картою процесу виконання морської операції.

Для вирішення головного завдання вона розділена на три незалежних допоміжних: розробка способу визначення абсциси розташування полюсу повороту (ПП) і функціональної схеми навігаційного пристрою для його визначення і візуалізації; аналіз і розробка способів розрахунку ширини маневрового зсуву і макету навігаційного приладу для оперативного його розрахунку; удосконалення інверсного способу розробки технологічної карти маневрування при морських операціях.

Запропонована наукова гіпотеза про можливість виконання безпечного маневрування при виконанні морських операцій за рахунок оперативного автоматичного розрахунку параметрів переміщення і ширини маневреного зсуву, та управління згідно з їх значенням по плановій технологічній карті процесу руху, розроблений інверсним способом.

Показано, що результати отримані після рішення незалежних допоміжних завдань. Крім того сформульовано наукове положення згідно з яким безпека маневрування суден при виконанні морських операцій забезпечується оперативним отриманням значень параметрів руху та контролю їх значення по технологічній карті планового процесу пересування.

Найважливішою особливістю управління маневруванням судна в стислих водах, і особливо по криволінійних траєкторіях, являється відсутність необхідності капітану виконувати будь які розрахунки, при цьому відпадає необхідність контролювати другі навігаційні. Наукова гіпотеза виходить з можливості оперативного розрахунку абсциси ПП комп'ютерними засобами, визначення по її величині ширини маневреного зсуву та контролю по їх значенню руху по плановій технологічній карті процесу маневрування.

прилади, крім окомірного контролю переміщення центра ваги по технологічній карті на екрані навігаційного монітору.

Однак такий спосіб контролю, будучи зручним засобом для судноводія, не дозволяє вирішити головну мету оцінки параметрів зміщення і прийняти

оперативно рішення по коригуванню руху.

Для розробки алгоритмів і способів управління при маневруванні потрібно рішення трьох допоміжних завдань:

- розробка формалізованої моделі розрахунку абсциси ПП і навігаційного пристрою для її визначення і візуалізації;
- аналіз і розробка способів розрахунку ширини маневрового зсуву і навігаційного приладу для оперативного його розрахунку;
- удосконалення інверсного способу розробки технологічної карти сценарію швартування при заході/виході із порту;
- аналізу основних параметрів, які описують процес маневрування при морських операціях.

Об'єктом дослідження став процес маневрування судна при виконанні морських операцій.

Предмет дослідження представлений способами оперативного визначення параметрів маневрування і коригування процесу руху по їх значенню на технологічній карті.

Методи дослідження. Розробка способів оперативного визначення параметрів маневрування і удосконалення методів його планування базується на експериментальному рішенні дослідницьких завдань на загальному методологічному підґрунті. Шляхом, причин аварійності при виконанні морських операцій та огляду літературних джерел, які визначають шляхи організації безпечного руху судна, методом дедукції визначені проблеми безпеки організації судноводіння. Методи експертної оцінки використані для вибору теми і напрямку досліджень. Рішення розробці диференціальних рівнянь руху та математичного аналізу для їх вирішення.

Теорія систем застосовувалася при вивченні ієрархії відносин в системі маневрування, а теорія управління використовувалася для розробки способів визначення параметрів, які описують процес руху і розрахунки на їх підставі формалізованих моделей для розрахунку ширини маневрового зсуву і контролю руху по технологічній карті управління морською операцією.

Методи аналітичної геометрії використовувалися для побудови змістовної моделі технологічної карти маневрування.

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

2.3. Формування технологічної карти досліджень

Структура методологічного забезпечення досліджень, які приведені в дисертації, приведена на технологічній карті, яка зображена на рис.2.1. Вона представляє собою реалізацію системного підходу до послідовності вивчення проблеми і організації її вирішення.

Згідно з технологічною картою тема виконання наукової роботи формується на підставі аналізу причин аварійних подій при маневруванні, параметрів які його описують і шляхів удосконалення управління рухом, за рахунок покращання прямих, зворотних і локальних зв'язків між елементами системи, шляхом спостереження процесу руху і його проблем, які не знаходять досить вичерпної відповіді в науці.

Прийнято наукову гіпотезу про можливість безпечного маневрування при виконанні морських операцій за рахунок оперативного автоматичного розрахунку параметрів переміщення і ширини маневреного зсуву, та управління згідно з їх значенням по плановій технологічній карті процесу руху, розроблений інверсним способом.

Головним завданням являється оперативне визначення параметрів маневрування під час руху і їх використання для управління судном згідно з технологічною картою процесу виконання морської операції. Для вирішення головного завдання дослідження воно було розділено на допоміжні.

В результаті проведеного аналізу головне завдання структурно представлена у вигляді трьох допоміжних завдань: розробка способів визначення абсциси розташування ПП і функціональної схеми навігаційного пристрою для його визначення і візуалізації; аналіз і розробка способів

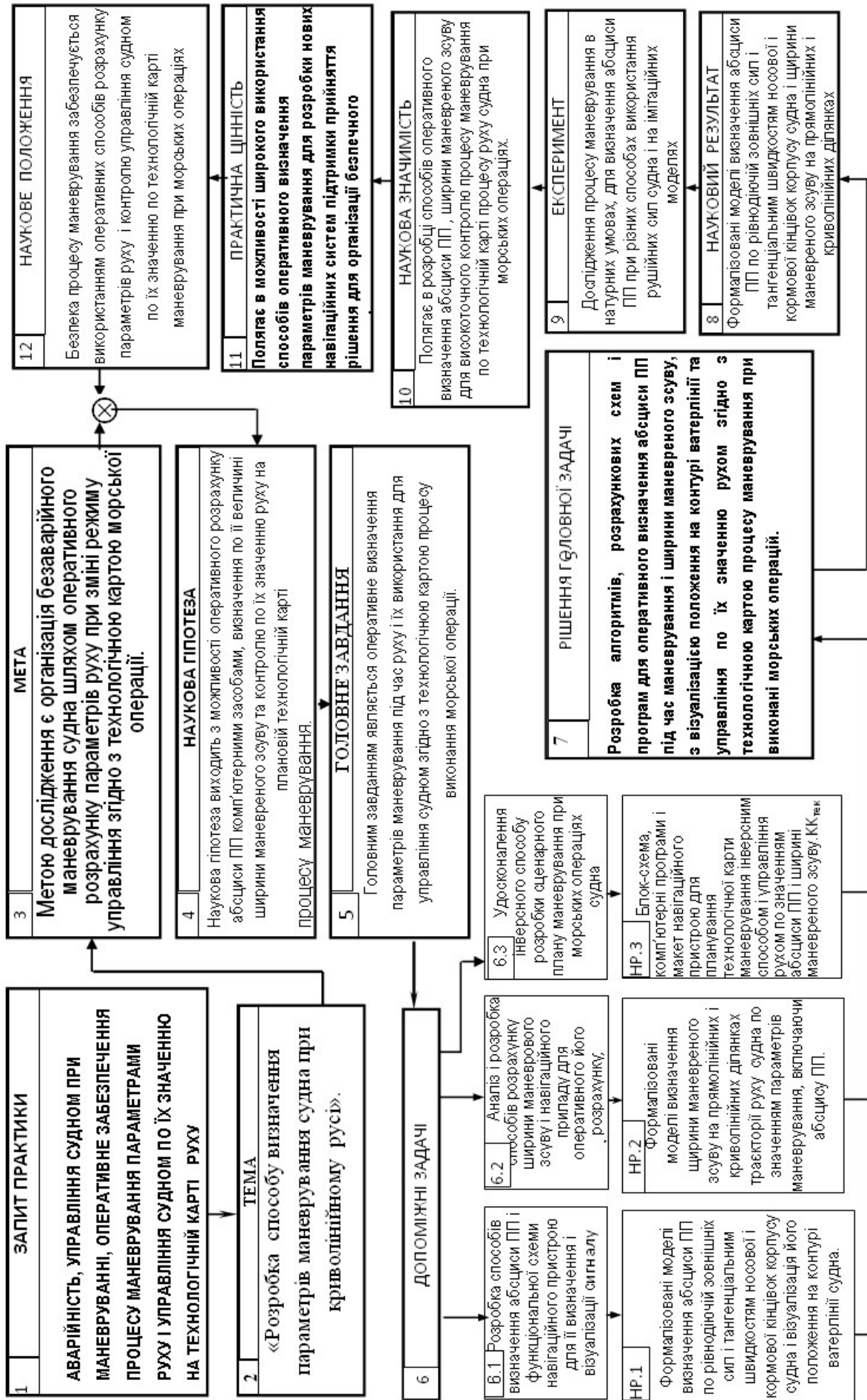


Рис.2.1. Технологічна карта наукового дослідження

розрахунку ширини маневрового зсуву і макету навігаційного приладу його розрахунку; удосконалення інверсного способу розробки технологічної карти маневрування при морських операціях.

Вирішення першого допоміжного завдання виконано в три етапи: аналіз існуючої моделі визначення абсциси ПП; розробка моделі визначення абсциси ПП по рівнодіючій поперечних сил; розробка моделі визначення абсциси ПП по тангенціальних швидкостях носової і кормової кінцівок судна та верифікація моделі по результатам натурних випробувань.

При вирішенні другого допоміжного завдання необхідно удосконалити існуючі способи визначення маневрового зсуву при русі судна і розробити новий спосіб оперативного розрахунку по текучим параметрам руху.

При вирішенні третього допоміжного завдання необхідно удосконалити існуючий інверсний спосіб побудови технологічної карти траєкторії маневрування, з нанесенням допустимих значень параметрів руху, для контролю їх значення по текучим величинам при управлінні.

Для перевірки коректності отриманих теоретичних результатів дисертації було проведено імітаційне моделювання процесу планування шляху і проводки т/х «Вільнюс Сівейс» в порт Самсун методом шляхових точок і натурні випробування по визначенню абсциси ПП при маневруванні в морі, яка враховує особливості району плавання і місцеві правила.

Після вибору теми дослідження формується основне питання дослідження Отримані в роботі наукові результати і проведені експерименти підтвердили коректність наукової гіпотези про можливість постійного оперативного розрахунку абсциси ПП комп'ютерними засобами, визначення по її величині ширини маневреного зсуву та контролю по їх значенням руху на плановій технологічній карті процесу маневрування - його мета. Такою метою дослідження є організація безаварійного маневрування судна шляхом оперативного розрахунку параметрів руху при зміні режиму управління згідно з технологічною картою морської операції. Для досягнення поставленої мети виконується аналізом існуючих параметрів, які описують

процес маневрування судна, визначення тих, які доступні судноводію для забезпечення маневрування, а також розробки способів розрахунку таких, які відсутні і необхідні. Крім параметрів необхідно використовувати високоточні методи планування шляху інверсним способом, для складання технологічної карти процесу маневрування судна.

Рішення головного завдання здійснено шляхом рішення трьох допоміжних завдань, які формуються після прийняття припущень наукової гіпотези і виконання натурних досліджень і теоретичних розробок.

Наукова новизна вирішення головного завдання передбачає розробку способів визначення абсциси ПП по рівнодіючій всіх сил, які діють на судно під час маневрування і по тангенціальних швидкостях носової і кормової кінцівок судна, для подальшого визначення ширини маневрового зсуву і управління рухом згідно з технологічною картою.

Наукова значимість результатів дослідження полягає в розробці способів оперативного визначення абсциси ПП, ширини маневреного зсуву для високоточного контролю процесу маневрування по технологічній карті процесу руху судна при морських операціях.

Практична цінність дослідження полягає в можливості широкого використання способів оперативного визначення параметрів маневрування для розробки нових навігаційних систем підтримки прийняття рішення при організації безпечного управління рухом.

Наукове положення дослідження полягає в тому, що безпека процесу маневрування забезпечується використанням оперативних способів розрахунку параметрів руху і контролю управління судном по їх значенню по технологічній карті маневрування при морських операціях.

2.4. Висновки за другим розділом

1 При розробці заданого алгоритму маневрування судном його рух описується параметрами які змінюються, тому завчасно спланувати їх не можливо. По цій причині їх значення потрібно розраховувати під час

управління рухом, що потребує використання технічних засобів, через швидкоплинність процесу маневрування і обмаль часу для виконання обчислень. Для оперативності отримання даних про параметри маневрування необхідно розробити нові способи і алгоритми, які можуть бути реалізовані в рамках існуючої системи, за рахунок удосконалення локальних зв'язків.

2 Головним завданням досліджень являється розробка способів оперативного визначення параметрів маневрування під час руху і їх використання для управління судном згідно з технологічною картою процесу виконання морської операції

3 При розробці технологічної карти наукового дослідження використано системний підхід, згідно з яким для вирішення основного завдання здійснено його розбиття на допоміжні, результати вирішення яких використовуються при синтезі системи управління маневруванням по технологічній карті.

4 Для досягнення поставленої мети були виконані натурні спостереження маневрування при різних комбінаціях рушіїв судна для верифікації запропонованих формалізованих моделей по визначенню абсциси ПП і розрахунковий експеримент для моделювання руху судна. Рішення допоміжних завдань дозволили запропонувати способи оперативного визначення точки прикладання рівнодіючої всіх сил і абсциси ПП і оцінки допустимого нищпорення при маневруванні по її значенні.

5 Отримані результати можуть бути використані на морських судах для широкого використання способів оперативного визначення параметрів маневрування при розробці нових навігаційних систем підтримки прийняття рішення для організації безпечного управління рухом.

Зміст даного розділу викладено в роботах [104-108, 110-115. 120].

РОЗДІЛ 3. СПОСОБИ ВИЗНАЧЕННЯ АБСЦИСИ ПОЛЮСУ ПОВОРОТУ

3.1. Аналіз існуючого способу визначення положення полюсу повороту

Існуючі навігаційні пристрої на морських суднах мають здатність видавати інформацію у вигляді, який вимагає додаткової обробки для прийняття рішення. Необхідність використання розумових здібностей оператора призводить до затримки прийняття рішення, виконання якого з запізненням ускладнює процес управління маневруванням.

Це викликає необхідність підготовки інформації для віддачі команд у вигляді знання, яке не вимагає додаткової обробки і готово для прийняття рішення. Основою для формування таких даних необхідне введення в структуру навігаційних пристроїв і систем блоків розрахунку маневрених характеристик, які дозволяють визначати параметри гальмування і управляємості, без знання яких забезпечити безаварійне маневрування не представляється можливим.

З урахуванням сучасного стану судноводійської науки можна запропонувати системи підтримки прийняття рішень, які дозволять підвищити безпеку процесу маневрування за рахунок оперативної оцінки параметрів маневрування і їх візуалізацію.

У зазначених умовах, а також при виконанні морських операцій, курс і швидкість судна змінюється таким чином, щоб забезпечити рух по плановій траєкторії з урахуванням жорстких і змінних обмежень по акваторії для маневрування, гідрометеорологічних впливів в умовах інтенсивного судноплавства. Відмінною особливістю такого плавання є істотне зменшення акваторії для безпечного маневрування, обмеження по можливості відхилення від заданого шляху і істотним скороченням часу на обробку інформації та прийняття рішення.

Спроба зменшити вплив людини на аварійність за рахунок автоматизації

виконання окремих функцій, не виключає його зі сфери управління, а призводить до ще більш тісного зв'язку з пристроями і системами.

Таким чином, гарантовану безпеку управління маневруванням можна забезпечити за рахунок підвищення швидкодії систем обробки інформації з подальшою розробкою алгоритмів операторської діяльності шляхом створення системи підтримки прийняття рішень з маневрування.

При оглядово - порівняльному способі управління судном оператору здається, що обертання відбувається навколо нього, в той час коли фактично відбувається навколо полюсу повороту (ПП). Це призводить до невірної оцінки відстаней до орієнтирів і створює передумови для виникнення аварії.

При використанні буксирів точка прикладання сили щодо ПП дозволяє меншою потужністю отримати максимальний момент від буксира.

Основним положенням при визначенні ПП є розташування його по іншу сторону поперечної сили відносно центра ваги G. Рівняння усталеного руху судна по осі Y навколо вертикальної осі Z можуть бути записані [48]:

$$R_y = P_y; \quad M_R = P_y \cdot X_P, \quad (3.1)$$

де R_y - рівнодіюча поперечних гідродинамічних сил на корпусі судна; P_y - рівнодіюча поперечних сил від засобів управління; M_R - момент рівнодіючої поперечних гідродинамічних сил щодо вертикальної осі Z; X_P - плече рівнодіючої поперечної сили від засобів управління.

Зазвичай плече висловлюють в відносних безрозмірних одиницях за формулою $\bar{X}_P = X_P / L$, де L - довжина судна між перпендикулярами.

При початкових умовах, коли судно на рівному кілі, і вважаючи його симетричним щодо мідель - шпангоута виділимо елементарну ділянку по довжині Δ . Тоді елементарну гідродинамічну силу dR_y і момент dM_R можна записати у вигляді системи диференціальних рівнянь:

$$dR_y = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dV^2 \cdot dx \quad (3.2)$$

$$dM_R = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dV^2 \cdot x \cdot dx \quad (3.3)$$

де C_r - безрозмірний гідродинамічний коефіцієнт опору;

V - лінійна швидкість елемента; ρ - щільність води.

Лінійна швидкість будь-якої елементарної ділянки корпусу визначаються кутовою швидкістю і відстанню від ПП, і розраховуються по формулі:

$$V = (\bar{X}_\Pi - \bar{X}) \cdot \omega \cdot L, \quad (3.4)$$

де ω - кутова швидкість обертання.

Для випадку коли ПП зовні корпусу рівняння (3.1) може бути записано:

$$R_y = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dL^3 \cdot \omega^2 \int_{-1/2}^{1/2} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 d\bar{x}. \quad (3.5)$$

$$M_P = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dL^4 \cdot \omega^2 \int_{-1/2}^{1/2} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 \cdot \bar{x} \cdot d\bar{x}. \quad (3.6)$$

Для випадку, коли ПП в межах корпусу $\bar{X}_\Pi < 1/2$ рівняння (3.1) може бути записано:

$$R_y = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dL^3 \cdot \omega^2 \left[\int_{-1/2}^{\bar{X}_\Pi} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 d\bar{x} - \int_{\bar{X}_\Pi}^{1/2} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 d\bar{x} \right]. \quad (3.7)$$

$$M_P = C_r \cdot \frac{\rho}{2} dL^4 \cdot \omega^2 \left[\int_{-1/2}^{\bar{X}_\Pi} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 \cdot \bar{x} \cdot d\bar{x} - \int_{\bar{X}_\Pi}^{1/2} (\bar{X}_\Pi - \bar{X})^2 \cdot \bar{x} \cdot d\bar{x} \right]. \quad (3.8)$$

Після рішення диференціальних рівнянь (3.5) – (3.8) між точкою прикладання бокової сили X_p (відносно плече поперечної сили від ЦВ $\bar{X}_P$) і положення ПП на лінії ДП X_Π (відносно положення ПП від ЦВ $(\bar{X}_\Pi)$) отримана залежність:

- при розташуванні ПП за межами корпусу, $\bar{X}_\Pi > 0.5$:

$$\bar{X}_P = (-\bar{X}_\Pi / 6) / (\bar{X}_\Pi^2 + 1/12). \quad (3.9)$$

- при розташуванні ПП в межах корпусу, $\bar{X}_\Pi < 0.5$:

$$\bar{X}_P = (\bar{X}_\Pi^4 / 6 - \bar{X}_\Pi^2 / 4 - 1/32) / (2 \cdot \bar{X}_\Pi^3 / 3 + \bar{X}_\Pi / 2). \quad (3.10)$$

Крім того необхідно відзначити, що тільки обертання судна, без поперечного і поздовжнього переміщення, можливо в тому випадку, коли ПП збігається з ЦВ. В іншому випадку при обертанні виникає відцентрова сила, прикладена до ЦВ, внаслідок чого судно набуває переміщення в поздовжньому і поперечному напрямках. Існуючі моделі не дозволяють визначити положення ПП коли на судно діє кілька сил. Тому необхідно розробити формалізовані моделі для таких випадків.

3.2. Спосіб визначення абсциси ПП по рівнодіючій бокових сил, які діють на судно

Якщо на судно діють декілька сил, то появляється необхідність виконання розрахунків, під час маневрування, які потребують часу. Оскільки такого часу обмаль, то потрібно використовувати швидкодіючі алгоритми і обчислювальну техніку. Для досягнення поставленої мети був розроблений наступний алгоритм рішення задачі визначення положення ПП, рис. 3.1.

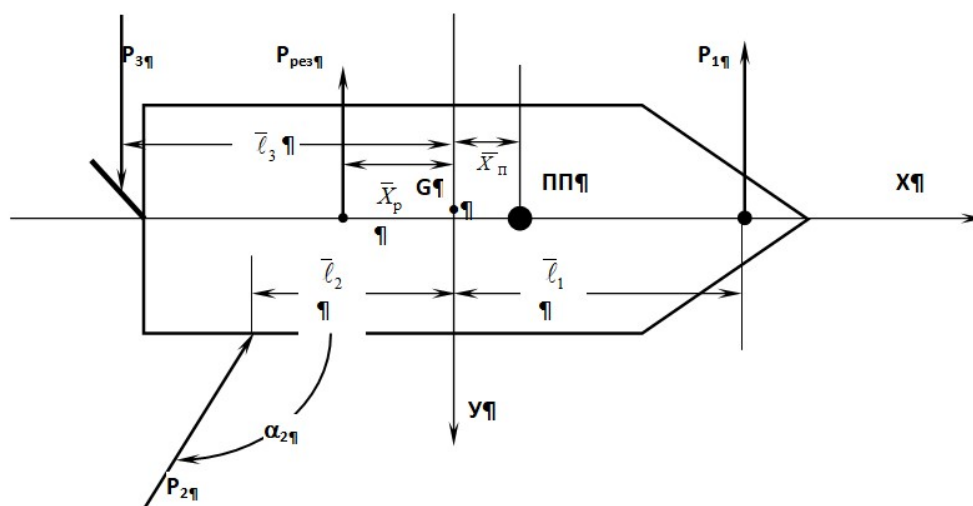


Рис. 3.1. Графічне зображення розташування зовнішніх і внутрішніх сил відносно центра ваги

На судно при маневруванні діють два види сил: внутрішні управляючі, що розвиваються судновими засобами, – гвинтом, кермом, носовим і кормовим підрулюючими пристроями; зовнішні, від буксирів, якоря,

швартовних кінців, вітру, течії і другі. Для розрахунку абсциси ПП необхідно використати наступний алгоритм.

1. Скласти перелік усіх сил, що діють на судно за напрямом і величиною.
2. Визначити рівнодійну поперечну складову усіх внутрішніх і зовнішніх сил, що діють на корпус судна.
3. Визначити її плече.
4. По значенням плеча розрахувати положення полюсу повороту.
5. При необхідності скоректувати розстановку буксирів, змінити використовувані засоби управління і зробити перерахунок положення ПП.
6. Вивести значення координат ПП на екран дисплея і на контур судна.

Рівнодійну поперечних сил визначимо в наступній послідовності. Виконаємо розрахунок суми усіх поперечних сил по наступним залежностям.

$$\sum_{i=1}^n P_{рез} = P_1 \cdot \sin \alpha_1 + P_2 \cdot \sin \alpha_2 + \dots + P_i \cdot \sin \alpha_i + \dots + P_n \cdot \sin \alpha_n. \quad (3.11)$$

де $P_{рез}$ - рівнодійна поперечних сил;

$P_1, P_2, \dots, P_i, \dots, P_n$ - сили, прикладені від буксирів, поперечна сила гвинта, сила від руля та підрулюючого пристрою з відповідним знаком, + в сторону правого борту, а - в сторону лівого; $\alpha_1, \alpha_2, \dots, \alpha_i, \dots, \alpha_n$ - кут між діаметральною площиною і напрямком дії сили.

Суму моментів відносно центру ваги G визначимо по залежностям:

$$\sum_{i=1}^n M = P_1 \cdot \sin \alpha_1 \cdot \bar{\ell}_1 + P_2 \cdot \sin \alpha_2 \cdot \bar{\ell}_2 + \dots + P_i \cdot \sin \alpha_i \cdot \bar{\ell}_i + \dots + P_n \cdot \sin \alpha_n \cdot \bar{\ell}_n \quad (3.12)$$

де $\bar{\ell}_1, \bar{\ell}_2, \dots, \bar{\ell}_i, \dots, \bar{\ell}_n$ - безрозмірне плече кожної сили, яке визначається

$$\bar{\ell}_i = \ell_i / L_{\perp}, L_{\perp} - \text{довжина судна між перпендикулярами.}$$

Точку прикладання рівнодіючої поперечної сили $\bar{X}_p$ визначимо по наступній залежності:

$$\bar{X}_p = \sum_{i=1}^n M / P_{рез}. \quad (3.13)$$

На основі залежностей (3.9) і (3.10) будуємо функцію виду $\bar{X}_\Pi = f(\bar{X}_P)$. Оскільки для побудови цієї функції ми стикаємося із завданням знаходження коренів полінома 4-го порядку, то найдоцільніше табелювати залежності (3.9) і (3.10) і апроксимувати їх поліномом 3-го порядку. В результаті маємо функцію з достовірністю (рис.3.2) $R^2 = 0,999$:

$$\bar{X}_\Pi = \begin{cases} 18,11\bar{X}_P^3 + 27,44\bar{X}_P^2 + 14,05\bar{X}_P + 2,576; & \text{для } -0,5 \leq \bar{X}_P \leq -0,15. \\ 18,11\bar{X}_P^3 - 27,44\bar{X}_P^2 + 14,05\bar{X}_P - 2,576; & \text{для } 0,15 \leq \bar{X}_P \leq 0,5. \end{cases} \quad (3.14)$$

Як бачимо, тут ми маємо зону $\bar{X}_P$ від -0,15 до 0,15, де $\bar{X}_\Pi > 1$ з розрахунку ми її виключаємо, в разі потрапляння в цю зону на екрані має з'явитися відповідне повідомлення про попадання в недопустиму зону.

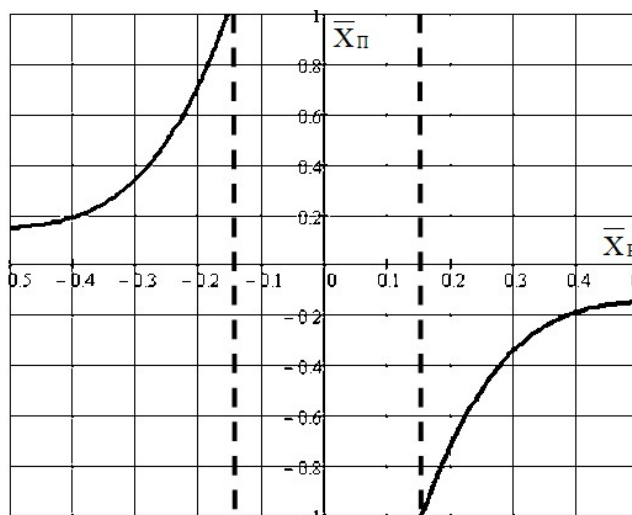


Рис. 3.2. Залежність положення ПП від точки прикладання $P_{рез}$

Отримана залежність (3.14) легко піддається операціям диференціювання та інтегрування. У разі необхідності для зменшення зони невизначеності ця ділянка описується за достовірністю $R^2 = 0,999$ по залежностям:

$$\bar{X}_\Pi = \begin{cases} 18,11\bar{X}_P^3 + 27,44\bar{X}_P^2 + 14,05\bar{X}_P + 2,576; & \text{для } -0,5 \leq \bar{X}_P \leq -0,15. \\ -0,149/(\bar{X}_P + 0,005); & \text{для } -0,15 \leq \bar{X}_P \leq 0. \\ -0,149/(\bar{X}_P - 0,005); & \text{для } 0 \leq \bar{X}_P < 0,15. \\ 18,11\bar{X}_P^3 - 27,44\bar{X}_P^2 + 14,05\bar{X}_P - 2,576; & \text{для } 0,15 \leq \bar{X}_P \leq 0,5. \end{cases} \quad (3.15)$$

Тоді рис. 3.2 трансформується до виду, приведеному на рис. 3.3.

Блок - схема алгоритму розрахунку і індикації положення ПП наведена на рис. 3.4. Процес обертання судна складний через різноманіття діючих на його корпус сил і складного закону їх зміни, оскільки поперечна складова рівнодіючої гідродинамічних сил на корпусі змінюється, що надає значний вплив на обертання судна, залежить від кута натікання потоку на корпус судна, інакше кажучи, кута дрейфу, який у свою чергу змінюється під дією виникаючих при криволінійному русі судна гідродинамічних сил, то рух судна при повороті є несталим. Такий вид руху має місце при перекладці руля на певний кут на судні яке рухається в процесі маневреного та еволюційного періоду циркуляції. Коли ж кут дрейфу перестає рости і настає рівновага діючих на судно сил і моментів, елементи руху судна набувають сталого характеру, і настає період сталої циркуляції. Для прогнозування положення судна при русі з перекладеним кермом використовують геометричні характеристики циркуляції - зсув, пряме зміщення, зворотне зміщення, тактичний діаметр та діаметр сталої циркуляції.

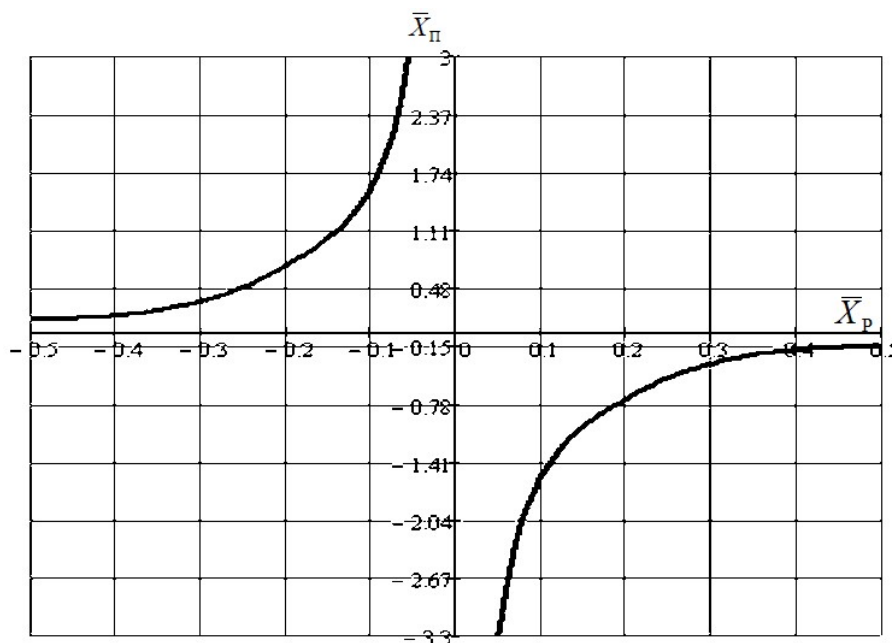


Рис. 3.3 – Залежність положення ПП від точки прикладання $P_{рез}$ поперечної сили біля центру ваги

Точність їх отримання достатня для того, щоб користуватися для розрахунку руху судна при проходженні поблизу навігаційних небезпек у відкритому морі. Однак на акваторії порту в стислих умовах не допускається рух судна з великою швидкістю і при цьому воно більше піддається впливу зовнішніх умов, внаслідок чого точність отримання геометричних характеристик циркуляції не дозволяє використовувати метод при оцінці положення судна щодо інших і причальних споруд. Завдання ускладнюється при використанні буксирів, коли появляються додаткові сили і моменти.

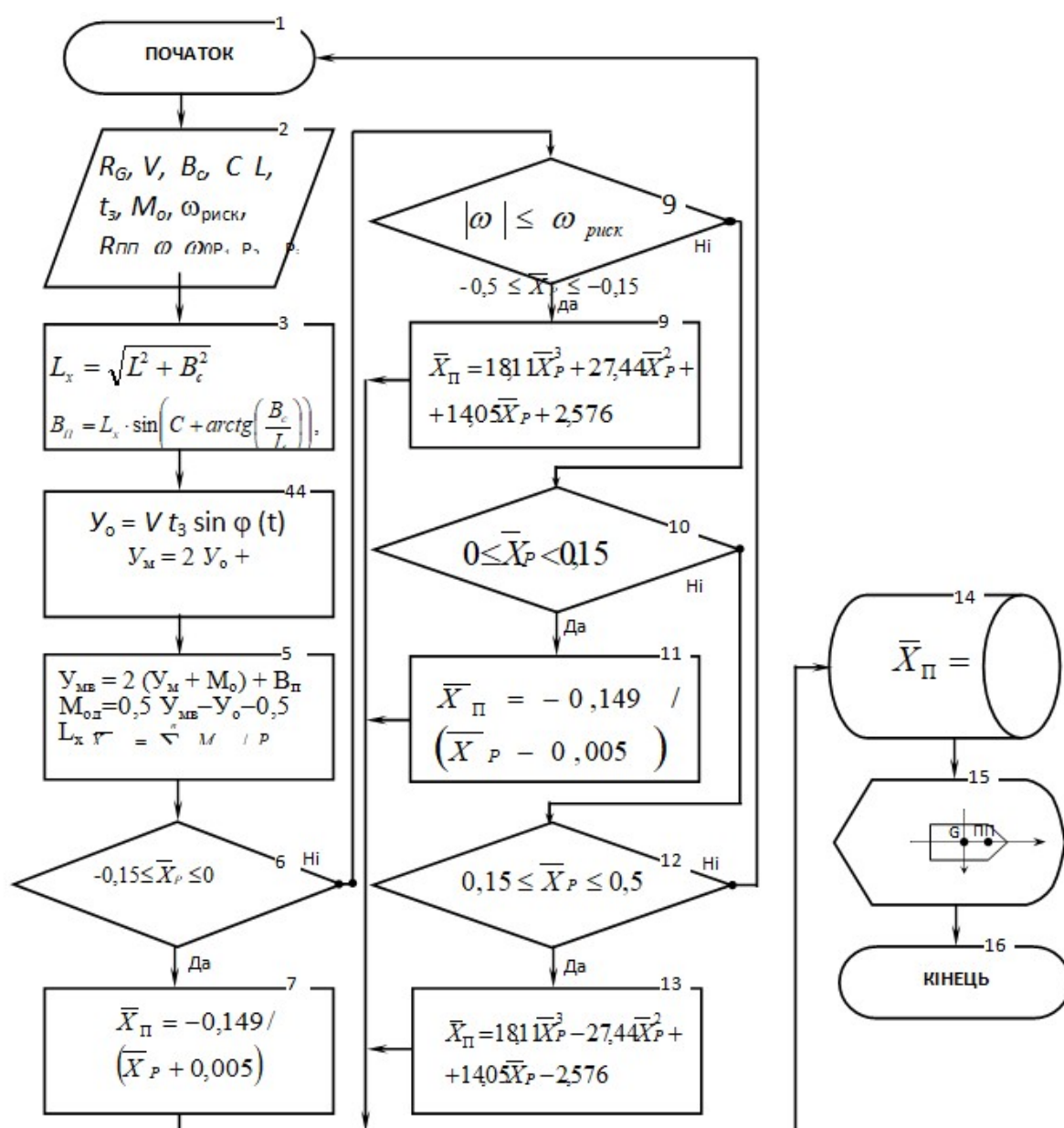


Рис. 3.4 - Блок – схема розрахунку $\bar{X}_{П}$ по значенню $P_{рез}$

Недоліком існуючої системи є те, що визначення положення ПП і точки прикладання сили проводиться за неповними даними, оскільки вони є тільки для кожної сили окремо, що не дає можливості оцінити становище для рівнодіючої поперечної сили при швартуванні, готувати план маневрування, дає значну затримку у прийнятті необхідних рішень щодо організації управління судном.

Запропонований спосіб дозволяє говорити про створення передумов для гарантованої навігаційної безпеки, за рахунок детермінації алгоритмів операторської діяльності, узгодженості психофізіологічних характеристик оператора і факторів руху та якісного планування траєкторії переміщення при проводці суден.

Реалізація та впровадження в практику штурманської роботи пристрою, який реалізує даний спосіб, дозволить говорити про появу засобу підтримки прийняття рішення, а його функціональні можливості знаходяться на сучасному рівні стану світової судноводійської науки. Створюваний пристрій може бути виконано на базі малогабаритного персонального комп'ютера.

Розглянуті ідеї і принципи побудови пристрою можуть бути впроваджені на судах для вироблення рекомендацій з маневрування в обмежених умовах. Запропонований пристрій може бути використано при тренажерній підготовці в процесі навчання капітанів, лоцманів і на старших курсах морських навчальних закладів України.

3.3. Спосіб визначення абсциси ПП по тангенціальній швидкості кінцівок судна

Недоліком розглянутого способу визначення абсциси ПП по рівнодіючій поперечних сил являється необхідність вводити значення точки прикладання і величини та напрямку дії зовнішніх сил в процесі маневрування та потреба виконувати розрахунки оперативно, що потребує часу і затримує момент

прийняття рішення. Такий недолік відсутній у способі визначення абсциси ПП по тангенціальним швидкостям, який був запропонований автором, залежності для якого отримаємо із рис. 3.5, з урахуванням відсутності течії.

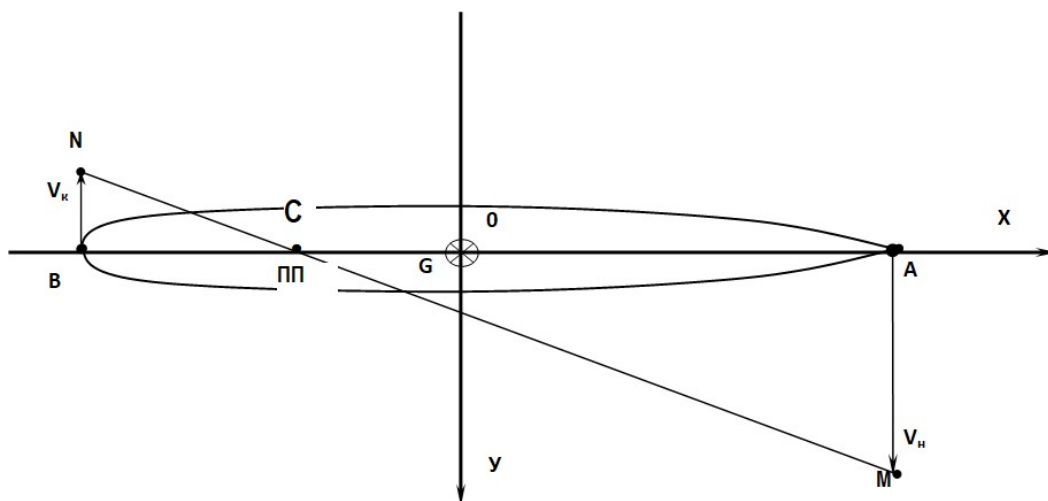


Рис. 3.5. Розрахункова схема визначення ПП по тангенціальним швидкостям

Задача визначення абсциси ПП заключається в знаходженні точки перетинання прямої MN з прямою AB. При цьому початок осі знаходиться в центрі ваги G, позитивний напрям осі X спрямовано в сторону носа, а вісь Y в сторону правого борту. Величину тангенціальної швидкості носа позначимо $\pm V_n$, а корми $\pm V_k$. Абсциса носової кінцівки A буде дорівнювати $X_A = +L_{\perp} / 2$, а кормової B буде дорівнювати $X_B = -L_{\perp} / 2$, де $L_{\perp}$ довжина судна між перпендикулярами.

Складемо рівняння прямої, яка проходить через дві точки $M (+L_{\perp}/2, V_n)$ і $N (-L_{\perp}/2, V_k)$:

$$\frac{x - X_A}{X_B - X_A} = \frac{y - V_n}{V_k - V_n}. \quad (3.16)$$

Для визначення абсциси ПП, який буде знаходитися на вісі X в межах судна або за його межами, розв'яжемо рівняння (3.16) відносно X_n . Точку перетинання прямої MN з віссю OX визначимо із рівняння (3.16), прийнявши значення $y=0$, тоді отримаємо:

$$X_n = \frac{-V_n}{V_k - V_n} (X_B - X_A) + X_A, \quad (3.17)$$

де X_{Π} -абсциса ПП з відповідним знаком + в сторону носа і – в сторону корми відносно центру ваги G.

Для перевірки правильності отриманої формалізованої моделі виконаємо графічну перевірку ситуації, зображеної на рис.3.5, для наступних даних:

$$L_{\perp\perp} = 150 \text{ м}; V_{\text{н}} = 3.0 \text{ м/с}; V_{\text{к}} = -1.0 \text{ м/с}.$$

Після розрахунків по формулі (3.17) отримаємо:

$$X_{\Pi} = \frac{-V_{\text{н}}}{V_{\text{к}} - V_{\text{н}}}(X_{\text{В}} - X_{\text{А}}) + X_{\text{А}} = \frac{-3.0}{-1.0 - 3.0}(-75.0 - 75.0) + 75.0 = -37.5 \text{ м}.$$

Таким чином графічна побудова і аналітичні розрахунки співпадають, що свідчить про коректність формалізованої моделі.

При управлінні маневруванням виникає потреба визначити точку прикладання результуючої сили, яка визиває криволінійний рух.

Координати точки прикладання рівнодіючої поперечних $P_{\text{рез}}$ сил $\bar{X}_P$ розрахуємо по формулам (3.9) і (3.10).

Для визначення тангенціальних швидкостей носа і корми судна потрібно враховувати дрейф судна і течію. Оскільки значення дрейфу лагом показується для центру ваги судна, тому на визначення тангенціальних швидкостей він не впливає. Вектор течії впливає, тому його необхідно враховувати. Для отримання складових вектору зсуву течією розглянемо розташування лінії діаметральної площини відносно води і ґрунту, як показано на рис. 3.6.

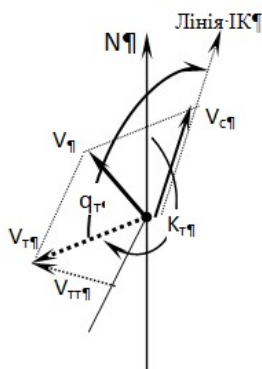


Рис. 3.6. Складові зсуву течією

При цьому будемо розглядати складові руху: $V_{\text{н}}$ - тангенціальна швидкість носа відносно ґрунту, вузл.; $V_{\text{к}}$ - тангенціальна швидкість корми

відносно ґрунту, вузл.; V_T - швидкість течії, вузл.; V_{TT} - тангенціальна складова швидкості течії, вузл.; $V_{но}$ - тангенціальна швидкість носа відносно води, вузл.; $V_{ко}$ - тангенціальна швидкість корми відносно води, вузл.; V_c - швидкість ходу ЦВ судна відносно ґрунту, вузл.; q_T – курсовий кут течії; K_T^0 напрям течії.

Як приклад розглянемо таблицю даних з додатку, значення яких для експерименту 1 приведено в табл. 3.1.

Для врахування течії використаємо схему руху судна для експерименту 11/7, дані про які приведені в додатку і на рис. 3.7.

Варіант 1. Судно має курс 267° , бічну швидкість носової частини $V_H = 0,66$ вузла, бічну швидкість корми $V_K = 0,48$ вузла, течія напрямком 243° швидкістю $V_T = 0,5$ вузла.

Таблиця 3.1. Параметри руху для експерименту 1

Курс с.	352,6	353,7	356,3	0,6	4,4	12,2	18,2	24,9	33,6	46,7
V_H , уз.	-1,01	-0,95	-0,79	-0,58	-0,42	-0,21	-0,03	0,11	0,26	0,41
V_K , уз.	-0,97	-1,1	-1,29	-1,53	-1,63	-1,76	-1,81	-1,82	-1,84	-1,84
V_c , уз.	0,35	0,35	0,35	0,34	0,32	0,27	0,2	0,13	0,05	-0,05
V_T , уз.	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
K_T^0	247	247	247	247	247	247	247	247	246	246

З точок Н і К, розташованих на носових і кормових перпендикулярах відповідно, відкладаємо значення бічних швидкостей носа і корми. Вважаємо, що датчики Допплер - лага розташовані на носовому і кормовому перпендикулярах. Поєднавши точки закінчення векторів V_H і V_K відрізком прямої, в точці $ПП_T$ перетину даного відрізка з ДП отримаємо положення полюса повороту з урахуванням течії.

Також в точці Н відкладаємо вектор швидкості течії, яку розкладаємо на поздовжню $V_{Tпр}$ і поперечну тангенціальну V_{TT} складові. Поздовжня складова швидкості течії $V_{Tпр}$ нас в даному випадку не цікавить, так як вона не впливає на бічні швидкості носа і корми.

З цієї ж причини ми можемо не враховувати і поздовжню швидкість судна, яка може впливати на визначення поздовжньої швидкості течії, але

ніяк не поперечної. Поперечна ж складова швидкості течії $V_{\text{т}}$ нас цікавить, оскільки впливає на бічні швидкості носа і корми щодо води, а відповідно, і на становище ПП.

Для розрахунку тангенціальних швидкостей судна відносно води визначимо курсовий кут течії $q_{\text{т}}$ за формулою:

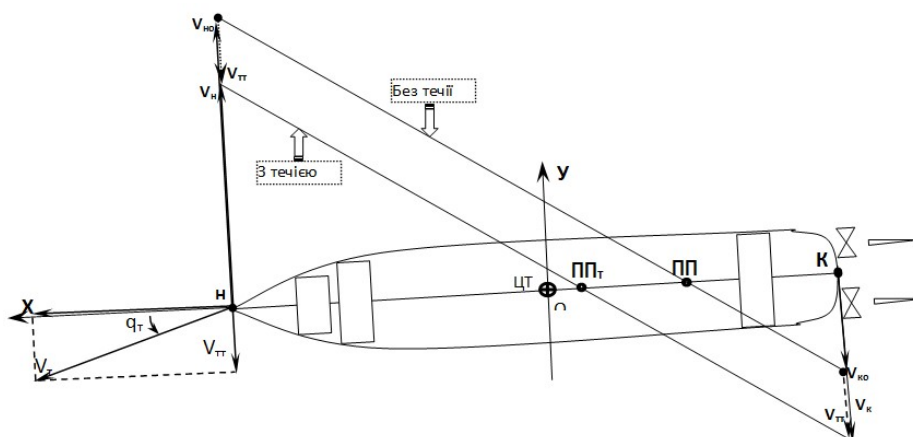


Рис. 3.7. Схема знаходження положення ПП при наявності течії

$$q_{\text{т}} = K_{\text{т}} - IK \quad (3.18)$$

Тангенціальна складова течії дорівнює:

$$V_{\text{т}} = V_{\text{т}} \cdot \sin q_{\text{т}}. \quad (3.19)$$

Виконуючи геометричне складання векторів тангенціальних швидкостей носа і корми, з урахуванням їх знаків і знаку вектору течії отримаємо:

$$\vec{V}_{\text{но}} = \vec{V}_{\text{н}} - \vec{V}_{\text{т}} \quad (3.20)$$

$$\vec{V}_{\text{ко}} = \vec{V}_{\text{к}} - \vec{V}_{\text{т}} \quad (3.21)$$

З'єднуємо отримані вектори $V_{\text{но}}$ і $V_{\text{ко}}$ відрізком прямої. У точці перетину цього відрізка з діаметральною площиною отримаємо положення полюса повороту без урахування течії.

Таким чином, після врахування швидкості течії залишається 2 варіанти: коли швидкості носа і корми спрямовані в різні боки і коли вони спрямовані в одну сторону. Тоді формула для розрахунку абсциси полюса повороту по швидкостям носа і корми з урахуванням течії $X_{\text{пт}}$ прийме вигляд:

$$X_{\text{пт}} = \frac{-V_{\text{н}}}{V_{\text{к}} - V_{\text{н}}} (X_{\text{в}} - X_{\text{а}}) + X_{\text{а}}, \quad (3.22)$$

де $X_{\text{пт}}$ – абсциса ПП з відповідним знаком + в сторону носа і мінус в сторону корми відносно центру ваги; $V_{\text{н}}$ – тангенціальна швидкість точки діаметральної площини на носовому перпендикулярі (м/с); $V_{\text{к}}$ – тангенціальна швидкість точки діаметральної площини на кормовому перпендикулярі (м/с); $X_{\text{в}} = -0,5 \cdot L_{\perp}$ – координата точки діаметральної площини на кормовому перпендикулярі (м); $X_{\text{а}} = 0,5 \cdot L_{\perp}$ – координата точки діаметральної площини на носовому перпендикулярі (м); $L_{\perp}$ – довжина між перпендикулярами (м).

Для розрахунку абсциси ПП по тангенціальним швидкостям носа $V_{\text{но}}$ і корми $V_{\text{ко}}$ без врахування течії $X_{\text{п}}$ відносно води, розрахуємо за формулою:

$$X_{\text{п}} = \frac{-V_{\text{но}}}{V_{\text{ко}} - V_{\text{но}}} (X_{\text{в}} - X_{\text{а}}) + X_{\text{а}}. \quad (3.23)$$

Розрахувавши абсцису ПП, ми можемо визначити і абсцису точки прикладання рівнодіючої бічних сил $\bar{X}_p$ при відносних координатах ПП $\bar{X}_{\text{п}} = (X_{\text{п}} / L_{\perp}) < 0,5$ за формулою (3.9), а при відносних координатах ПП $\bar{X}_{\text{п}} = (X_{\text{п}} / L_{\perp}) > 0,5$ за формулою (3.10).

Розглянутий вище спосіб визначення положення ПП володіє тією перевагою, що для розрахунку абсциси немає необхідності вводити дані про плечі, напрям і точки прикладання бічних сил.

Спосіб і блок – схема пристрою для інформаційного забезпечення процесу управління судном під час маневрування шляхом визначення положення ПП на діаметральній площині (ДП), навколо якого відбувається обертання, за значенням тангенціальних швидкостей точок на носовому і кормовому перпендикулярах ДП, і розрахунок положення ПП по ним для прийняття рішення з маневрування, наведено на рис. 3.8.

Пристрій містить блок вимірювання тангенціальних швидкостей точки на носовому перпендикулярі, блок вимірювання тангенціальних швидкостей точки на кормовому перпендикулярі, блок розрахунку координат ПП, блок

інформації про становище ПП, блок індикації на контурі судна. Система вторинної обробки містить електронну обчислювальну машину, пов'язану з індикатором, який має дисплей, блок графічного зображення контуру судна, блок органів управління, який відрізняється тим, що система первинної обробки містить блоки вимірювання тангенціальних швидкостей і розрахунку координат ПП без знання величини і точок прикладання всіх управляючих сил. Блок – схема алгоритму приведена на рис. 3.9.

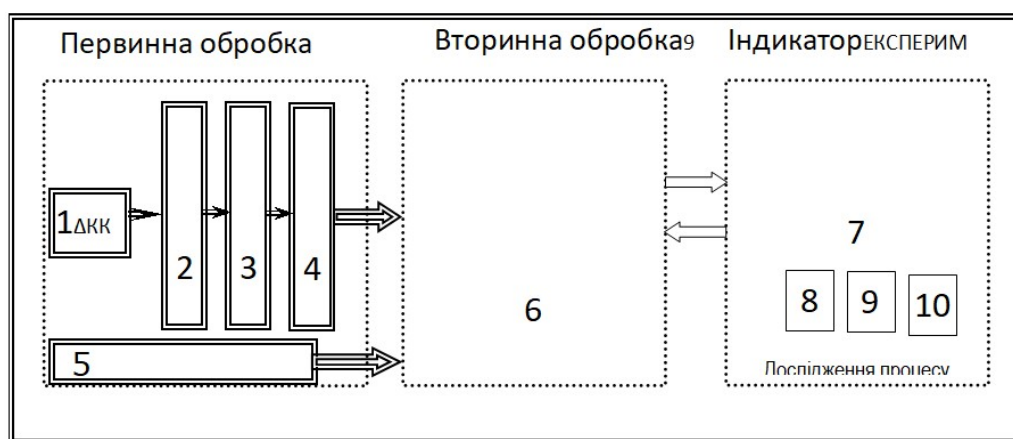


Рис. 3.8. Блок – схема пристрою визначення положення ПП

Блок розрахунку точки прикладання рівнодіючої бічної сили, блок безперервної інформації про становище ПП і його візуальної індикації, який підключено до системи вторинної обробки та індикації ПП, який відрізняється тим, що система первинної обробки додатково забезпечена блоками безперервного вимірювання тангенціальних швидкостей, які безпосередньо пов'язані з системою вторинної обробки, а індикатор додатково містить блок інформації про становище ПП і точки прикладання рівнодіючої всіх сил.

Формалізована модель відноситься до засобів інформаційного забезпечення управління рухом судна при маневруванні і використовується як засіб безперервного автоматичного визначення положення ПП, без інформації про внутрішні і зовнішні керуючі сили, для оперативного управління маневруванням суден при русі і буксирами.

Контроль зміни положення ПП дозволяє отримувати безперервну

інформацію, що стосується необхідності зміни плану маневрування без затримок, властивих приладам оцінки відхилення показників.

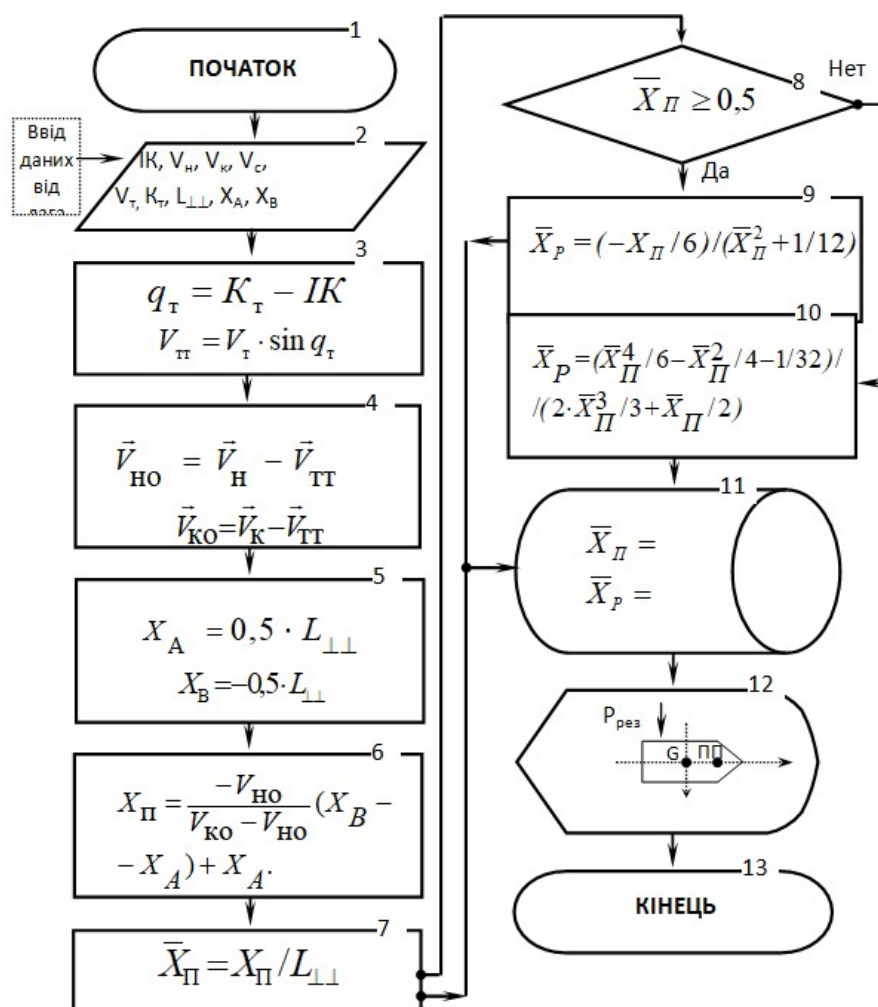


Рис. 3.9. Блок – схема алгоритму розрахунку абсциси ПП і рівнодіючої сили методом швидкостей кінцівок

3.4. Натурні випробування процесу маневрування для визначення абсциси положення ПП

Для перевірки запропонованої моделі оцінки абсциси ПП по тангенціальним швидкостям кінцівок були проведені натурні випробування. При проведенні експериментів на судні використовувалося штатне навігаційне обладнання. Переносні GPS Garmin Trex 30 GN33 володіють точністю при використанні диференціального режиму (DGPS): радіальною

СКП місця до 3 м і точністю визначення швидкості до 1 вузла і курсу до 2°.

При використанні керуючих впливів змінюються точки прикладання поперечних сил, в результаті чого становище ПП переміщається, що істотно впливає на характер маневрування. Точку прикладання поперечних сил коректно визначити розрахунковим способом не завжди вдається. У той же час експериментальне визначення положення ПП дозволяє, як уточнити розрахункові методи визначення положення ПП, так і отримати закономірності його переміщення при маневруванні, тому дослідження стану ПП в натурних умовах є досить актуальним.

Для визначення положення ПП при маневруванні судна необхідно використовувати високоточні методи оперативного визначення тангенціальних швидкостей країв судна щодо води та ґрунту, з урахуванням зовнішніх збурень, для визначення абсциси положення ПП.

Для дослідження способу визначення положення ПП експерименти проводилися на високоенергетичному буксирі - постачальнику "RAWABI 15" в лютому 2014 року в Перській затоці. Воно обладнане сучасними високоточними навігаційними пристроями, включаючи чотирьох променевий доплерівський лаг.

Судно "RAWABI 15" є буксиром - якоря завізником - постачальником для обслуговування об'єктів на шельфі. Його брутто реєстровий тоннаж GRT 1714 тон, NRT 514 тон. Водотоннажність 3054 тони, довжина 59.85м, довжина між перпендикулярами 52,8м, ширина 14,95м, максимальна осадка 5,11м. Має 2 двигуна Caterpillar 3516 (5) 1800 Rpm потужністю 2х3000 к.с. (Сумарний упор гвинтів 72,85 т), 2 носових підрулюючих пристрою по 650kW (упор по 10т) і 1 кормовий підрулюючий пристрій потужністю 400kW (упор 6т). Має наступне навігаційне обладнання: GPS - Furuno 50, Doppler speed log - Furuno DS-60, gyro compass Raytheon Anschutz Digital Gyro STD 22, auto pilot Raytheon Anschutz NP60, AIS Furuno FA-150.

Лаг FURUNO DS-60 має таку точність: швидкість відносно ґрунту (при швидкості менш 1 вузла) $\pm 0,01$ м/с; швидкість відносно ґрунту (при

швидкості понад 1 вузла) $\pm 1\%$ + або $\pm 0,1$ узла (в залежності, що більше); швидкість щодо води $\pm 1\%$ або $\pm 0,1$ узла (в залежності, що більше); швидкість щодо води $\pm 1\%$ або $\pm 0,04$ вузла (в залежності, що більше). Діапазон глибин застосування - від 0 до 200 м, радіальна СКП місця до 2 м.

Допплерівський лаг за своїм фізичним змістом може показувати швидкість центра ваги судна відносно ґрунту, як власне так і з допомогою GPS. Крім того він може обчислювати і показувати швидкість і напрямок течії щодо ґрунту, а також тангенціальні швидкості країв судна.

Після визначення відносних тангенціальних швидкостей країв і по ним визначити положення ПП. Судно здійснювало маневри і результати маневрів, відображені на екрані лага, які фотографувалися. Нижче на рис. 3.10 надано зображення експерименту 11/7.

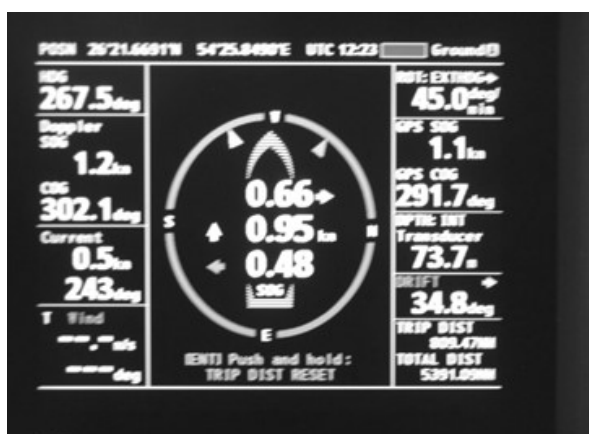


Рис.3.10. Екран лага Furuno DS-60 при експерименті 11/7

Положення ж полюса повороту на судні визначається щодо води.

Експерименти виконувалися шляхом маневрування, з використанням різних варіантів керуючих впливів за схемою чергування маневрів, як наведено на рис. 3.11. При цьому використовувалося носовий і кормовий підрулюючий пристрій, а також робота машинами на упор переднього і заднього ходів. На екрані доплерівського лага в центральній частині показується поздовжня швидкість судна (вперед або назад) і тангенціальні швидкості носа і корми (вправо або вліво). Зліва вгорі показаний істинний

курс судна, нижче - загальна швидкість і шлях судна по лагу, ще нижче - курс і швидкість течії.

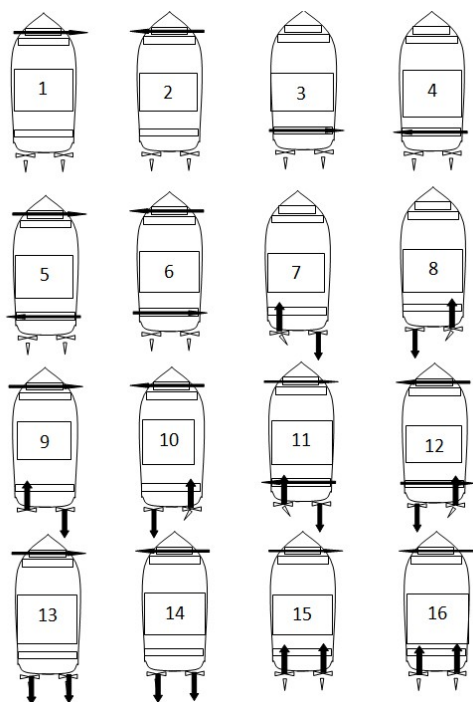


Рис. 3.11. Схеми виконання експериментів на т/х “RAWABI 15”

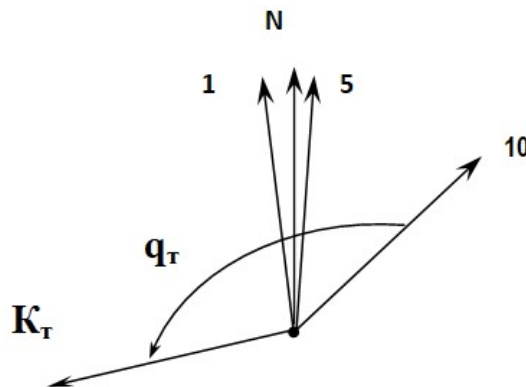


Рис. 3.12. Розташування течії відносно істинного курсу

Справа вгорі - кутова швидкість судна, нижче - загальна швидкість судна і шлях по GPS, глибина і дрейф судна. Ще нижче - дистанція, пройдена в даному рейсі і загальна дистанція, пройдена по лагу. Вгорі над таблицею показуються координати судна і час UTC.

Для визначення тангенціальних швидкостей носа і корми судна спочатку потрібно було врахувати дрейф судна і зсув течією. Значення дрейфу показується для точки положення центра ваги судна і на визначення тангенціальних швидкостей кінцівок він не впливає. Тому будемо враховувати тільки течію.

За результатами експериментів були складені таблиці даних, приклад якої, для експерименту 1 наведено в табл. 3.1. Використовувалися умовні позначення, приведені на рис. 3.6.

Для опису процесу зміни параметрів маневрування і розрахунку абсциси ПП зобразимо графічну схему розташування курсу щодо течії для експерименту 1, рис. 3.12, при цьому істинний курс зобразимо з цифрою

номеру спостереження при маневрі і курсовий кут течії як зображено в додатку А.

Для врахування течії і методики розрахунку абсциси ПП використаємо схему руху судна для експерименту 2, дані про який представлені в табл. 3.2.

Таблиця 3.2. Результати натурних спостережень для випадку роботи НПП вліво

Курс судна ІК	83,2	83,6	82,6	80,4	77,8	75,5	71,7	67,4	62,5	58,1
V_n , вуз.	-0,42	-0,45	-0,54	-0,71	-0,86	-0,98	-1,15	-1,31	-1,47	-1,59
V_k , вуз.	-0,59	-0,59	-0,45	-0,27	-0,19	-0,16	-0,14	-0,09	-0,08	-0,04
V_c , вуз.	-0,43	-0,45	-0,47	-0,48	-0,48	-0,48	-0,47	-0,43	-0,37	-0,32
V_t , вуз.	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_t	246	246	246	246	246	247	247	247	247	247
Курсовий кут течії q_t	162,8	162,4	163,4	165,6	168,2	171,5	175,3	179,6	184,5	188,9

По результатам експерименту 2 були оброблені дані згідно з блок-схеми алгоритму, приведеному на рис.3.9., і результати, наведені в табл.3.3.

Таблиця 3.3- Результати розрахунку даних експерименту 2

№№	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
V_{tt}	0,177	0,181	0,143	0,124	0,102	0,074	0,041	0,003	-0,035	-0,077
V_{no}	-0,597	-0,631	-0,643	-0,834	-0,962	-1,054	-1,191	-1,313	-1,435	-1,513
V_{ko}	-0,767	-0,771	-0,593	-0,394	-0,292	-0,234	-0,181	-0,093	-0,045	-0,037
X_{tt}	157,1	196,1	-290,4	-58,8	-41,4	-36,7	-33,7	-30,3	-29,4	-26,5
X_{no}	211,8	264,4	-666,8	-48,4	-33,4	-31,4	-35,8	-26,4	-28,0	-27,5
$\bar{X}$	8,02	10,0	-25,3	-1,83	-1,27	-1,19	-1,17	-1,0	-1,06	-1,06
$\bar{X}_n$	-0,02	-0,067	0,007	0,09	0,127	0,131	0,128	0,155	0,145	0,145

3.5. Висновки по третьому розділу

1. Виконаний аналіз існуючого способу розрахунку положення абсциси ПП показав, що він має обмежене призначення тільки для однієї сили, а розрахункові схеми і алгоритми визначення для інших випадків відсутні.

2. Запропонований метод результуючої сили дозволив вперше отримати формалізовану модель розрахунку результуючої бічної сили $P_{рез}$ і по її значенню розташування ПП. Однак такий спосіб потребує коригувати вхідні дані для розрахунків, що потребує часу, якого обмаль під час маневрування.

3. Розроблена вперше формалізована модель визначення абсциси ПП і плеча рівнодіючої бічних сил по даним доплерівського лагу дозволяє без істотних змін в навігаційному обладнанні судна отримати пристрій, який суттєво полегшить процес інформаційного забезпечення маневрування і підвищить його безпеку.

4. Виконані натурні випробовування процесу визначення абсциси ПП дозволили провести верифікацію запропонованої моделі визначення абсциси ПП та отримати розрахункові алгоритми для розробки навігаційного пристрою для підвищення надійності забезпечення процесу маневрування.

5. Отримані результати досліджень можуть використовуватися для розробки нового навігаційного пристрою інформаційного забезпечення процесу маневрування.

Зміст даного розділу викладено в роботах [104-110, 113, 115, 120].

РОЗДІЛ 4. ДОСЛІДЖЕННЯ ШИРИНИ МАНЕВРОВОГО ЗСУВУ

4.1. Аналіз сучасних способів визначення ширини маневрового зсуву на прямолінійних і криволінійних відрізках шляху

Питання про безпеку руху судна під час маневрування, особливо в стислих водах, до теперішнього часу залишається відкритим. Це обумовлено відсутністю відповідних навігаційних приладів, які могли б оперативно контролювати параметри, які характеризують стан судна і їх небезпечне відхилення від планових значень. Це змушує використовувати окомірні способи визначення траєкторії руху, контролю пересування та розрахунок моменту початку перекладки руля.

При використанні сучасного навігаційного обладнання планування шляху та контроль місця переміщення судна на прямолінійних ділянках шляху можна забезпечити з досить високою точністю. Однак, при цьому потрібно враховувати ризикання судна, що призводить до маневреного зміщення, величина якого залежить від зовнішніх впливів.

Представимо судно у вигляді прямокутника з шириною B_c і довжиною між перпендикулярами L з характерними точками: центр ваги G ; центр управління $ЦУ$ - точка на судні в якій перебуває особа, яка проводить окомірне визначення положення судна; крайні характерні точки ватерлінії по носу H_n і H_p та кормі K_n і K_p .

Під шириною смуги, займаної судном при маневруванні B_{Π} , будемо мати на увазі [104] величину проєкцій крайніх точок характерного лінійного розміру $L_x = \sqrt{L^2 + B_c^2}$ на лінію, перпендикулярну вектору переміщення судна:

$$B_{\Pi} = L_x \cdot \sin \left(C + \arctg \left(\frac{B_c}{L} \right) \right), \quad (4.1)$$

де C – сумарний кут зсуву.

Ширину маневреного зсуву Y_m визначають по формулі:

$$Y_m = 2 Y_o + B_{\Pi} \quad (4.2)$$

де Y_o – бічний зсув ЦВ від лінії планового шляху за рахунок рискання. Його можна визначити по формулі:

$$Y_o = V t_3 \sin \varphi(t), \quad (4.3)$$

де t_3 – час запізнення в обробці інформації в системі управління;

$\varphi(t)$ – кут рискання; V – швидкість судна по лагу.

Вірогідну ширину смуги маневрового зсуву визначають шляхом лінійного складання Y_m і середньоквадратичної похибки визначення місця судна M_o :

$$Y_{mb} = 2(Y_m + M_o) + B_{п}. \quad (4.4)$$

Необхідною і достатньою умовою безпечного проходження одиночного судна через небезпечний район обмежених вод є виконання вимоги, щоб допустима ширина безпечної смуги руху Y_{md} , що знімається з карти, була більше ймовірної ширини смуги Y_{mb} тобто $Y_{md} > Y_{mb}$. З цієї нерівності можна визначити вимоги до необхідної точності визначення місця $M_{од}$ для забезпечення безаварійного проходу району обмежених вод, з урахуванням максимального значення кута зсуву $C = 90^\circ - \arctg(B/L)$, коли ширина смуги, займаної судном, максимальна і дорівнює L_x :

$$M_{од} < 0,5 Y_{mb} - Y_o - 0,5 L_x. \quad (4.5)$$

Необхідну ширину маневреного зсуву при криволінійному русі зазвичай визначають за допомогою емпіричної формули [104]:

$$B_{пк} = B_c + 0,09 \cdot L + M_o, \quad (4.6)$$

де $B_{пк}$ – ширина суднохідної акваторії фарватеру чи каналу на повороті, м; B_c – ширина судна на міделі, м; L – довжина судна між перпендикулярами, м; M_o – похибка утримання судном місця (точність визначення місця).

Оскільки при зміні курсу розрахунок траєкторії руху і момент початку перекладки руля визначаються окомірно, ситуація змінюється швидко і контролювати рух при допомозі навігаційних пристроїв не завжди можливо. При циркуляції великовантажних суден, навіть якщо точка обсервації знаходиться за межами забороненого району, то крайня носова (або кормова)

частина судна все-таки може перебувати в забороненому районі, що призводить до аварії або аварійної ситуації.

У зв'язку з цим, розрахунок безпечних параметрів руху судна в умовах обмеженого простору плавання на стадії планування стає обов'язковим і вимагає застосування нових методів розрахунку, які б враховували всі небезпечні чинники, статистику аварійності, ситуаційні та ймовірні характеристики як самого судна так і акваторії для маневрування.

При плаванні в обмежених водах крім того доводиться враховувати співвідношення між глибиною і осадкою, так як при маневруванні на мілководді виникають сили гідродинамічної взаємодії корпусу судна і ґрунту, які суттєво впливають на поведінку судна. Тому необхідна підвищена точність планування шляху і більш ретельний контроль місця положення судна з високою ретельністю.

Достатню точність планування шляху на прямолінійних і криволінійних відрізках можна забезпечити за рахунок використання методу траєкторних точок, який наведено в роботах [23, 24]. Цей метод дозволяє автоматизувати процес планування і використовувати новітні способи постійного контролю бічного зсуву і оперативного коригування виникаючих відхилень.

Це вимагає від судноводія постійно автоматично визначати ширину маневреного зсуву для своєчасного реагування на відхилення від планового шляху. Для цього пропонується навігаційний прилад, блок – схема якого приведена на рис.4.1.

При управлінні судном на постійному курсі ризикання має невелике значення кутової швидкості ω . При зменшенні швидкості руху чи рості зовнішніх впливів кут ризикання збільшується до значення допустимої кутової швидкості $\omega_{\text{риск}}$, значення якої може регулювати судноводій.

При виконанні поворотів кутова швидкість значно збільшується і перевищує $\omega_{\text{риск}}$. Тому система працює в двох режимах: визначення ширини маневрового зсуву при прямолінійному русі в постійному режимі; автоматичне переключення на визначення ширини зсуву при криволінійному

русі і перехід на постійний режим після закінчення повороту.

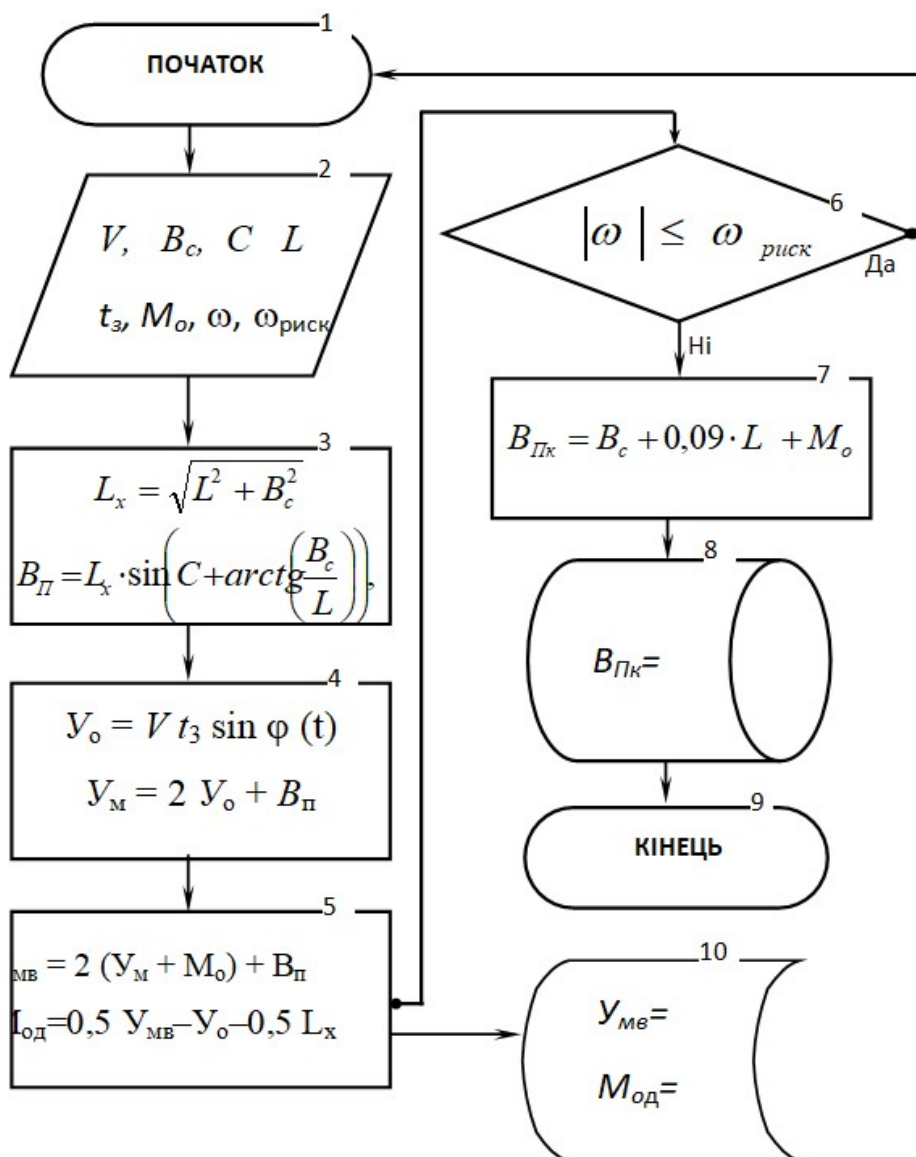


Рис. 4.1. Блок – схема розрахунку ширини маневрового зсуву

Таким чином постійне визначення ширини маневреного зсуву вимагає введення даних про кутову швидкість ω , граничне значення кутової швидкості $\omega_{\text{риск}}$ по умовам плавання і точність визначення M_o , введення і розрахунок яких вимагає затрат часу. Крім того, розрахунок ширини маневреного зсуву по формулі 4.6, не враховує кута перекладки руля, тому не являється досить точним. По цій причині потрібно використовувати більш досконалі і оперативні способи визначення маневреного зсуву, які дозволяють постійно показувати вірогідну ширину маневрового зсуву, без необхідності вводити будь які дані [111, 114].

4.2. Розробка способів розрахунку ширини маневреного зсуву по абсцисі полюсу повороту

При криволінійному русі ширина маневреного зсуву судна збільшується, порівняно з прямолінійним і вона визначається положенням ПП. Граничним значенням розподілу характеру руху являється величина $\omega_{\text{риск}}$, якої досягає значення кутової швидкості при утриманні в ручному режимі управління чи з допомогою авто стернового.

Для отримання залежностей, які описують ширину маневреного зсуву при криволінійному русі, розглянемо схему повороту судна, яка зображена на рис. 4.2. На схемі приведено випадок розташування ПП в межах корпусу судна при передньому ході. Випадок розташування ПП за межами корпусу розглядати не будемо, оскільки він відповідає використанню якоря, буксирів і швартовних кінців і не представляє інтересу для руху в каналах і фарватерах, коли судно управляється рулем.

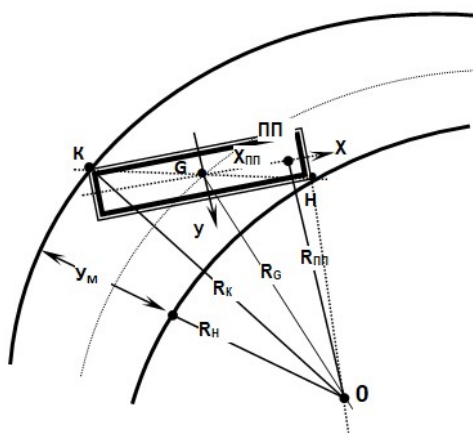


Рис. 4.2. Схема криволінійного руху при повороті судна

Не дивлячись на це можливо розрахувати ширину маневреного зсуву для любых способів виконання морських операцій, коли акваторія для маневрування значно обмежена.

Як витікає із схеми на рис. 4.2, ширина полоси маневреного зсуву Y_M дорівнює різниці радіусів кривизни траєкторій R_K точок корми K і носа R_H .

$$Y_M = R_K - R_H. \quad (4.7)$$

Величини цих радіусів знайдемо наступним чином. Радіус кривизни

траєкторії ПП R_{III} визначимо із прямокутного трикутника GPO за формулою:

$$R_{III} = \sqrt{R_G^2 - X_{III}^2}, \quad (4.8)$$

де R_G - радіус кривизни ЦВ, відомий із суднових документів.

Радіус кривизни траєкторії зовнішньої кормової точки R_K визначимо із трикутника із сторонами $R_{III} + (B_c / 2)$, $(L / 2) + X_{III}$ за формулою:

$$R_K = \sqrt{(X_{III} + \frac{L}{2})^2 + (R_{III} + \frac{B_c}{2})^2}, \quad (4.9)$$

де X_{III} - абсциса ПП, L - довжина між перпендикулярами, B_c - ширина.

Для визначення радіусу R_H носової внутрішньої точки H розглянемо трикутник HGO . Позначимо кут PGO через α , кут PGH через β а кут HGO через γ . Тоді для HGO (рис. 4.2.) за формулою косинусів отримаємо:

$$R_H = \sqrt{R_G^2 + (L_x / 2)^2 - R_G \cdot L_x \cdot \cos \gamma}, \quad (4.10)$$

де L_x - характерний лінійний розмір HK , який дорівнює $L_x = \sqrt{L^2 + B_c^2}$.

Значення кута α розрахуємо за формулою:

$$\alpha = \arcsin\left(\frac{R_{III}}{R_G}\right). \quad (4.11)$$

Значення кута β розрахуємо за формулою:

$$\beta = \arcsin\left(\frac{\frac{B_c}{2}}{\frac{L_x}{2}}\right) \quad (4.12)$$

Тоді значення кута γ розрахуємо за формулою:

$$\gamma = \alpha - \beta \dots\dots\dots (4.13)$$

Враховуючи радіальну СКП визначення місця M_0 отримаємо формулу для визначення вірогідної ширини маневреного зсуву при повороті судна:

$$Y_{MBK} = R_K - R_H + 2M_0 = \sqrt{(X_{III} + \frac{L}{2})^2 + (R_{III} + \frac{B_c}{2})^2} - \sqrt{R_G^2 + (L_x / 2)^2 - R_G \cdot L_x \cdot \cos \gamma} + 2 M_0 \quad (4.14)$$

Отримана формалізована модель (4.14) визначення вірогідної ширини маневреного зсуву при повороті судна V_{MB} дозволила установити її залежність від абсциси ПП і радіуса циркуляції при куті перекладки руля.

Таким чином величиною абсциси ПП і величиною радіуса циркуляції ЦВ та кормової кінцівки судна задаються розміри акваторії, яка необхідна для виконання повороту судна і маневрування.

4.3. Система підтримки прийняття рішення по оперативному визначенню положення ПП

Для обґрунтування використання абсциси ПП в якості міри повороткості розглянемо графічним способом вплив положення ПП на радіус циркуляції кормової частини судна і ширину смуги його маневреного зсуву при криволінійному русі. Вони визначають розміри акваторії, необхідної для виконання маневру. Для цього розглянемо криволінійний рух двох суден, однакових розмірів з однаковими радіусами кривизни траєкторії ПП, але з різними величинами їх абсцис. У одного з суден ПП розташований на носовому перпендикулярі, в другого на відстані близько 0.3 довжини судна в ніс від ЦВ, як наведено на рис. 4.3.

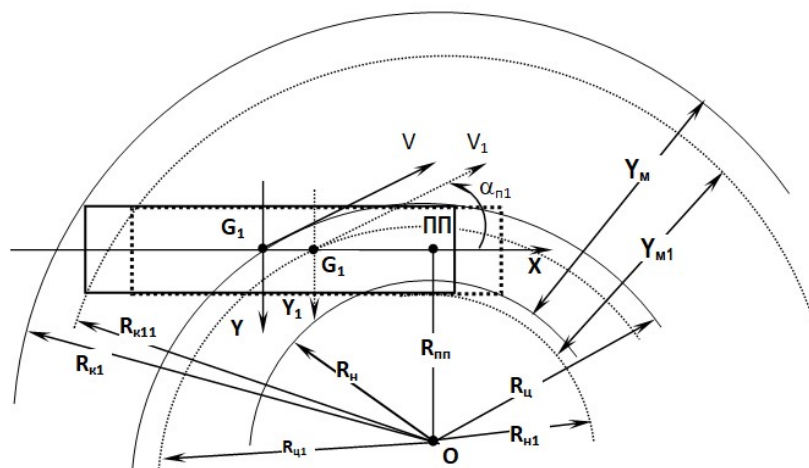


Рис. 4.3. Параметри криволінійного руху двох однакових суден з різними значеннями абсцис ПП

Аналіз рис. 4.3. показує, що судно з меншим значенням абсциси ПП має

при тому ж значенні $R_{пп}$ менший радіус циркуляції кормової частини $R_{к1}$, і йому потрібна смуга руху меншої ширини $Y_{м1}$. Однак радіус циркуляції $ПП$ $R_{пп}$ не є параметром, за яким зазвичай судять про поворотність судна.

На рис. 4.4 показані геометричні параметри циркуляції для суден з різними абсцисами $ПП$ при однаковому радіусі циркуляції $ЦВ$.

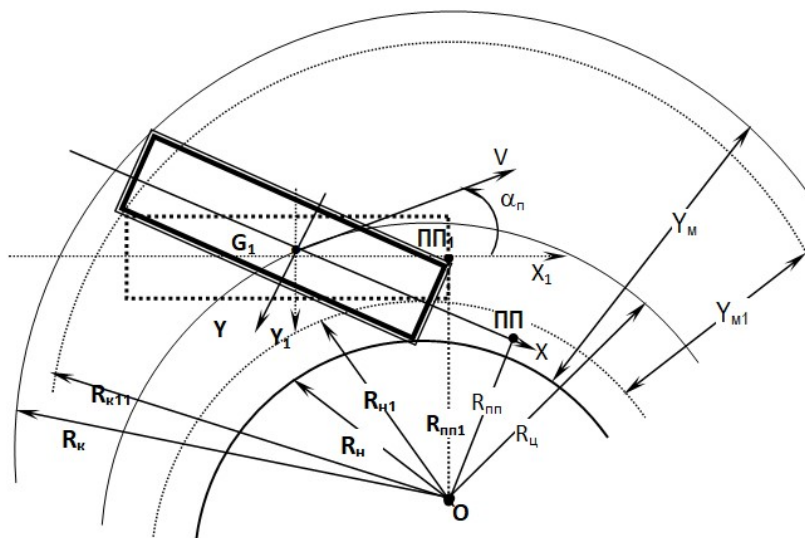


Рис. 4.4. Параметри криволінійного руху двох однакових суден з різними значеннями абсцис $ПП$ і однаковим радіусом циркуляції

Як випливає з рис. 4.4 при однакових радіусах циркуляції $ЦВ$ судно з меншим значенням $X_{пп1}$ має менший радіус циркуляції кормовій частині $R_{к1}$ і більший радіус R_k у судна з великим $X_{пп}$. Ширина необхідної смуги руху для цього судна $Y_{м1}$ менше ширини смуги судна з великим значенням $X_{пп}$.

Таке порівняння дозволяє зробити висновок, що судно з більшою абсцисою $ПП$ займає більшу ширину маневреного зміщення при повороті, що слід враховувати при виконанні поворотів і використанні буксирів.

При однакових радіусах циркуляції корми і різних абсцисах $ПП$ геометричні характеристики криволінійного руху даних суден представлені на рис. 4.5.

Аналіз отриманих значень співвідношення радіуса корми R_k і абсциси $ПП$ показує, що судно з меншим значенням $X_{пп}$, незважаючи на більший радіус циркуляції $R_{ц1}$, вимагає смугу руху меншої ширини $Y_{м1}$. З наведеного

аналізу, а також з рис.4.3 і 4.4 можна зробити наступні висновки: радіус циркуляції центру ваги $R_{\text{ц}}$ або кормовій частині $R_{\text{к}}$ не дає повного уявлення про розміри характеристик поворотності тільки по радіусу циркуляції не дає вичерпної інформації для планування маневру циркуляції в стислих водах; зміна значення абсциси ПП істотно впливає на значення маневреного зміщення при циркуляції судна, при цьому судно з меншим значенням абсциси ПП, при однакових радіусах циркуляції будь-яких точок ДП, завжди вимагає для маневру акваторії менших розмірів.

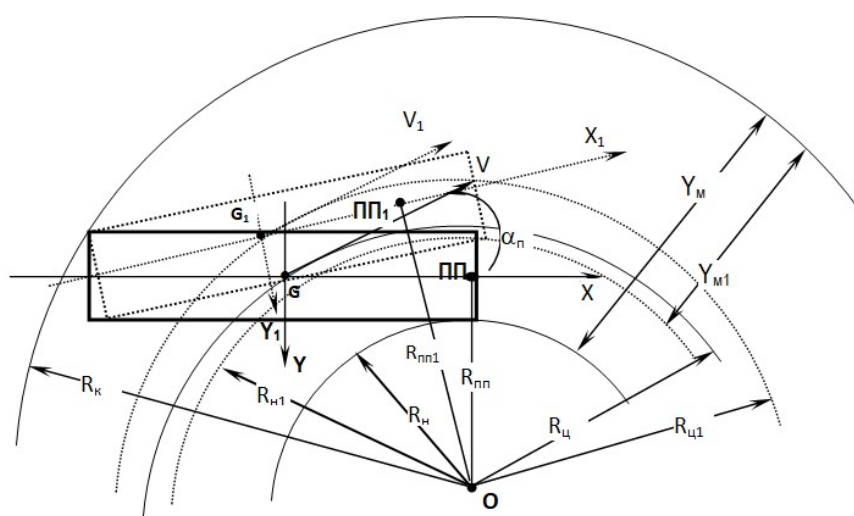


Рис. 4.5. Криволінійний рух суден з однаковими $R_{\text{к}}$ і різними значеннями абсциси ПП

З отриманих результатів видно, що значення абсциси ПП визначає ширину маневреного зміщення, тому її значення може бути використано для оцінки параметрів маневрування. Обмеження максимального значення абсциси ПП на циркуляції фактично дозволить визначити значення ширини смуги руху судна в залежності від його головних розмірів, які визначаються «характерним лінійним розміром» $L_{\text{х}}$.

Крім цього важливо відзначити таку особливість параметра $X_{\text{пп}}$, виявлену в попередніх розділах: при повороті судна абсциса полюса повороту досягає значення, відповідного сталій циркуляції даної кривизни, ще на початку еволюційного періоду, що дає можливість приймати в

розрахунках геометричних параметрів повороту судна значення $X_{ПП}$ для сталої циркуляції даного радіусу.

Таким чином, доцільно оцінювати значення абсциси полюса повороту на сталій циркуляції, оскільки саме вона визначає положення полюса повороту в міру того маневру, який виконується.

Особливе значення розрахунків абсциси ПП може мати для безпеки плавання судна в умовах обмеженого простору на акваторіях портів, в підхідних каналах, гирлах річок, на внутрішніх водних шляхах. Останнім часом з'являється багато робіт, присвячених принципам модернізації та будівництва судноплавних шляхів відповідно до сучасних умов судноплавства. Нормування керованості суден повинно проводитися в комплексі з розробками нових принципів устрою судноплавних шляхів.

Використання абсциси ПП як пріоритетної величини має такі переваги:

- задає габарити акваторії для маневрування по відомому судноводію радіусу кривизни траєкторії будь-якої точки $ДП$ судна (наприклад, зазвичай використовуваними радіусами циркуляції ЦВ або кормової характерної точки) і визначеної величини абсциси $ПП$ на сталій циркуляції даної кривизни без використання інших параметрів руху судна;

- абсциса полюса повороту для сталої циркуляції може бути з достатньою точністю визначена ще на стадії проектування судна, так як вона залежить лише від гідродинамічних характеристик корпусу і практично не залежить від типу встановленого на судні $ДРК$.

Для постійного автоматичного визначення ширини маневреного зсуву для своєчасного реагування на відхилення від планового шляху пропонується система контролю і реєстрації, блок – схема якої приведена на рис.4.6

При управлінні судном на постійному куті ризику має невелике значення кутової швидкості ω , величину якої може регулювати судноводій, шляхом управління швидкістю чи перекладкою руля.

При виконанні поворотів кутова швидкість значно збільшується і судноводій назначає таке значення параметру $\omega_{риск}$, при якому система

автоматично переходить в режим повороту. Тому система працює в двох режимах: визначення ширини маневрового зсуву при прямолінійному русі в постійному режимі; автоматичне переключення на визначення ширини зсуву при криволінійному русі і перехід на постійний режим після повороту.

Перелік вхідних даних, які необхідні для роботи системи постійного визначення вірогідної ширини полоси приведені в табл. 4.1.

Таблиця 4.1. Вхідні дані для системи визначення вірогідної ширини полоси

№№	Умовне позначення	Назва параметру	Джерело розрахунку
1	ω	Кутова швидкість	Датчик
2	$\omega_{\text{риск}}$	Гранична кутова швидкість	Судноводій
3	$X_{\text{ПП}}$	Абсциса полюсу повороту	Навігаційний пристрій
4	φ	Кут рискання на постійному курсі	Судноводій
5	C	Сумарний кут зсуву	Судноводій
6	L	Довжина судна між перпендикулярами	Суднові документи
7	B_c	Ширина судна на міделі	Суднові документи
8	t_z	Час запізнення інформації для обробки	Судноводій
9	V	Швидкість судна по лагу	Датчик
10	R_G	Радіус циркуляції центру ваги	Суднові документи
11	$R_{\text{ПП}}$	Радіус полюсу повороту	Формула 4.8
12	M_0	Радіальна СКП визначення місця	Суднові документи
Вихідні дані			
1	Y_{MB}	Вірогідна ширина полоси прямолінійного руху	
2	Y_{MBK}	Вірогідна ширина полоси криволінійного руху	
3	$M_{0\text{д}}$	Необхідна точність визначення місця для стислих вод	

Для організації безпечного плавання в районах стислих вод необхідно: перед входом в район стислих вод оцінити кут ризику φ ; відповідну йому кутову швидкість $\omega_{\text{риск}}$ та сумарний кут зсуву C для прийнятого способу управління. Спосіб управління ручний чи автоматичний впливає на параметри, які визначають ширину полоси бічного зсуву U_0 .

4.4. Висновки по четвертому розділу

Аналіз існуючих способів розрахунку ширини полоси маневреного зсуву і розробка на його підставі [104] розрахункових схем і алгоритмів дозволив побудувати систему неперервної інформації про його значення. Однак постійне визначення ширини маневреного зсуву вимагає введення даних про кутову швидкість ω , граничне значення кутової швидкості $\omega_{\text{риск}}$ по умовам плавання і точність визначення місця M_0 , введення і розрахунок яких вимагає затрат часу.

Крім того, розрахунок ширини маневреного зсуву для криволінійного руху по емпіричній формулі не враховує кута перекладки руля, тому не являється досить точним.

По цій причині були використовувані більш досконалі і оперативні способи визначення маневреного зсуву по величині абсциси ПП. Вони дозволяють постійно показувати вірогідну ширину маневреного зсуву, без необхідності вводити будь які дані [111, 114], використовуючи інформацію доплерівського лага.

Виконаний графічний аналіз показав, що величину абсциси ПП визначає ширину маневреного зміщення, тому її значення може бути використано для оцінки параметрів маневрування. Обмеження максимального значення абсциси ПП на циркуляції фактично дозволить визначити значення ширини смуги руху судна в залежності від його головних розмірів, які визначаються «характерним лінійним розміром» L_x .

Крім цього важливо відзначити таку особливість параметра $X_{\text{ПП}}$: при

повороті судна абсциса полюса повороту досягає значення, відповідного сталій циркуляції даної кривизни, ще на початку еволюційного періоду, що дає можливість приймати в розрахунках геометричних параметрів повороту судна значення $X_{ПП}$ для сталої циркуляції даного радіуса. Це значно підвищує оперативність такої інформації.

Використання абсциси полюса повороту в якості пріоритетної величини має такі переваги:

- задає розміри акваторії для маневрування по відомому судноводію радіусу кривизни траєкторії ЦВ і визначеної величини абсциси ПП на сталій циркуляції;

- абсциса ПП для сталої циркуляції може бути з достатньою точністю визначена ще на стадії проектування судна, так як вона залежить лише від гідродинамічних характеристик корпусу і практично не залежить від типу встановленого на судні *ДРК*.

Для підвищення інформаційного забезпечення процесу маневрування, і особливо на криволінійних траєкторіях, рекомендується постійне використання розробленої системи контролю і реєстрації для автоматичного визначення ширини маневреного зсуву і своєчасного реагування на відхилення від планового шляху.

Зміст даного розділу викладено в роботах [104-110].

РОЗДІЛ 5. ІНФОРМАЦІЙНЕ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ПРОЦЕСУ МАНЕВРУВАННЯ ПРИ МОРСЬКИХ ОПЕРАЦІЯХ

5.1. Системи підтримки прийняття рішення при виконанні морських операцій

При виконанні морських операцій існує два види роботи оператора, який планує і управляє процесом маневрування судна: з використанням навігаційних приладів і обчислювальної техніки; окомірно оглядовий спосіб. Існуючі навігаційні пристрої не завжди готують інформацію у вигляді, який дозволяє прийняти рішення по управлінню судном. Тому судноводій змушений додатково обробляти отримані дані і тільки після цього приймати рішення.

Наприклад, для визначення місця судна, необхідно підійти до супутникового індикатора і зняти координати, підійти до штурманського столу, нанести їх на карту, оцінити фактичне положення відносно планової траєкторії і прийняти рішення по подальшому руху, включаючи перепланування.

Необхідність використання розумових здібностей оператора призводить до затримки прийняття рішення, запізнення якого призводить до ускладнення процесу управління, включаючи можливий перед аварійний стан. Крім того, при виконанні криволінійного руху, використання приладів для контролю за параметрами повороту неможливо, через відсутність планових точок і швидкодії зміни обстановки.

Окомірно оглядовий спосіб дозволяє використовувати здібності оператора по оцінці відстаней до орієнтирів і положення судна на каналі чи фарватері, але він характеризується низькою точністю визначення відстаней до орієнтирів та значним зниженням можливостей оператора в темний час суток, та впливом зовнішнього середовища на психофізіологічні характеристики оператора. При використанні цього способу судноводій фактично поєднує функції планування і управління, виконуючи їх одночасно.

Тому використовувати цей спосіб при пониженій видимості не представляється можливим, а в нічний час ускладнено.

Процес виконання навігаційного переходу судна складається із двох етапів: перший полягає роботі по плануванню траєкторії руху, який може бути виконаний завчасно; другий етап заключається в контролі параметрів руху і оперативного визначення їх відхилення від планових, та коригування пересування, якщо маневрений зсув перевищує допустиме значення.

В умовах обмеженого простору, на каналах і фарватерах ширина судноплавної частини порівнянна з розмірами судна, що ускладнює управління рухом і вимагає значної точності планування шляху і визначення місця.

При виконанні першого етапу потрібно знати характеристики поворотності судна і таблицю шляхових точок переходу [114, 119]. Використовуючи метод планування шляху траєкторними точками [23-25] по таблиці координат ШТ та даним про характеристики поворотності судна, представляємо план переходу у вигляді суми матриць координат прямолінійних та криволінійних відрізків шляху. Матрична форма представлення вибрана тому, що вона може бути використана для комп'ютерної обробки і автоматизації процесів оперативного перепланування в режимі реального часу.

Формують масиви шляхових матриць і матриць ТТ повороту для всіх шляхових точок в наступному порядку:

$$M_{\Sigma} = M_{01} + M_{п12} + M_{12} + M_{п23} + \dots + M_{п(i+1)} + \dots + M_{i(i+1)} + \dots + M_{п(m-1)m} + M_{(m-1)m}, \quad (5.1)$$

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

$M_{п12}$ – матриця повороту із першої ШТ в другу від початку $H_{п1}$ до кінця $K_{п1}$ 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.

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 лоцманською проводкою по окремій методиці, як приведено в роботі [22].

Таким чином планування оформляється у вигляді сценарного плану руху, котрий позначається на карті у вигляді ТТ, та служить для підтримки прийняття рішення, і являється оптимальним, оскільки враховує як характеристики безпечної траєкторії так і маневрені властивості судна.

Враховуючи сучасний стан науки про планування шляху судна рекомендується вводити в склад системи підтримки прийняття рішення наступні навігаційні пристрої, які поки що не використовуються.

Основним пристроєм для формування високоточної траєкторії руху являється система розрахунку маневрених характеристик для текучого стану, яка дозволяє визначати параметри гальмування і управляємості, без знання яких забезпечити безаварійне маневрування неможливо. При цьому дані повинні бути представлені у вигляді таблиць, які легко використовувати при роботі з комп'ютером, як показано в додатках табл.5.1Д, 5.2Д.

Другою складовою частиною системи планування являється методика побудови криволінійних відрізків траєкторії шляху по координатам ШТ, кута повороту та перекладки руля, яка розроблена в роботі [18]. Вона містить три способи розрахунку: відрізків; перпендикулярів та еліпса. Графічний спосіб відрізків і перпендикулярів дозволяє виконати побудову траєкторії вручну і являється наглядним. В останній час розроблені комп'ютерні програми розрахунку координат криволінійних траєкторій по характеристиках поворотності [121, 122], які дозволяють виконувати планування і перепланування шляху в режимі реального часу. Це дозволяє будувати оперативні системи підтримки прийняття рішення (ППР) для використання їх під час маневрування.

Без виконання планування шляху і нанесення їх на карту у вигляді ТТ судноводій не може безаварійно управляти судном. Чим точніше нанесена

задана траєкторія, тим більш безпечним буде перехід.

Наступним кроком являється контроль параметрів руху, серед яких в якості головного завдання виступає точність визначення місця, включаючи контроль криволінійного руху відносно планових координат і вірогідної ширини смуги, яку судно займає при цьому. Тому розробка методів контролю відхилення фактичної траєкторії відносно планової, в тому числі при криволінійному русі, являється вельми актуальною.

При оперативному керуванні рухом судна і вирішенні задач навігації його розглядають як матеріальну точку. При вирішенні задач управління його розглядають як тверде тіло, поточне положення якого описується координатами центру ваги, включаючи лінійну і кутову швидкість обертання, а також кут дрейфу від обертання.

При виконанні вимірювань параметрів руху кожний із них визначається з певною похибкою, яка зазвичай приводиться в паспортних даних навігаційного приладу. Однак при подальшому використанні даних параметрів до них додається похибка процесу розрахунку.

Відомо, що похибки в залежності від їх походження, розглядають як інструментальні, методичні і спадкові. Інструментальні похибки визначаються точністю приладів, які виміряють даний параметр. Методичні похибки обумовлені використанням спеціальних чисельних методів при розрахунку різних функцій – тригонометричних, логарифмічних і т.д. Спадкові похибки виникають через трансформацію похибок вихідних даних при виконанні обчислень. При цьому розповсюдження спадкових похибок при виконанні обчислюваних процедур здійснюється по певним закономірностям [123, 124], які наведені в табл. 5.1.

На підставі аналізу закономірностей формування спадкових похибок результатів обчислень, які приведені в табл.5.1, в роботах [123, 124] були зроблені наступні висновки відносно способів зменшення таких похибок:

- при складанні чи відніманні довгої послідовності чисел потрібно спочатку оперувати з найменшими по модулю числами;

Таблиця 5.1. Розповсюдження спадкових похибок при обчисленнях

Операція обчислення	Вигляд функції	Абсолютна похибка	Відносна похибка
Складання	$x_1 + x_2$	$\Delta x_1 + \Delta x_2$	$(\Delta x_1 + \Delta x_2) / x_1 + x_2 $
Віднімання	$x_1 - x_2$	$\Delta x_1 + \Delta x_2$	$(\Delta x_1 + \Delta x_2) / x_1 - x_2 $
Множення	$x_1 \times x_2$	$\Delta x_1 \times x_2 + \Delta x_2 \times x_1 $	$\Delta x_1 / x_1 + \Delta x_2 / x_2 $
Розподіл	x_1 / x_2	$(\Delta x_1 \times x_2 + \Delta x_2 \times x_1) / x_2$	$\Delta x_1 / x_1 + \Delta x_2 / x_2 $
Зведення в ступінь	X^n	$\Delta x \times n \times x ^{n-1}$	$ n \times \Delta x / x $

– потрібно уникати складання чисел, які відрізняються на декілька порядків;

– для зменшення похибок округлення чисел, проміжкові дії рекомендується виконувати, зберігаючи після коми на 1-2 знаку більше, чим необхідно в результаті.

Це питання важливо тому, що при використанні систем ППР ми зобов'язані призначати допустиму величину параметру, при значенні якого система повинна коригувати планову траєкторію. Проблема виникає тоді коли відхилення параметра від планової величини дорівнює чи близько по значенню похибці вимірювань та обчислень.

Після того як визначили місце супутникової антени судна [117], її координати необхідно перерахувати на центр ваги, як приведено на рис. 5.1.

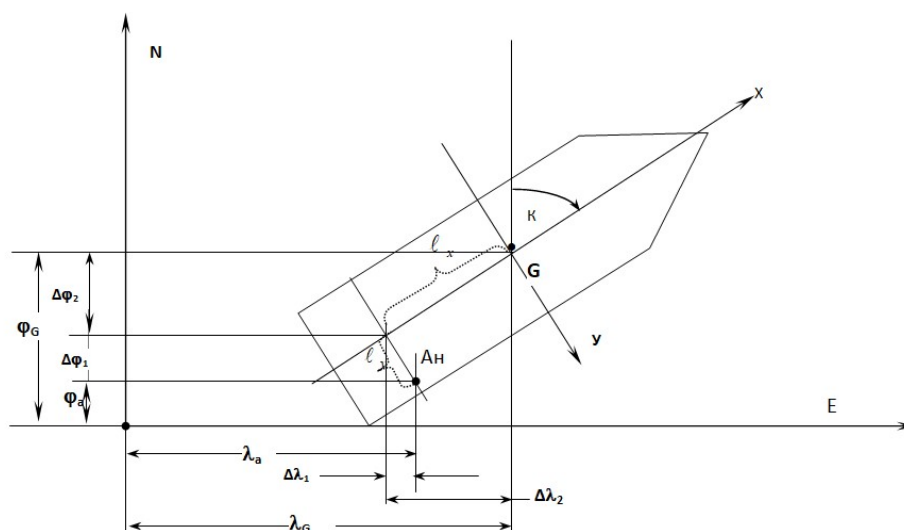


Рис. 5.1 Приведення координат антени до центру ваги судна

Геометричний аналіз алгоритму розрахунку поправок координат при перерахунку показав, що їх величина не являється постійною. Вона міняється в залежності від координат супутникової антени, місця її розташування на судні та текучого значення курсу.

Координати ЦВ φ_G и λ_G розраховуються по φ_a и λ_a при курсі K в діапазоні $0^0 \leq K \leq 90^0$, з урахуванням рис.5.1, при умові $\varphi_a \geq 0, \lambda_a \geq 0$, по наступним залежностям:

$$\varphi_G = \varphi_a + \Delta\varphi_1 + \Delta\varphi_2 = \varphi_a + \Delta\varphi_G \text{ и } \lambda_G = \lambda_a - \Delta\lambda_1 + \Delta\lambda_2 = \lambda_a + \Delta\lambda_G, \quad (5.2)$$

де $\Delta\lambda_1$ - проекція відстані точки розташування антени A_n від ДП, в милях;
 $\Delta\lambda_2$ - проекція відстані точки розташування антени від ЦВ, в милях; $\Delta\varphi_1$ - проекція відстані точки розташування антени від ЦВ на вісь φ , в милях;
 $\Delta\varphi_2$ - проекція відстані точки розташування антени від ЦВ на вісь φ , в милях; $\Delta\lambda_G$ и $\Delta\varphi_G$ - поправки координат ЦВ.

В розвернутому вигляді рівняння (5.2) можна записати так:

$$\Delta\lambda_1 = \ell_y \cdot \cos K; \Delta\lambda_2 = \ell_x \cdot \sin K \quad (5.3)$$

$$\Delta\varphi_1 = \ell_y \cdot \sin K; \Delta\varphi_2 = \ell_x \cdot \cos K \quad (5.4)$$

Тоді, після підстановки (5.3) і (5.4) в (5.2) отримаємо:

$$\lambda_G = \lambda_a - \ell_y \cdot \cos K + \ell_x \cdot \sin K \quad (5.5)$$

$$\varphi_G = \varphi_a + \ell_y \cdot \sin K + \ell_x \cdot \cos K \quad (5.6)$$

Положення супутникової антени в судновому формулярі описується проекціями місця розташування антени в метрах на суднову вісь X і на вісь Y . При цьому позитивне значення проекції прийнято по осі Y зі знаком плюс в сторону правого борта від центра ваги і по осі X в бік носа. Можливі

чотири випадки розташування антени по відношенню до центру ваги: в сторону носа з правого борту; в сторону носа з лівого борту; в бік корми з правого борту; в бік корми з борту. З урахуванням географічних координат можливі 64 розрахункових схеми, детальна блок схема алгоритму яких приведена в додатках на рис. 5.1В і 5.2В.

З урахуванням сучасного стану науки про судноводіння можна запропонувати [128] наступні системи підтримки прийняття рішень при маневруванні, які формують інформацію у вигляді, готовому для управління.

1. Система розрахунку характеристик гальмування та управляємості і представлення параметрів у вигляді таблиці параметрів, яка зручна для комп'ютерної обробки.

2. Система перерахунку маневрених характеристик на мілководдя.

3. Система формування плану переходу у вигляді шляхових точок, курсів для переходу із однієї точки в іншу та відстаней між ними.

4. Система планування переходу у вигляді матриць траєкторних точок прямолінійних і криволінійних відрізків шляху, включаючи координати точок початку і закінчення циркуляції.

5. Система перерахунку координат супутникової антени судна на центр його ваги.

6. Системи високоточного визначення вірогідної ширини бічного зсуву від планової траєкторії при прямолінійному та криволінійному русі.

7. Система попередження посадки судна на міліну.

8. Система підтримки прийняття рішення по оперативному визначенню положення ПП.

9. Система вибору безпечної швидкості по умовам плавання.

10. Система вибору вектору управління.

11. Система вибору точки прикладання буксирів та індикації положення ПП на контурі ватерлінії.

12. Система вибору маневру для розходження при надмірному, небезпечному чи аварійному наближенні і рекомендацій по маневруванню

для його попередження.

Приведемо коротку характеристику кожної системи ППР, та вхідні дані, які потрібні для виконання відповідних функцій.

Найбільш загальною і важливою являється система розрахунку маневрених характеристик [9], для роботи якої необхідно перелік вихідних даних, табл.5.1Д, 5.2Д і таблиці характеристик гальмування і повороткості, які приведені в табл.5.3Д, 5.4Д.

Систему перерахунку маневрених характеристик на мілководдя можливо розрахувати по залежностям, приведеним в роботі [9, 18], при цьому вхідними даними буде співвідношення глибини моря і середньої осадки .

Система формування плану переходу у вигляді шляхових точок, курсів для переходу із однієї точки в іншу та відстаней між ними розробляється судноводіями перед рейсом і представляється у вигляді таблиці [24, 25].

Система планування переходу у вигляді матриць траєкторних точок прямолінійних і криволінійних відрізків шляху, включаючи координати точок початку і закінчення циркуляції [24, 25], вхідними даними якої являється таблиця ШТ і маневрені характеристики судна.

Для системи перерахунку координат супутникової антени судна на центр його ваги вхідними даними будуть географічні координати антени, курс судна та координати антени відносно корпусу судна [117].

Система високоточного визначення вірогідної ширини бічного зсуву та відхилення від планової траєкторії при прямолінійному та криволінійному русі необхідні наступні дані: швидкість судна V ; ширина судна на міделі B_c ; кут дрейфу C ; довжина судна між перпендикулярами $L_{\perp\perp}$; час запізнення в обробці інформації в системі управління t_3 ; середньоквадратичної похибки визначення місця судна M_0 ; допустимої кутової швидкості $\omega_{\text{риск}}$, значення якої може регулювати судноводій для автоматичного переходу до визначення ширини маневреного зсуву при криволінійному русі; радіус кривизни траєкторії ПП $R_{\text{ПП}}$ і абсциси ПП, $X_{\text{пп}}$ [104, 114].

Система попередження посадки судна на мілину потребує координат

заданого шляху ТТ і обсервованого місця центру ваги при допустимому відхиленні, яке назначається судноводієм по умовам плавання.

Система підтримки прийняття рішення по оперативному визначенню положення ПП потребує даних від доплерівського лагу по тангенціальним швидкостям кінцівок, курсу судна, напрямку і швидкості течії та довжини судна між перпендикулярами [110,112, 114].

Для роботи системи вибору безпечної швидкості по умовам плавання [118] потрібно знання дальності впевненого визначення видимості навігаційних орієнтирів чи суден та маневрених характеристик власного судна. В практиці судноводіння це вперше розроблена формалізована модель, яка дозволяє розрахувати безпечну швидкість, і доповняє змістовні моделі, які містить правило 6 міжнародних правил попередження зіткнення.

Система вибору вектору управління дозволяє виконувати автоматично оцінку характеру зовнішніх впливів по швидкості судна, силі і напрямку вітру та хвилювання [97, 111].

Система вибору точки прикладання буксирів та індикації положення ПП на контурі ватерлінії дозволяє [108, 109, 112] визначити оптимальну точку прикладання буксирів по візуальному спостереженню положення ПП та оцінити ширину маневрового зсуву.

Система вибору маневру при надмірному наближенні під час розходження, та попередження про небезпечне та аварійне наближення дозволяє врахувати закономірності маневру останнього моменту і запропонувати рекомендації по маневруванню для його попередження [91].

Розглянуті системи ППР дозволяють оптимізувати процеси планування заданого шляху і управління маневруванням при русі по ньому. Вони можуть бути використані при навігаційній підготовці суден з без вахтовим управлінням рухом для роботи на лінії.

5.2. Інверсний спосіб сценарного планування швартовних операцій

Згідно вимог ММО планування рейсу потрібно виконувати [13] від причалу порту відходу до причалу порту відходу. Для відрізків шляху від моменту висадки лоцмана в порту відходу до моменту приймання його в порту приходу методика планування переходу досить ретельно розглянута в роботі [13], а методом траєкторних точок в роботах [24, 25]. Частково методика планування рейсу судном при швартовних операціях від місця прийому лоцмана до причалу і навпаки розглянута в роботі [22]. Однак система навігаційного пристрою по плануванню шляху, алгоритми і розрахункові схеми не приведені.

Суть інверсного планування заключається в призначенні координат першої ШТ точки у причалу і подальше планування до точки прийому лоцмана при заході. При відході координатами першої ШТ буде точка висадки лоцмана і останньою координати причалу.

В залежності від конфігурації операційної акваторії і маневрених характеристик судна наносять шляхові точки та визначають курс та відстань по кожному відрітку і складають таблицю ШТ. Подальший порядок розрахунків буде наступним:

1. Визначають кут повороту для кожної ШТ.
2. Визначають кут перекладки руля і характеристики для нього.
3. Для кожної ШТ визначають координати криволінійної траєкторії методом відрізків.
4. Від першої ШТ до точки початку циркуляції визначають координати прямолінійних відрізків через 0.2 кбт, і в подальшому від точки закінчення циркуляції до точки початку наступного повороту.
5. Формують точки заданого шляху у вигляді матриць ТТ, які містять координати, в яких потрібно перекладати і отримувати повороти, та прямолінійних відрізків. Це оптимальний безпечний заданий алгоритм управління судном, реалізація якого дозволить безаварійно швартуватися.
6. Для забезпечення руху необхідно використати наступні системи ППР:

розрахунку характеристик гальмування та управляємості; перерахунку маневрених характеристик на мілководдя; формування плану переходу у вигляді шляхових точок; планування переходу у вигляді матриць ТТ; перерахунку координат супутникової антени судна на центр його ваги; визначення вірогідної ширини бічного зсуву; попередження посадки судна на міліну; прийняття рішення по оперативному визначенню абсциси ПП; вибору безпечної швидкості по умовам плавання; вибору точки прикладання буксирів та індикації положення ПП на контурі ватерлінії; вибору маневру для попередження про небезпечне та аварійне наближення.

В якості прикладу планування розглянемо схему швартування для заходу т/х «Вільнюс Сівейс» в порт Турції Самсун кормою до причалу №5. Таблиця ШТ, табл.5.2., буде виглядати так, як приведено на рис.5. 2.

Основні дані т/х «Вільнюс Сівейс» наступні.

1. Довжина між перпендикулярами 190, 9 м.
2. Ширина на міделі 28,0 м.
3. Середня осадка в вантажі 6,5 м.
4. Потужність головної силової установки 10600 kW.
5. Носовий підрулюючий пристрій 2x740 kW.
6. Кормовий підрулюючий пристрій 370 kW.

Таблиця 5.2. Шляхові точки сценарного планування заходу в порт Самсун

Номер точки	Координати точки	Відстань, кбт	Курс в наступну точку	Кут повороту	Кут перекладки руля
0	$\varphi = 41^{\circ}18'.445\ N; \lambda = 36^{\circ}21'.72E$	6.5	289°	-	-
1	$\varphi = 41^{\circ}18'.65\ N; \lambda = 36^{\circ}20'.89E$	6.8	207°	72°	15°
2	$\varphi = 41^{\circ}18'.045\ N; \lambda = 36^{\circ}20'.5E$	0.9	270°	63°	15°
3	$\varphi = 41^{\circ}18'.045\ N; \lambda = 31^{\circ}20'.27E$	-	90°	180°	Перем.

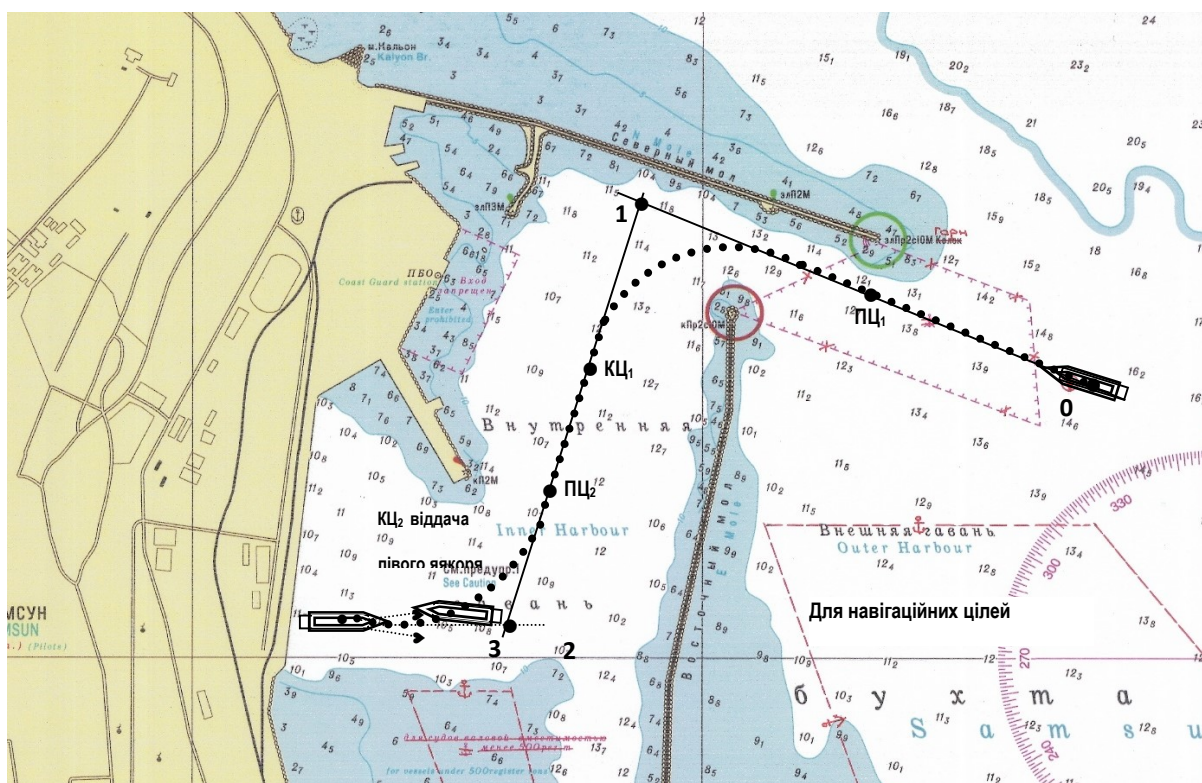


Рис.5.2. Інверсний метод сценарного планування заходу т/х «Вільнюс Сівейс» в порт Самсун методом шляхових точок

Подальше планування виконується наступним чином. По координатам ШТ 2, куту повороту 63^0 і куту перекидки руля 10^0 розраховуємо матрицю ТТ і координати точок початку $ПЦ_2$ і закінчення траєкторії та віддачі лівого якоря $КЦ_2$. Після цього розраховуємо координати початку $ПЦ_1$, закінчення $КЦ_1$ та координати ТТ повороту в районі ТТ₁ у вигляді матриці ШТ₁. Після цього розраховуємо координати прямолінійних ТТ від ШТ₀ до точки $ПЦ_1$ та від $КЦ_1$ до $ПЦ_2$ через 0,2 кбт і представляємо у вигляді матриць прямолінійних відрізків. Навігаційна підготовка до швартування закінчена.

З підходом до входних воріт порту за 1 годину починається організаційно розпорядча підготовка до швартування. Це означає, що машина переведена в маневрений режим, з таким розрахунком, щоб на підході до місця прийому лоцмана мати швидкість близько 5 вузлів. Підготовку необхідно проводити по 2-м чек листам: підготовка до плавання під проводкою лоцмана; підготовка до швартовних операцій і використання буксирних суден. При першому заході в порт попередня підготовка детально обговорюється з членами швартовних команд, а при наступних відвідинах оголошується

годинна готовність, вважаючи, що всі виконавці виконують належну підготовку судна. Задана траєкторія ЦВ, побудована інверсним способом по ТТ, наведена на рис. 5.3.

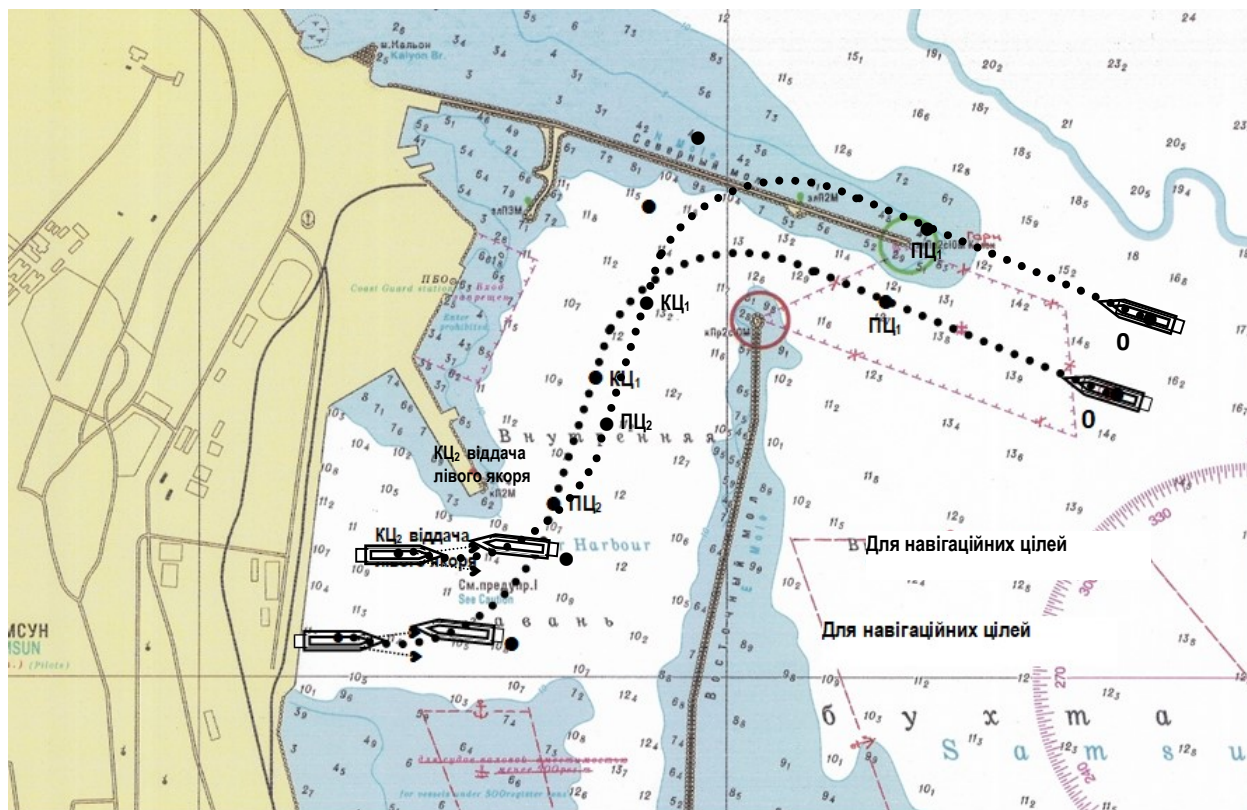


Рис. 5.3 – Схема руху судна при швартуванні без буксирів

Тоді масиви шляхових матриць і матриць ТТ повороту для всіх точок руху при заході у вигляді сумарної матриці координат M_{Σ} формують в наступному порядку:

$$M_{\Sigma} = M_{01} + M_{n12} + M_{12} + M_{n23}, \quad (5.7)$$

де M_{01} – матриця ТТ лінійного відрізка із початкової 0-ої ШТ до точки подачі команди на перекладку руля; M_{n12} – матриця повороту із першої ШТ в другу від початку H_{n1} до кінця K_{n1} криволінійного відрізка; M_{12} – матриця прямолінійного відрізка; M_{n23} – матриця криволінійного відрізка.

Буксирне забезпечення в звичайних умовах під час вітру до 10 м/с використовувати не будемо, враховуючи, що судно має 2 носових і один кормовий підрулюючий пристрій.

У момент, коли мідель - шпангоут судна перетинає траверз маяка справа

, дають команду на перекладку керма ліво 15^0 . В процесі руху при повороті контролюють стан судна щодо хвилерізу на курсі близько 289^0 .

Отримують поворот при виході на курс 207^0 . У момент, коли мідель - шпангоут пройде торець причалу справа, перекладають руль право 15^0 , а коли судно розгорнеться на кут близько 270^0 , отримують поворот, віддають лівий якір, коли носова частина вийде на ліву межу швартовного місця, і при допомозі руля, підрулюючих пристроїв розвертають судно на 180 . Коли носова частина вийде на лівий кордон причалу і включають праву машину на передній малий хід, а ліву на задній середній.

Коли судно зміститься в точку віддачі правого якоря, його віддають і обидві машини включають на задній малий, потравляючи якір ланцюга і вирівнюючи їх довжину. При необхідності включають кормовий підрулюючий пристрій для вирівнювання корми по центру причалу.

При наближенні корми до причалу на 20 метрів дають обидві машини ПСМ хід і подають кидальні кінці на причал. При 10 метрах до причалу дають команду стоп і вирівнюють натяг якірних ланцюгів і швартових кінців. Передбачити використання підрулюючих пристроїв більш детально не представляється можливим, однак генеральна схема інтенсивного включення їх збережеться. Це буде район входу в ворота порту і повороту вліво і при маневруванні перед віддачою лівого якоря і вирівнювання біля причалу.

Крім того необхідно звернути увагу на злагодженість роботи кормової швартової команди і інформації помічника капітана про відстань до причалу і центрування судна.

Таким чином використання систем підтримки прийняття рішень, інверсного методу сценарного оптимального планування процесу швартування з урахуванням акваторії для маневрування траєкторними точками і маневрових характеристик судна дозволяє високо точно нанести траєкторію руху і оперативно отримувати інформацію для безаварійного виконання морської операції. Це дає можливість судноводію використовувати план руху для навігаційних цілей.

5.3. Системи автоматизації планування траєкторії руху при швартуванні і контролю процесу переміщення по ній в режимі реального часу

Інформаційне забезпечення процесу швартування заключається в тому, що планування шляху повинне бути виконано до початку морської операції, тому що швидкодія процесу маневрування не дозволяє виконувати, такі обчислення для перепланування шляху і коригування руху. Для допомоги судноводію при виконанні розрахунків і підвищення швидкодії при отриманні необхідних даних, необхідно автоматизувати процеси обробки інформації, використовуючи сучасні обчислювальні пристрої, а результати повинні бути підготовлені у вигляді, готовому для прийняття рішення.

Сучасний стан судноводійських наукових дисциплін дозволяє розробити 12 систем підтримки прийняття рішення, які на сьогоднішній день реалізовані частково. Першим кроком в цьому напрямку можна прийняти пропозицію, яка міститься в роботах [22-25, 127]. Вона дозволяє складати судовий план заходу/ виходу із порту в вигляді, придатному для навігаційних цілей, в той час, коли існуюча практика підготовки лоцманського плану, який не придатний для навігаційних цілей, та використовується тільки для організаційно – розпорядчої підготовки судна до лоцманського проведення.

Із 12 систем ППР, тільки дві з них повинні використовуватися на переході, коли потрібно вибирати вектор управління і безпечну швидкість ходу, для оптимізації руху.

Необхідні дані для розрахунку характеристик гальмування і поворотності приведені в табл. 5.3Д, 5.4Д. Для перерахунку маневрених характеристик на мілководдя необхідно знати характеристики для глибокої води і співвідношення глибини моря і середньої осадки H/T_{cp} .

Формування плану руху від місця прийому лоцмана і для виходу із порту у вигляді таблиці ШТ виконує особисто капітан, оскільки це має вирішальне значення для безпечного виконання морської операції по швартуванню.

На підставі таблиці ШТ формується матриця ТТ по формулі 5.7 і в графічній формі наноситься на карту (рис.5.2.). Підготовка до швартування закінчена і документується у вигляді судового навігаційного плану.

Для організації високоточного контролю місця судноводію необхідно додатково ввести наступні дані: координати супутникової антени X_a, Y_a ; значення допустимої кутової швидкості $\omega_{рук}$, при якій система автоматично переключається на визначення ширини бічного зсуву при криволінійному русі; величину бічного зміщення $\Delta_{доп}$ при якому включається система попередження посадки на міліну; величину допустимого наближення при русі $D_{зад}$, коли настає аварійне розходження.

З урахуванням приведених вище характеристик систем ППР, для інформаційного забезпечення процесу маневрування, при виконанні морських операцій по швартуванню, необхідно використовувати 10 систем, блок – схема функціональних зв'язків яких приведена на рис.5.4.

Процес підготовки до швартування складається із двох частин: організаційно – розпорядча; навігаційна. Організаційно – розпорядча підготовка заключається в розподілі обов'язків членів екіпажу при швартуванні і доведення інформації про порядок взаємодії з буксирами та борт підходу до причалу.

Навігаційну підготовку повинен виконувати особисто капітан, оскільки безпека маневрування визначається якістю планування шляху та сценарієм управління судном при заході в порт.

Особливість такої підготовки заключається в тому, що планування координат у вигляді ТТ являється оптимальним, оскільки враховує розміри акваторії для маневрування, маневрені характеристики судна та вибір режиму руху з запасом для того, щоб можна було коригувати рух, коли відхилення від планової траєкторії будуть значними.

Найбільш трудомісткими будуть розрахунки координат ТТ початку та закінчення повороту по відомим координатам ШТ, та точок криволінійної траєкторії через 5^0 чи 10^0 . Після цього розраховуються матриці

5.4. Висновки по п'ятому розділу

У розділі приведена коротка характеристика 12 – ти систем підтримки прийняття рішення при виконанні морських операцій, описані їх функціональні можливості та перелік вхідних даних, які потрібні для роботи пристроїв.

Розглянуті системи ППР дозволяють оптимізувати процеси планування заданого шляху і управління маневруванням при русі по ньому. Це значно полегшує роботу судноводія, та дозволяє своєчасно і оперативно попереджати відхилення від планового шляху і загрозу виникнення аварійних пригод. Вони можуть бути використані при навігаційній підготовці суден з безвахтовим управлінням рухом для роботи на лінії.

Використання систем підтримки прийняття рішень, інверсного методу сценарного оптимального планування процесу швартування з урахуванням акваторії для маневрування ТТ і маневрових характеристик судна дозволяє високо точно нанести планову траєкторію руху і оперативно отримувати інформацію для безаварійного виконання морської операції. Це дає можливість судноводію використовувати план руху, виконаний перед початком швартовної операції, для навігаційних цілей

На прикладі реального швартування в турецький порт Самсун ретельно розглянуто послідовність планування руху ТТ по таблиці шляхових точок інверсним способом і детально описано сценарій алгоритму управління судном при заході в порт.

Розроблена схема функціональних зв'язків між навігаційними пристроями системи управління маневруванням та показано, що для забезпечення безаварійного виконання морської операції потрібно спочатку спланувати координати безпечного шляху. Після цього необхідно автоматизувати процес використання навігаційних пристроїв, які покращують точність отримання параметрів руху, та підвищують оперативність їх визначення для прийняття рішення по маневруванню.

Матеріали розділу опубліковані в роботах [104 – 109, 112, 117-119]

ВИСНОВКИ

1. Оцінка стану питання. Безпечне судноводіння передбачає досягнення оптимального співвідношення між габаритами шляху, головними розмірами суден, їх енергооснащеністю та ефективністю засобів забезпечення керованості.

В напружених умовах роботи людини оператора (ло) збільшується число і склад елементарних операцій, і він діє на рівні стійкого навику, а в екстремальних ситуаціях необхідно використання обчислень та розумових операцій для прийняття рішення, що призводить до уповільнення процесу управління. Тому навігаційні системи і пристрої управління повинні бути побудовані так, щоб інформація оброблялася автоматично і видавалася оператору у вигляді знань, які достатні для швидкого прийняття рішення.

Аналіз параметрів, які описують процес маневрування судна показав, що не всі дані відомі судноводію для безпечного управління, а навігаційні пристрої для їх визначення відсутні. Серед таких параметрів знаходяться абсциса положення полюсу повороту (ПП) та ширина маневреного зміщення, які не можуть бути визначені окомірно, а часу для розрахунку їх в процесі маневрування обмаль. Тому використання оперативних способів розрахунку параметрів руху під час виконання морської операції, і контролю управління судном по їх значенню, яким присвячена дана робота, являються перспективним напрямком досліджень і вельми актуальними.

2. Формулювання вирішеної наукової задачі та її значення для науки і практики. В результаті рішення головної задачі отримано нові способи розрахунку абсциси полюсу повороту і ширини маневреного зсуву по її значенню, вихідні дані для яких отримані від існуючих навігаційних приладів. Вони відрізняються тим, що система інформаційного забезпечення працює автоматично і оперативно видає значення абсциси ПП і ширини маневреного зсуву в режимі реального часу, з індикацією на екрані їх величини. Способи захищені публікаціями і патентами України.

Вирішення трьох допоміжних задач дозволило розв'язати головну задачу по оперативному визначенню параметрів маневрування під час руху і їх використання для управління судном згідно з технологічною картою процесу виконання морської операції. Отримані результати містять наступну наукову новизну:

- - вперше розроблено спосіб визначення абсциси ПП по тангенціальним швидкостям кінцівок, який відрізняється від існуючих відсутністю необхідності вводити дані для розрахунків абсциси ПП, які поступають від існуючого навігаційного приладу – доплерівського лагу, та урахуванням параметрів течії, що дозволяє оптимальним способом розставляти буксири при виконанні морських операцій, по положенню відносно ПП;

- вперше розроблено спосіб визначення ширини маневрового зсуву окремо для прямолінійних відрізків шляху та для криволінійних, який відрізняється від існуючих, використанням значення абсциси ПП для розрахунків, включаючи криволінійні відрізки, та автоматичним переключенням розрахунків для прямолінійних та криволінійних відрізків шляху по значенню кутової швидкості ривання, що дозволяє оперативно контролювати положення судна відносно навігаційних перешкод;

- отримала подальший розвиток методологія сценарного планування руху інверсним способом для навігаційних цілей при заході / виході із порту, яка відрізняється від існуючої, використанням високо точного способу планування заданого шляху траєкторними точками у вигляді матриці їх координат, та використанням існуючого методу шляхових точок та даних про поворотність для їх розрахунку, що дозволяє виконувати вимогу ММО по плануванню шляху переходу від причалу порту відходу до причалу приходу;

- - удосконалено спосіб визначення абсциси ПП по рівнодіючій бічних сил, який відрізняється від існуючих врахуванням тільки бічних сил, для чого вводяться напрям і величина використовуваних управляючих сил, визначаються бічні складові і потім їх рівнодіючу, що дозволяє розрахувати абсцису ПП, значення якої використовується для управління маневруванням.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що алгоритми, розрахункові схеми і методики можуть бути використані для створення нових систем підтримки прийняття рішення, використовуючи існуючі навігаційні прилади, включаючи навігаційну систему для безвахтового управління судном.

3. Висновки і рекомендації що до наукового та практичного використання отриманих результатів. Отримані теоретичні та практичні результати можуть бути використані при виконанні наукових досліджень, розробці навігаційних приладів і систем підтримки прийняття рішення при маневруванні, а також в морських учбових закладах в процесі навчання і підвищення кваліфікації судноводіїв.

4. Якісні та кількісні показники отриманих результатів. Якісним показником отриманих результатів являється можливість: оперативного отримання параметрів маневрування в режимі реального часу; оцінки зміщення відносно планової траєкторії і при необхідності перепланування чи коригування руху. Кількісним показником являється оцінка точності запропонованої моделі по результатам натурних випробувань, коли теоретичні розрахунки співпадають з тими, які спостерігаються при маневруванні реального судна.

5. Обґрунтування достовірності отриманих результатів.

Теоретична розробка запропонованих моделей розрахунку положення полюсу повороту і ширини маневреного зсуву пройшла верифікацію в натурних умовах, а також при імітаційному моделюванні, яке виконане за допомогою комп'ютерних програм, підтверджують достовірність отриманих результатів наукової роботи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Семенюк Е.П. Філософія сучасної науки і техніки./ Е.П Семенюк , В.П.Мельник//– Львів: Світ, 2006. – 152 с.
2. 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
3. Юревич Е.И. Теория автоматического управления. – СПб.: БХЗ - Петербург, 2016. -560 с.
4. Джордж Люгер. Искусственный интеллект: стратегии и методы решения сложных проблем./ Джордж Люгер// – М.: Издательский дом «Вильямс»,2003.-864 с.
5. Вагущенко Л.Л. Судовые навигационно-информационные системы/ Л. Л. Вагущенко, А. Л. Вагущенко.// - Одесса: НУ «ОМА» , 2016. – 238 с.
6. 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 .
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. Мальцев С.Е. Полюс поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография./С.Е.Мальцев, О.Н. Товстокорый.- Херсон.:ХГМА, 2016. – 124 с.

12. Мамонтов В. В. Ранжирование и иерархия информации в системе управления движением судна. / В.В.Мамонтов// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА, Вып. 20. - / Одеса: «ИздатИнформ», 2011 – С. 117 – 129.
13. Алексишин В.Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания./ В.Г.Алексишин, Л.А.Козырь, С.В.Симоненко.-Одесса: Феникс; - М.:ТрансЛит, 2009.-518 с.
14. Баранов Ю.К.Навигация. / М.И. Гаврюк, В.А. Логиновский , Ю.А. Песков . // – СПб.: Лань, 1997. – 512 с.
15. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море с поправками СОЛАС – 74. .- СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2015. -312 с.
16. Международная конвенция по подготовке, дипломированию моряков и несению вахты, ПДНВ-78/95. .- СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2015. -515 с.
17. Международная конвенция предупреждения столкновения судов в море, 1972, МППСС-72. .- СПб.: ЗАО ЦНИИМФ, 2015. -115 с.
18. Мальцев А.С. Теория и практика безопасного управления судном при маневрировании. Дис. докт. техн. наук: 05.22.16. – Одесса, 2007. – 395 с.
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. Соколенко В.И. Судовой план лоцманской проводки.// Судовождение: Сб. научн. Трудов/ОНМА. Вып.20. –Одесса: «ИздатИнформ», 2011. – С.209-220.
23. 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.

24. 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.

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

26. Соснов Э. А/ Аварии и человеческий фактор / А.Э.Соснов// Порты Украины. - 2000. - №3. – С. 63-64.

27. Лушников, Е. М. Теоретическое обоснование методов и средств обеспечения навигационной безопасности мореплавания : автореф. дис. д-ра техн. наук : 05.22.16 / Е. М. Лушников. СПб., 2000. - 46 с.

28. Попов В.В. Проблемы обеспечения безопасности судоходства путем создания больших морских и портовых систем связи на примере реализации концепции информационной сети глобальной морской системы связи по безопасности и бедствию Юга России : дис. ... д-ра техн. наук: 05.22.19, 05.12.13 / Виктор Вениаминович Попов; «Союзморниипроект». – Москва, 2000. – 343с.

29. Андреев Н.Н. Безопасность судоходства в Феодосийском заливе и обеспечение безопасной стоянки крупнотоннажных танкеров под грузовыми операциями на рейдовых нефтепричалах порта. /Н.Н.Андреев// Безопасность мореплавания и эффективный судоходный менеджмент. Научно-практическая конференция, 26-28 июня 2002г. ЮАПК, Николаев: АО «Деловая информация, 2002. - 147с.

30. Преснов С.В. Аварийность судов внутреннего и смешанного (река-море) плавания в морских районах в 2002 г. /С.В. Преснов// Наука и техника на речном транспорте: Информационный сборник. - М.: ЦБНТИ МТ РФ,

2003. - С.22-31.

31. Сборник нормативных документов по безопасности лоцманского обслуживания в судоходстве Украины. – Николаев: ГП «Дельта-лоцман», 2003. – 104 с.

32. Інфімовський С.Ю. Проблеми навігаційного та гідрографічного забезпечення безпеки мореплавства в Україні./С.Ю. Інфімовський// Морська держава. – 2003.– № 3.– С. 6 – 10.

33. Інфімовський С.Ю. Аналіз навігаційної аварійності у морських водах України / С.Ю. Інфімовський// Судноводіння: Зб. наук. праць / ОНМА.– Вип. 7.– Одеса: Фенікс, 2004.– С. 31 – 40.

34. 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.

35. Ворохобин И.И. Исследование аварийности и способы улучшения лоцманского обеспечения в зонах стесненного плавания./И.И. Ворохобин// Судовождение: Сборник научных трудов ОНМА. Выпуск 17. – Одесса:Издатинформ, 2009. – С. 28-36.

36. 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.

37. Шурпак В.К. Анализ аварийности на судах с классом Регистра / В.К. Шурпак , А.А. Сергеев // Научно-технический сборник. – СПб: Российский морской регистр судоходства. – 2005. – Вып. 28. – С. 32-46.

38. Consolidated text of the Guidelines for Formal Safety Assessment (FSA) for use in the IMO Rule-making process. MSC/Circ. 1023- MERC/Circ. 392. – 14.05.2007.

39. Ворохобин И.И. Синтез процессов формирования плана лоцманской проводки судна: дисс. на соиск. научн. степ. к.т.н./ Ворохобин Игорь Игоревич – Одеса, 2012.– 231 с.

40. Шутов В.В. Прогнозирование рисков – основа снижения

аварийности на морском транспорте / В.В. Шутов, М.А. Гладышевский, Р.Б. Рябченко, А.А.Сиротюк // Наука и образование – 2010 : Юбилейная междунар. науч.-техн. конференция, посвященная 60-летию МГТУ (5–9 апреля) : тез. докл. / МГТУ – Мурманск, 2010.

41. Меньшиков В. И. Самоконтроль при восприятии навигационной информации в структурах безопасного мореплавания /В. И. Меньшиков, И. А. Рамков, Р. Б. Рябченко // Эксплуатация морского транспорта. 2010. - № 2 (60). - С. 45-47.

42. Рамков И.А. Элементы контроля и самоконтроля деятельности штурманской вахты при плавании в стесненных водах: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.19 / Иван Анатольевич Рамков; Мурманский государственный технический университет. – Мурманск, 2011. – 132с.

43. Нечаев Ю.И., Сизов В.Г. Принятие решений при управлении судном в экстремальных ситуациях на основе современной теории катастроф / Ю.И. Нечаев, В.Г. Сизов // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. – Вып. 20. – Одесса: «ИздатИнформ», 2010. – С. 130-142.

44. . Вильский Г.Б. Информационная безопасность судоходства /Г.Б.Вильский // Материалы III международной научно-практической конференции «Информационная и экономическая безопасность (INFECO – 2010)» (Харьков, 27–29 апреля 2010г.) – Системы обработки информации // Сборник научных трудов, Выпуск 3(84). – Харьков: ХУВС им. И.Кожедуба, 2010. – С. 104-105.

45. Авраменко Д. В. Причины аварийности морских судов и повышение безопасности мореплавания. / Д.В. Авраменко , И.П. Касаткин // Мореходство и морские науки – 2011: избранные доклады Третьей Сахалинской региональной морской научно-технической конференции (15-16 февраля 2011 г.) / Под ред. В. Н. Храмушина. – Южно-Сахалинск: СахГУ, 2011. – С. 276–279.

46. Шутов В.В. Управление состоянием мореплавания в условиях стесненных вод: дис. ... канд. техн. наук: 05.22.19 / Валентин Васильевич

Шутов; Мурманский государственный технический университет. – Мурманск, 2011. – 130с.

47. Гофман А.Д. Движительно-рулевой комплекс и маневрирование судна: Справочник./А.Д. Гофман// - Л.: Судостроение, 1988. – 360 с.

48. Демин С.И. Управление судном/С.И. Демин и др.// – М. :Транспорт, 1991. -359 с.

49. Снопков В.И. Управление судном./В.И.Снопков// – Санкт-Петербург: АНО НПО «Профессионал», 2004. -536 с.

50. Шарлай Г.Н. Управление морским судном. /Г.Н.Шарлай// - Владивосток. : Мор. Гос.ун-т, 2011. -543 с.

51. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна. / Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал. Л.Л. // – Одеса: Фенікс, 2007. – 328 с.

52. Березин С. А. Системы автоматического управления движением судна по курсу/ С. А. Березин, Б. А. Тетюев.// – Л.: Судостроение, 1990. – 256 с.

53. Вагущенко Л.Л. Системы автоматического управления движением судна/ Л.Л. Вагущенко, Н.Н. Цымбал.// – О.: Феникс; – М.: ТрансЛит, 2007. – 376 с.

54. Автопилот Минорского. Основы теории автоматического пилотирования и автопилоты: Пер. с английского/ Под ред. Г.В. Щипанова. – М.–Л.: Оборонгиз, 1939. – с. 71 – 87.

55. Fossen T. I. Guidance and Control of Ocean Vehicles / T.I. Fossen.// – New-York: John Wiley & Sons, 1994. – 494 p.

56. Åström. PID Controllers: theory, design, and tuning. / Karl J. Åström, Tore Hägglund.// – Instrument Society of America, Research Triangle Park, USA, 1995. – 344 p.

57. Подпорин С.А. Перспективы использования нейро-нечетких и гибридных технологий в системах управления движением морских судов/ С.А. Подпорин, А.М. Олейников// Проблемы автоматизированного электропривода. Теория и практика: Сб. научн. трудов/ Днепродзержинский

гос. тех. ун-т. – Тематический выпуск. – Днепродзержинск, 2007. – С. 305–307.

58. Подпорин С.А. Intelligent control techniques applied to ship steering/ С.А. Подпорин// Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Безпека мореплавання та її забезпечення при проектуванні та будівництві суден (БМС-2007)» 25-26 жовтня 2007. – Миколаїв: НУК, 2007. – С. 21–23.

59. Подпорин С.А. Анализ методов интеллектуального управления курсом судна/ С.А. Подпорин, А.М. Олейников// Матеріали Всеукраїнської науково-технічної конференції з міжнародною участю «Проблеми автоматизації та електрообладнання транспортних засобів» ПАЕТЗ-2007. – Миколаїв: ІАЕ НУК, 2007. – с. 80-92.

60. Подпорин С.А. Методы интеллектуального управления в задаче автоматического управления движением судна/ С.А. Подпорин// Сб. научн. трудов/ СВМИ им. П.С. Нахимова.–Вып. 2(12).–Севастополь: СВМИ, 2007.– с.191–196.

61. Подпорин С.А. Повышение эффективности автоматического управления движением судна на курсе в условиях волнения/ С.А. Подпорин// Сб. научн. трудов/ СВМИ им. П.С. Нахимова. – Вып. 1(14). – Севастополь: СВМИ, 2008.– с. 192-198.

62. Подпорин С.А. Моделирование системы автоматического управления курсом судна с нейроконтроллером/ С.А. Подпорин// Матеріали Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми економіко-математичного моделювання морських транспортних технологій». – Маріуполь: АМІ ОНМА, 2007. – с. 195–207.

63. Смирнов Е. Л. Технические средства судовождения. / Е. Л. Смирнов, А. В. Яловенко, А.А. Якушенков// под ред. Е. Л. Смирнова. – М.: Транспорт, 1988. – 376 с.

64. Олійник П.Б. Побудова математичної моделі системи керування судном на основі ідентифікації параметрів судна з метою визначення законів керування / П.Б. Олійник, В.М. Теут // Системи управління, навігації та

зв'язку. – 2010. – № 1 (13). – с. 28–36.

65. Иванов С.В. Автоматична ідентифікація параметрів судна / С.В. Иванов, П.Б. Олійник, В.М. Теут // Системи управління, навігації та зв'язку. – 2010. – № 4(16). – с. 6–11.

66. Иванов С.В. Синтез автостернового з забезпеченням заданої динамічної похибки / С.В. Иванов, П.Б. Олійник, В.М. Теут // Судовождение: сб. науч. тр. / ОНМА. – Вип. 19. – Одеса: «Видав-інформ», 2010. – с. 128–137.

67. Иванов С.В. Модифікація методики синтезу адаптивного автостернового з заданою динамічною похибкою / С.В. Иванов, П.Б. Олійник, В.М. Теут // Східно-Європейський журнал технологій. – 2012. – № 6/4 (60). – с. 22–26.

68. Иванов С.В. Дослідження робастності та стійкості спроектованого автостернового. / С.В. Иванов, П.Б. Олійник, В.М. Теут // Вісник Черкаського державного технологічного університету. – 2012. – № 4. – с. 18–25.

69. Ivanov S. V. Identification of ship model and disturbance parameters using spectral analysis / S. V. Ivanov, V. M. Teut, P. B. Oliynyk // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2013. – № 2/4 (62). – с. 15–20.

70. Юдин Ю.И. Метод расчёта параметров математической модели судна / Ю.И. Юдин, А.Н. Гололобов, А.Г. Степахно // Вестник МГТУ. – 2009. – т. 12, №1. – с. 5–9.

71. Юдин Ю.И. Использование идентифицированных математических моделей судна для обеспечения безопасности судовождения. /Ю.И.Юдин, А.Г.Степахно, А.Н.Гололобов. // Вестник МГТУ, Мурманск , 2009. - Т 12, №1, - С 10 - 12.

72. Справочник по теории корабля: в 3-х т. Т. 3. Управляемость водоизмещающих судов. Гидродинамика судов с динамическими принципами поддержания. / под. ред. Я.И. Войкутинского. – Л.: Судостроение, 1985. – 544 с.

73. Пелевин А.Е. Идентификация параметров модели морского подвижного объекта при периодическом движении с активным управлением.

/ А.Е. Пелевин // Гироскопия и навигация. – 2008. – № 4 (63). – с. 29–44.

74. Tzeng Ching Yaw. Fundamental properties of linear ship steering dynamic models / Ching-Yaw Tzeng, Ju-Fen Chen // Journal of Marine Science and Technology. – 1999. – Vol. 7, No. 2. – pp. 79-88.

75. Inoue S., Hirano S., Kijima K. Hydrodynamic derivatives of ship manoeuvring./ S. Inoue, S. Hirano, K. Kijima // International Shipbuilding Progress. – 1981. – V.21. #321. p.112-125.

76. Бурименко Ю.И., Попов Ю.Б. Портовая буксировка. /Ю.И. Бурименко, Ю.Б. Попов // – М.: Транспорт, 1991. – 95 с.

77. Козырь Л.А. Управление судами в шторм./ Л.А. Козырь, Л.Р. Аксютин// –О.: Феникс, 2006. – 218 с.

78. Мальцев А.С. Параметрическая идентификация модели одерживания поворота судна с использованием нейронных сетей / А.С. Мальцев, А.Д. Пипченко, А.А. Деревянко // Судовождение: Сб. науч. трудов / ОНМА, Вып.14. – Одесса: ИздатИнформ, 2007. – С.62-70.

79. Олейник Т.В. Циркуляция судов в стесненных водах и при швартовке. /Т.В.Олейник// Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып.1. –Одесса: Латстар, 1999. – С. 99-104.

80. Мальцев А.С. Графический метод расчета элементов поворота судна при плавании в стесненных условиях. /А.С.Мальцев, Г.Г. Куликов// Морской транспорт. Серия «Судовождение и связь». Экспресс - информация. – М. : В/О «МТИР», 1987. Вып. 4(199). - С. 11-15.

81. Мальцев А.С. Сравнительная оценка способов представления инерционно-тормозных характеристик./А.С.Мальцев// В кн. «Безопасность мореплавания и ведения промысла». -Л.: Транспорт, 1987. Вып. 84.-С.30-33.

82. Кондрашихин В.Т. Справочник судоводителя по навигационной безопасности мореплавания./ В.Т. Кондрашихин, Б.В. Бердинских, А.С.Мальцев, Л.А. Козырь.// - Одесса: Маяк, 1990. -168с.

83. Мальцев А.С. Учет течения при плавании в стесненных водах. / А.С.Мальцев//Методы и технические средства повышения безопасности

мореплавания. Сб. научн. тр. ЛВИМУ.-М.: В/О «МТИР», 1988. С.31-34.

84. Мальцев А.С. Поворот судна в стесненных водах. / А.С.Мальцев, И.А. Тимофеев, Г.Г. Куликов. //Морской транспорт. Серия «Судовождение, связь и безопасности мореплавания». /Экспресс-информация -М.: В/О «МТИР», 1991. Вып. 6(253). - С. 1-10.

85. Мальцев А.С. Маневрирование судов при расхождении./А.С.Мальцев// -Одесса. : Морской тренажерный центр, 2010. - 232с.

86. Алёшин Б. С. Ориентация и навигация подвижных объектов / Б.С. Алёшин, К.К. Веремеенко, А.И. Черноморский. –М.: Физматлит, 2006.– 424 с.

87. Анучин О. Н. Интегрированные системы ориентации и навигации для морских подвижных объектов./ О.Н.Анучин, Г.И. Емельянцев // -СПб. : "Государственный Научный Центр Российской Федерации" , 1999. – 357 с.

88. Мальцев А.С. Информационная безопасность судна / А.С. Мальцев, Г.Б. Вильский, Т.Ф. Шон. // Всеукраинская научно-практическая конференция «Состояние и совершенствование безопасности информационно-телекоммуникационных систем. Сборник научных трудов. Спец. вып. – Николаев. : НПИ, 2009. – С. 24-26.

89. Lewandowski E. M. The Dynamics of Marine Craft: Maneuvering and Seakeeping/ E. M. Lewandowski.// – N.Y.: World Scientific Publishing Company, 2003. – 300 p.

90. 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.

91. Мальцев А.С. Методологические основы маневрирования судов при сближении./ А.С. Мальцев, В.В. Голиков, И.В. Сафин, В.В. Мамонтов.// - Одесса.: ОНМА, 2013. – 218 с.

92. Мальцев А.С. Динамика психофизиологических функций у

курсантов и судоводителей при решении задач судовождения на радиолокационном тренажере./ А.С.Мальцев, В.В. Голикова.//Актуальные проблемы транспортной медицины :Сб. научн. трудов/ УкрНИИ медицины транспорта. Вып.1(7). –Одесса: 2007. –С. 20-26 .

93. Яркин П.И. Определение характеристик активного торможения судов. / П.И. Яркин, Е.В. Калиниченко. //Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА, Вып.6 .- Одесса: «Феникс», 2003 — С. 159-165.

94. Яркин П.И. Определение характеристик разгона и подтормаживания судна./ П.И. Яркин, А.С. Мальцев, Е.В.Калиниченко // Вестник ОНМУ №13. Сб. научн. трудов. –Одесса, 2004. –С 63-71.

95. Калиниченко Е.В. Методика расчета инерционно-тормозных характеристик морского судна при реверсе. /Е.В.Калиниченко //Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып.9. - Одесса: Феникс, 2005 - С. 36-44.

96. Козырь Л.А. 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. -ё С. 45-51.

97. Мальцев А.С. Моделирование процесса маневрирования судна векторными дифференциальными уравнениями /А.С. Мальцев //Судовождение: Сб. научн. трудов ОНМА. Вып.9. -Одесса: «Феникс», 2005 - С. 62-68.

98. Пипченко А.Д. Создание упрощенной математической модели движения судна, управляемого рулем и винтом / А.Д.Пипченко.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА. Вып.9. - Одесса: «Феникс», 2005 - С. 75-81.

99. Голиков В.А. Сравнительное имитационное моделирование движения судов по предписанному курсу с различным принципами управления / В.А. Голиков, В.Е. Львов // Судостроение: сб. науч. трудов / ОНМА. Вып. 18. –Одесса: «ИздатИнформ» , 2010. –С. 68-77.

100. 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.

101. 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.

102. Нечаев Ю.И. Выбор оптимального курса судна в сложной гидрометеорологической обстановке/ Ю.И. Нечаев, А.Д. Пипченко, В.Г.Сизов // Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып.16 –Одесса: «ИздатИнформ», 2009. – С. 105-118.

103. 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», 2011. – С. 103-114.

104. Мальцев С.Э. Полюс поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография/ С. Э. Мальцев, О. Н. Товстокорый. //–Херсон: ХГМА, 2016. -124 с.

105. Мальцев С.Е. Алгоритм определения положения полюса поворота при маневрировании. «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека»: Матеріали науково-методичної конференції - (Одеса, 14-15 листопада 2012 року.). – Одеса: ОНМА. ВидавІнформ, 2013. – С.106 – 110.

106. Голиков В.В.Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна/В.В.Голиков., С.Э.Мальцев. Научный журнал. - Херсон.: ХГМА, 2013. №1(8). С. 21 – 27.

107. Мальцев С.Е. Управление ходкостью счалов барж при использовании отдельных поворотных насадок. «Судноплавство : перевезення, технічні засоби, безпека» Матеріали конференції 19-20 листопада 2013 р. –Одеса, ОНМА. Видавінформ, 2014. – с.131 – 137.

108. **Патент** 91006 UA. МПК(2014.01) G08G 3/00. Пристрій для

інформаційного забезпечення маневрування морського судна. /Голиков В.В., Мальцев С.Е. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2013 04429; заявлено 25.04.2013; опубліковано 25.06.2014, Бюл. № 12.

109. Мальцев С.Э. Устройство оценки полюса поворота по тангенциальным скоростям конечностей./ С.Э Мальцев., В.В.Голиков. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві»: Матеріали науково-методичної конференції - (Одеса, 18-19 листопада 2014 року.). – Одеса: ОНМА. ВидавІнформ, 2014. – С.172 – 176.

110. **Патент** 97227 UA. МПК G08G 3/02 (2006.01), B63B 43/02 (2006.01). Пристрій для інформаційного забезпечення процесу управління судном. /Мальцев С.Е., Товстокорий О.М., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u2014 07280; заявлено 27.06.2014; опубліковано 10.03.2015, Бюл. № 5.

111. Голиков В.В. Анализ вектора смещения пути судна от ветра /В.В.Голиков., С.Э.Мальцев. Научный журнал. -Херсон. :ХГМА, 2015.№1(12), -С. 29-35.

112. **Патент** 98720 UA. МПК (2015.01) B63B 21/00 Система інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно буя./Деревянко А.А. Мальцев С.Е. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2014 10883; заявлено 06.10.2014; опубліковано 12.05.2015, Бюл. № 9.

113. **Патент** 100293 UA. МПК G08G 3/00 (2015/01), Спосіб інформаційного забезпечення маневрування морського судна. / Товстокорий О.М., Мальцев С.Е., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u 2014 12711; заявлено 26.11.2014; опубліковано 27.07.2015, Бюл. № 14.

114. Мальцев А.С. Методологические основы разработки информационных систем поддержки принятия решения при маневрировании морских судов./ А.С.Мальцев, В.В.Голиков, С.Э. Мальцев//Сборник материалов 7-й Международной научно – практической конференции

(MINTT-2015) 26 – 28 мая 2015 г, г.Херсон. ХДМА.-С 152-157.

115. Товстокорый О.Н. Определение положения полюса поворота с помощью доплеровского лага.//О.Н.Товстокорый, С.Э.Мальцев./ Судовождение: Сб.научн. трудов.//НУ «ОМА». Вып.26. Одесса: ИздатИнформ. 2016. – С.183 – 190.

116. **Патент** 111646 UA. МПК (2016.01) G08G 3/00 Навігаційний пристрій для вибору виду вектора управління рухом./Голіков В.В.,Мальцев С.Е. Заявник національний університет «Одеська морська академія». - № u 2016 02487; заявлено 14.03.2016; опубліковано 25.11.2016, Бюл. № 22.

117. 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. 210 – 221.

118. 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. 209-212.

119. 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 Міжнародн. наук. - практ. конф., 23-25 травня 2018 р. – Херсон: ДМА, 2018. –С.

120. Мальцев С.Е. Когнитивная система оценки положения полюса поворота судна с помощью эффективных алгоритмов./ С.Е.Мальцев //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences.-

2018. V1 (19), issue 171. –P. 37 – 42.

121. **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.

122. Мальцев С.Е. Навігаційний пристрій підтримки прийняття рішення при автоматичному плануванні руху судна траєкторними точками при заході/виході із порту./ С.Е.Мальцев //Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences.- 2019. V11 (25), issue 206. –P. 41-46.

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

124. Мореходные таблицы МТ-2000. –С. Петерб.:ГУНиО МО, 2002. - 575 с.

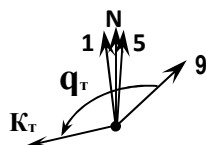
125. Выгодский М.Я. Справочник по высшей математике. /М.Я. Выгодский// –М.: АСТ Астрахань, 2006. – 991 с.

126. Голиков В.В. Підвищення ефективності та оптимізація руху суден при маневруванні. Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора технічних наук.- Одеса: НУ «ОМА», 2021.-291 с.

127. Maltsev, A., & Surinov, I. (2021). Improving the navigational preparation of a bridge crew for entering/leaving a port, including activities in case of emergency. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*,3(3 (111), 42–57. <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2021.235092> , scopus.

128. Мальцев А.С. Системы принятия решений по управлению движением судна, монография/ А. С. Мальцев, А. П. Бень.– Херсон.: ХГМА, 2019. -240 с.

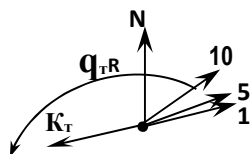
ДОДАТОК А
ТАБЛИЦІ ДАНИХ ПРО НАТУРНІ ВИПРОБУВАННЯ ТА ЇХ ОБРОБКА



Таблиця 3.1А

Результати натурних спостережень для випадку роботи НПП вправо

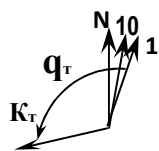
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	352,6 ⁰	353,7 ⁰	356,3 ⁰	0,6 ⁰	4,4 ⁰	12,2 ⁰	18,2	24,9 ⁰	33,6 ⁰	46,7 ⁰
V_H ,	-1,01	-0,95	-0,79	-0,58	-0,42	-0,21	-0,03	0,11	0,26	0,41
V_K ,	-0,97	-1,1	-1,29	-1,53	-1,63	-1,76	-1,81	-1,82	-1,84	-1,84
V_c ,	0,35	0,35	0,35	0,34	0,32	0,27	0,2	0,13	0,05	0,05
V_T ,	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Курс течії K_T	247 ⁰	247 ⁰	247 ⁰	247 ⁰	247 ⁰	247 ⁰	247 ⁰	247 ⁰	246 ⁰	246 ⁰
$q_t=$	-105,6	-106,7	-109,3	246,4	242,6	234,8	228,8	222,1	212,4	199,3
$V_{tt}=$	-0,5779	-0,5747	-0,5663	-0,5498	-0,5327	-0,4903	-0,4514	-0,4023	-0,3215	-0,1983
$V_{HO}=$	-0,4321	-0,3753	-0,2237	-0,0302	0,1127	0,2803	0,4214	0,5123	0,5815	0,6083
$V_{KO}=$	-0,3921	-0,5253	-0,7237	-0,9802	-1,0973	-1,2697	-1,3586	-1,4177	-1,5185	-1,6417
$X_a=$	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
$X_{nn}=$	-544,0	158,51	50,03	28,08	21,48	16,85	13,89	12,39	11,78	12,13
$\overline{X_{nn}}=$	-10,30	3,00	0,95	0,53	0,41	0,32	0,26	0,24	0,22	0,23
$\overline{X_p}=$	0,016	-0,055	-0,161	-0,242	-0,274	-0,303	-0,332	-0,354	-0,364	-0,358



Таблиця 3.24

Результати натурних спостережень для випадку роботи НПП вліво

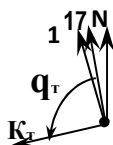
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	83,2	83,6	82,6	80,4	77,8	75,5	71,7	67,4	62,5	58,1
V_H ,	-0,42	-0,45	-0,54	-0,71	-0,86	-0,98	-1,15	-1,31	-1,47	-1,59
V_K ,	-0,59	-0,59	-0,45	-0,27	-0,19	-0,16	-0,14	-0,09	-0,08	-0,04
V_C ,	-0,43	-0,45	-0,47	-0,48	-0,48	-0,48	-0,47	-0,43	-0,37	-0,32
V_T ,	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	246	246	246	246	246	247	247	247	247	247
q_t =	162,8	162,4	163,4	165,6	168,2	171,5	175,3	179,6	184,5	188,9
V_{it} =	0,1774	0,1814	0,1428	0,1243	0,1022	0,0739	0,0410	0,0035	-0,0392	-0,0774
V_{H0} =	-0,5974	-0,6314	-0,6828	-0,8343	-0,9622	-1,0539	-1,1910	-1,3135	-1,4308	-1,5126
V_{K0} =	-0,7674	-0,7714	-0,5928	-0,3943	-0,2922	-0,2339	-0,1810	-0,0935	-0,0408	0,0374
X_a =	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
X_{nn} =	211,95	264,54	-374,20	-73,72	-49,43	-41,46	-35,86	-30,45	-27,95	-25,13
$\bar{X}_{nn}$ =	4,0143	5,0102	-7,0872	-1,3962	-0,9362	-0,7852	-0,6792	-0,5766	-0,5293	-0,4759
$\bar{X}_p$ =	-0,0413	-0,0332	0,0235	0,1145	0,1626	0,1870	0,2078	0,2311	0,2427	0,2560



Таблиця 3.3А

Результати натурних спостережень для випадку роботи КПП вправо

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	16,8	16,2	15,8	15,3	14,5	13,9	12,8	12,1	10,7	10,0
V_H ,	-0,98	-0,98	-0,99	-1,00	-1,02	-1,04	-1,05	-1,06	-1,08	-1,08
V_K ,	-0,90	-0,86	-0,75	-0,79	-0,68	-0,69	-0,58	-0,57	-0,50	-0,47
V_C ,	0,68	0,68	0,67	0,68	0,68	0,68	0,68	0,69	0,70	0,71
V_T ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	8,8	7,6	6,7	5,5	4,3	2,4	1,2	359,1		
V_H ,	-1,09	-1,11	-1,11	-1,12	-1,13	-1,14	-1,14	-1,13		
V_T ,	-0,46	-0,37	-0,39	-0,34	-0,27	-0,27	-0,22	-0,20		
V_C ,	0,72	0,72	0,73	0,74	0,75	0,76	0,77	0,79		
V_H ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5		
Курс течії K_T	248	248	248	249	249	249	249	249		
$q_t=$	231,2	231,8	232,2	232,7	233,5	234,1	235,2	235,9	237,3	238
$V_{it}=$	-0,3897	-0,3929	-0,3951	-0,3977	-0,4019	-0,4050	-0,4106	-0,4140	-0,4208	-0,4240
$V_{HO}=$	-0,5903	-0,5871	-0,5949	-0,6023	-0,6181	-0,6350	-0,6394	-0,6460	-0,6592	-0,6560
$V_{KO}=$	-0,5103	-0,4671	-0,3549	-0,3923	-0,2781	-0,2850	-0,1694	-0,1560	-0,0792	-0,0460
$X_a=$	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
$X_{nn}=$	-363,21	-231,91	-104,49	-125,02	-69,539	-69,391	-45,433	-43,206	-33,614	-30,379
$\bar{X}_{nn}=$	-6,8791	-4,3923	-1,9788	-2,3679	-1,3179	-1,3142	-0,8605	-0,8183	-0,6366	-0,5754
$\bar{X}_p=$	0,0242	0,0378	0,0825	0,0694	0,1207	0,1210	0,1741	0,1811	0,2171	0,2314
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$q_t=$	239,2	240,4	241,3	243,5	244,7	246,6	247,8	-110,1		
$V_{it}=$	-0,4295	-0,4347	-0,4386	-0,4475	-0,4520	-0,4589	-0,4629	-0,4695		
$V_{HO}=$	-0,6605	-0,6753	-0,6714	-0,6725	-0,6780	-0,6811	-0,6771	-0,6605		
$V_{KO}=$	-0,0305	0,0647	0,0486	0,1075	0,1820	0,1889	0,2429	0,2695		
$X_a=$	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40		
$X_{nn}=$	-28,9579	-21,78	-22,83	-19,12	-15,22	-14,94	-12,46	-11,17		
$\bar{X}_{nn}=$	-0,5484	-0,4125	-0,4325	-0,3622	-0,2883	-0,2829	-0,2359	-0,2102		
$\bar{X}_p=$	0,2380	0,273	0,67	0,2875	0,318	0,32	0,35	0,38		

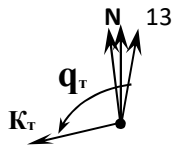


Таблиця 3.44

Результати натурних спостережень для випадку роботи КПП вліво

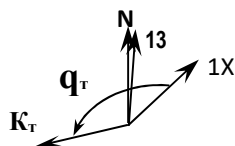
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	343,8	343,5	343,0	343,2	342,9	343,2	343,0	343,6	343,7	344,1
V_H ,	-0,71	-0,70	-0,70	-0,70	-0,71	-0,70	-0,70	-0,70	-0,70	-0,69
V_K ,	-0,50	-0,49	-0,51	-0,55	-0,57	-0,67	-0,62	-0,79	-0,77	-0,87
V_C ,	0,93	0,93	0,93	0,93	0,93	0,92	0,92	0,91	0,91	0,90
V_T ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	248	248	248	248	248	248	248	248	248	248
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	344,4	245,7	346,6	347,3	348,5	349,2	350,1			
V_H ,	-0,68	-0,68	-0,68	-0,69	-0,69	-0,70	-0,71			
V_K ,	-0,86	-0,98	-1,03	-1,05	-1,16	-1,14	-1,19			
V_C ,	0,89	0,86	0,85	0,83	0,82	0,80	0,79			
V_T ,	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6			
Курс течії K_T	248	248	248	248	248	248	248			
q_t =	-95,8	-95,5	-95	-95,2	-94,9	-95,2	-95	-95,6	-95,7	-96,1
V_{tt} =	-0,4974	-0,4977	-0,4981	-0,498	-0,498	-0,498	-0,498	-0,498	-0,498	-0,497
V_{HO} =	-0,2126	-0,2023	-0,2019	-0,202	-0,212	-0,202	-0,202	-0,202	-0,203	-0,193
V_{KO} =	-0,0026	0,0077	-0,0119	-0,052	-0,072	-0,172	-0,122	-0,292	-0,273	-0,373
X_a =	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
X_{nn} =	-27,04	-24,47	-29,71	-44,72	-53,49	-329,2	-106,9	145,13	179,12	82,96
$\bar{X}_{nn}$ =	-0,5122	-0,4633	-0,5626	-0,847	-1,013	-6,235	-2,024	2,7487	3,3925	1,5713
$\bar{X}_p$ =	0,2470	0,2592	0,2345	0,1763	0,1522	0,0267	0,0807	-0,060	-0,049	-0,103

q_t =	-96,4	2,30	-98,6	-99,3	-100,5	-101,2	-102,1			
V_{tt} =	-0,5963	0,0241	-0,5933	-0,5921	-0,590	-0,5886	-0,5867			
V_{HO} =	-0,0837	-0,7041	-0,0867	-0,0979	-0,100	-0,1114	-0,1233			
V_{KO} =	-0,2637	-1,0041	-0,4367	-0,4579	-0,570	-0,5514	-0,6033			
X_a =	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40			
X_{nn} =	50,96	150,32	39,49	40,76	37,64	39,77	39,97			
$\bar{X}_{nn}$ =	0,965	2,8469	0,7478	0,7719	0,712	0,7532	0,7569			
$\bar{X}_p$ =	-0,1585	-0,0579	-0,1940	-0,1894	-0,2009	-0,1929	-0,1922			



Результати натурних спостережень для роботи НПП вправо КПП вліво

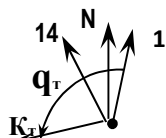
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	349,2	348,2	347,6	348,1	348,6	349,6	350,2	352,2	353,4	355,2
V_H ,	-1,41	-1,41	-1,36	-1,30	-1,22	-1,16	-1,08	-0,98	-0,90	-0,83
V_K ,	-0,88	-0,88	-1,00	-1,18	-1,22	-1,41	-1,47	-1,58	-1,67	-1,75
V_C ,	0,65	0,67	0,68	0,70	0,70	0,71	0,71	0,69	0,68	0,67
V_T ,	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Курс течії K_T	247	247	247	247	247	247	247	247	247	247
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	358,9	1,0	5,6							
V_H , вуз.	-0,72	-0,61	-0,59							
V_K , вуз.	-1,84	-1,93	-2,06							
V_C , вуз.	0,63	0,59	0,57							
V_T , вуз.	0,6	0,6	0,6							
Курс течії K_T	247	247	247							
q_i =	-102,2	-101,2	-100,6	-101,1	-101,6	-102,6	-103,2	-105,2	-106,4	-108,2
V_{it} =	-0,586	-0,589	-0,59	-0,59	-0,588	-0,586	-0,584	-0,579	-0,576	-0,570
V_{H0} =	-0,824	-0,82	-0,77	-0,712	-0,632	-0,574	-0,496	-0,401	-0,324	-0,260
V_{K0} =	-0,296	-0,291	-0,410	-0,591	-0,632	-0,824	-0,886	-1,00	-1,094	-1,180
X_a =	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
X_{nn} =	-55,64	-55,43	-86,57	-286,5		147,72	93,53	61,69	48,64	41,32
$\bar{X}_{nn}$ =	-1,054	-1,05	-1,64	-5,43		2,80	1,77	1,168	0,92	0,783
$\bar{X}_p$ =	0,147	0,148	0,099	0,031		-0,052	-0,092	-0,13	-0,165	-0,188
q_i =	-111,9	246,00	241,4							
V_{it} =	-0,557	-0,548	-0,527							
V_{H0} =	-0,163	-0,062	-0,063							
V_{K0} =	-1,283	-1,382	-1,533							
X_a =	26,40	26,40	26,40							
X_{nn} =	34,0985	28,875	28,67							
$\bar{X}_{nn}$ =	0,646	0,5469	0,543							
$\bar{X}_n$ =	-0,215	-0,238	-0,239							



Таблиця 3.6А

Результати натурних спостережень для випадку НПП вліво, КПП вправо

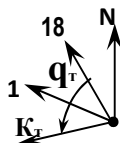
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	33,5	30,0	27,5	26,9	25,0	23,4	21,0	18,7	16,1	14,1
V_H ,	-1,04	-1,34	-1,43	-1,46	-1,59	-1,58	-1,68	-1,73	-1,80	-1,85
V_K ,	-1,13	-0,83	-0,69	-0,60	-0,58	-,53	-0,41	-0,39	-0,26	-0,25
V_C ,	-0,14	-0,17	-0,17	-0,16	-0,12	-0,12	-0,08	-0,04	-0,01	0,04
V_T ,	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Курс течії K_T	247	246	246	246	245	245	245	245	245	245
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	10,1	7,7	3,4							
V_H ,	-1,90	-1,95	-1,99							
V_K ,	-0,17	-0,08	-0,07							
V_C ,	0,12	0,16	0,26							
V_T ,	0,6	0,6	0,6							
Курс течії K_T	245	245	245							
q_t =	213,5	216,00	218,5	219,1	220	221,6	224	226,3	228,9	230,9
V_{it} =	-0,331	-0,353	-0,374	-0,378	-0,386	-0,398	-0,417	-0,434	-0,452	-0,466
V_{HO} =	-0,7088	-0,9873	-1,0565	-1,0816	-1,2043	-1,1816	-1,2632	-1,2962	-1,3479	-1,384
V_{KO} =	-0,799	-0,477	-0,316	-0,222	-0,194	-0,132	0,007	0,044	0,192	0,216
X_a =	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
X_{nn} =	442,25	-75,818	-48,98	-40,005	-36,559	-33,02	-26,18	-24,675	-19,81	-19,28
$\bar{X}_{nn}$ =	8,376	-1,436	-0,928	-0,758	-0,692	-0,625	-0,495	-0,467	-0,375	-0,365
$\bar{X}_n$ =	-0,0199	0,1116	0,1638	0,1921	0,2051	0,2197	0,2513	0,2582	0,2834	0,2865
q_t =	234,9	237,3	241,6							
V_{it} =	-0,491	-0,5049	-0,528							
V_{HO} =	-1,409	-1,445	-1,462							
V_{KO} =	0,3209	0,425	0,458							
X_a =	26,40	26,40	26,40							
X_{nn} =	-16,606	-14,403	-13,811							
$\bar{X}_{nn}$ =	-0,315	-0,273	-0,262							
$\bar{X}_n$ =	0,305	0,326	0,333							



Таблиця 3.8А

Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт вперед, руль прямо, правий гвинт назад, руль ліво.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	11,8	11,3	10,7	10,1	8,8	2,5	0,2	355,8	352,6	349,5
V_n , вуз.	-1,36	-1,37	-1,38	-1,39	-1,40	-1,50	-1,54	-1,62	-1,66	-1,70
V_k , вуз.	-0,91	-0,87	-0,	-0,80	-0,72	-0,19	-0,05	0,21	0,35	0,47
V_c , вуз.	-0,11	-0,11	-0,10	-0,09	-0,07	0,02	0,06	0,14	0,19	0,25
V_t , вуз.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	246	246	246	246	246	246	246	247	247	247
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	346,2	342,4	339,0	335,4						
V_n , вуз.	-1,73	-1,75	-1,75	-1,76						
V_k , вуз.	0,53	0,75	0,76	0,82						
V_c , вуз.	0,31	0,37	0,43	0,49						
V_t , вуз.	0,5	0,5	0,5	0,5						
Курс течії K_T	247	247	247	247						
V_{it}	-0,4055	-0,4081	-0,4111	-0,4140	-0,4203	-0,4475	-0,4561	-0,4733	-0,4816	-0,4881
V_{no}	-0,9545	-0,9619	-0,9689	-0,9760	-0,9797	-1,0525	-1,0839	-1,1467	-1,1784	-1,2119
V_{ko}	-0,5045	-0,4619	-0,4089	-0,3860	-0,2997	0,2575	0,4061	0,6833	0,8316	0,9581
X_a	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000
X_{nn}	-85,59	-75,18	-64,96	-60,94	-49,67	-16,022	-12,01	-6,68	-4,556	-3,086
$\bar{X}_{nn}$	-1,6210	-1,4239	-1,2302	-1,1542	-0,9408	-0,3035	-0,2275	-0,1266	-0,0863	-0,0585
$\bar{X}_n$	0,0997	0,1124	0,1284	0,1359	0,1619	0,3103	0,3597	0,5447	0,7598	1,0933
q_{it}	-99,2	-95,40	-92	-88,4						
V_{it}	-0,4936	-0,4978	-0,4997	-0,4998						
V_{no}	-1,2364	-1,2522	-1,2503	-1,2602						
V_{ko}	1,0236	1,2478	1,2597	1,3198						
X_a	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000						
X_{nn}	-2,4865	-0,0469	0,0988	0,6100						
$\bar{X}_{nn}$	-0,0471	-0,0009	0,0019	0,0116						
$\bar{X}_n$	1,3467	70,4144	-33,4110	-5,4150						



Таблиця 3.9А

**Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт
назад, руль прямо, правий гвинт вперед, НПП вправо**

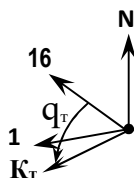
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	292,7	293,2	293,5	293,8	294,3	294,9	295,7	296,5	297,5	298,7
V_H ,	0,13	0,14	0,16	0,17	0,19	0,20	0,22	0,25	0,28	0,31
V_K ,	0,21	0,11	0,05	0,01	-0,02	-0,10	-0,19	-0,31	-0,42	-0,55
V_c ,	0,90	0,90	0,90	0,90	0,89	0,89	0,88	0,88	0,88	0,89
V_T ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	300,0	302,6	305,9	309,5	315,0	319,6	323,6	329,9		
V_H ,	0,35	0,43	0,51	0,60	0,73	0,80	0,86	0,93		
V_K ,	-0,67	-0,94	-1,22	-1,50	-1,76	-1,91	-2,09	-2,12		
V_c ,	0,89	0,89	0,90	0,91	0,92	0,92	0,92	0,89		
V_T ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	9,5		
Курс течії K_T	245	245	245	245	245	245	245	245		
$a_t=$	-47,7	-48,20	-48,5	-48,8	-49,3	-49,9	-50,7	-51,5	-52,5	-53,7
$V_{it}=$	-0,3698	-0,3727	-0,3745	-0,3762	-0,3791	-0,3825	-0,3869	-0,3913	-0,3967	-0,4030
$V_{HO}=$	0,4998	0,5127	0,5345	0,5462	0,5691	0,5825	0,6069	0,6413	0,6767	0,7130
$V_{KO}=$	0,5798	0,4827	0,4245	0,3862	0,3591	0,2825	0,1969	0,0813	-0,0233	-0,1470
$X_a=$	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000
$X_{nn}=$	356,2783	-876,019	-230,149	-153,848	-116,679	-76,113	-51,759	-34,066	-24,640	-17,373
$\bar{X}_{nn}=$	6,7477	-16,5913	-4,3589	-2,9138	-2,2098	-1,4415	-0,9803	-0,6452	-0,4667	-0,3290
$\bar{X}_n=$	-0,0247	0,0100	0,0381	0,0566	0,0742	0,1112	0,1565	0,2152	0,2584	0,2994
$q_t=$	-55	-57,60	-60,9	-64,5	-70	-74,6	-78,6	-84,9		
$V_{it}=$	-0,4096	-0,4222	-0,4369	-0,4513	-0,4698	-0,4820	-0,4901	-9,4624		
$V_{HO}=$	0,7596	0,8522	0,9469	1,0513	1,1998	1,2820	1,3501	10,3924		
$V_{KO}=$	-0,2604	-0,5178	-0,7831	-1,0487	-1,2902	-1,4280	-1,5999	7,3424		
$X_a=$	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000		
$X_{nn}=$	-12,9192	-6,4425	-2,4992	-0,0325	0,9575	1,4214	2,2349	-153,51		
$\bar{X}_{nn}=$	-0,2447	-0,1220	-0,0473	-0,0006	0,0181	0,0269	0,0423	-2,9073		
$\bar{X}_n=$	0,3453	0,5615	1,3401	101,537	-3,4541	-2,3329	-1,4942	0,0568		



Таблиця 3.10А

Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт вперед, , правий гвинт назад, руль ліво, НПП ліво

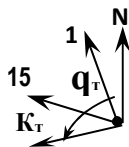
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	355,8	353,2	351,3	349,0	345,9	343,1	339,7	336,0	332,3	328,4
V_H ,	-1,07	-1,13	-1,19	-1,26	-1,33	-1,41	-1,49	-1,56	-1,64	-1,70
V_K ,	-0,60	-0,37	-0,18	-0,04	0,20	0,39	0,53	0,72	0,87	0,98
V_c ,	0,47	0,49	0,50	0,52	0,56	0,60	-0,65	0,72	0,77	0,83
V_T ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	247	247	247	247	247	247	247	247	247	246
q_{it} =	-108,8	-106,20	-104,3	-102	-98,9	-96,1	-92,7	-89	-85,3	-82,4
V_{it} =	-0,4733	-0,4801	-0,4845	-0,4891	-0,4940	-0,4972	-0,4994	-0,4999	-0,4983	-0,4956
V_{HO} =	-0,5967	-0,6499	-0,7055	-0,7709	-0,8360	-0,9128	-0,9906	-1,0601	-1,1417	-1,2044
V_{KO} =	-0,1267	0,1101	0,3045	0,4491	0,6940	0,8872	1,0294	1,2199	1,3683	1,4756
X_a =	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000
X_{nn} =	-40,63	-18,748	-10,481	-6,9647	-2,4509	-0,3764	0,5083	1,8509	2,3838	2,6717
$\bar{X}_{nn}$ =	-0,7695	-0,3551	-0,1985	-0,1319	-0,0464	-0,0071	0,0096	0,0351	0,0451	0,0506
$\bar{X}_p$ =	0,1899	0,2899	0,3910	0,5268	1,3657	8,7708	-6,4967	-1,7975	-1,4031	-1,2561
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	322,1	317,8								
V_H ,	-1,77	-1,81								
V_K ,	1,15	1,26								
V_c ,	0,92	0,97								
V_T ,	0,5	0,5								
Курс течії K_T	246	246								
q_{it} =	-76,1	-71,80								
V_{it} =	-0,4854	-0,4750								
V_{HO} =	-1,2846	-1,3350								
V_{KO} =	1,6354	1,7350								
X_a =	26,4000	26,4000								
X_{nn} =	3,1709	3,4395								
$\bar{X}_{nn}$ =	0,0601	0,0651								
$\bar{X}_p$ =	-1,0656	-0,9863								



Таблиця 3.11А

**Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт
назад, руль право, правий гвинт вперед, НПП вправо, КПП вліво**

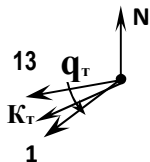
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	259,6	260,1	261,0	262,4	264,3	266,4	267,5	270,3	275,1	282,1
V_H , вуз.	0,38	0,41	0,44	0,49	0,56	0,63	0,66	0,73	0,85	0,97
V_K , вуз.	0,44	0,38	0,23	0,01	-0,19	-0,36	-0,48	0,74	1,02	1,38
V_c , вуз.	0,95	0,95	0,95	0,94	0,93	0,95	0,95	0,95	0,96	0,96
V_T , вуз.	0,6	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	244	244	244	243	243	243	243	243	243	243
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс	286,2	290,1	296,3	298,7	301,3	305,5				
V_H , вуз.	1,04	1,09	1,13	1,15	1,16	1,17				
V_K , вуз.	1,56	1,68	1,84	1,90	2,01	2,03				
V_c , вуз.	0,96	0,95	0,95	0,94	0,94	0,93				
V_T , вуз.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				
Курс течії K_T	242	242	242	242	242	242				
q_t	-15,6	-16,10	-17	-19,4	-21,3	-23,4	-24,5	-27,3	-32,1	-39,1
$V_{H=}$	-0,1614	-0,1664	-0,1754	-0,1661	-0,1816	-0,1986	-0,2073	-0,2293	-0,2657	-0,3153
$V_{H0=}$	0,5414	0,5764	0,6154	0,6561	0,7416	0,8286	0,8673	0,9593	1,1157	1,2853
$V_{K0=}$	0,6014	0,5464	0,4054	0,1761	-0,0084	-0,1614	-0,2727	-0,5107	-0,7543	-1,0647
X_a	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000
X_{nn}	502,79	-988,04	-128,33	-45,769	-25,81	-17,79	-13,77	-8,0574	-5,1021	-2,4791
$\bar{X}_{nn}$	9,5225	-18,71	-2,4306	-0,8668	-0,4888	-0,3369	-0,2608	-0,1526	-0,0966	-0,0470
$\bar{X}_p$	-0,0175	0,0089	0,0676	0,1731	0,2528	0,2964	0,3338	0,4701	0,6863	1,3506
q_t	-44,2	-48,10	-54,3	-56,7	-59,3	-63,5				
$V_{H=}$	-0,3486	-0,3722	-0,4060	-0,4179	-0,4299	-0,4475				
$V_{H0=}$	1,3886	1,4622	1,5360	1,5679	1,5899	1,6175				
$V_{K0=}$	-1,2114	-1,3078	-1,4340	-1,4821	-1,5801	-1,5825				
X_a	26,400	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40				
X_{nn}	-1,799	-1,471	-0,907	-0,743	-0,082					
$\bar{X}_{nn}$	-0,034	-0,028	-0,017	-0,014	-0,006					
$\bar{X}_p$	1,849	2,255	3,644	4,449	40,22	11,453				



Таблиця 3.12А

Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт вперед, правий гвинт назад, руль ліво, НПП вліво, КПП вправо

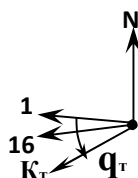
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс	338,9	337,2	335,0	332,7	329,5	326,2	323,3	318,8	315,4	311,4
V_H ,	-1,04	-1,06	-1,10	-0,15	-1,19	-1,26	-1,32	-1,37	-1,43	-1,47
V_K ,	-0,41	-0,26	-0,04	0,09	0,39	0,66	0,75	1,05	1,23	1,27
V_c ,	0,41	0,41	0,42	0,45	0,47	0,50	0,54	0,58	0,62	0,67
V_T ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії $K_{\text{теч}}$	240	241	241	241	241	241	241	241	241	241
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	
Курс супла	306,9	300,6	296,2	291,5	287,0					
V_H ,	-1,50	-1,54	-1,54	-1,54	-1,53					
V_K ,	1,41	1,58	1,61	1,77	1,82					
V_c ,	0,71	0,76	0,80	0,82	0,85					
V_T ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5					
Курс течії $K_{\text{теч}}$	241	241	241	241	241					
$q_{\text{т}}$	-98,9	-96,20	-94	-91,7	-88,5	-85,2	-82,3	-77,8	-74,4	-70,4
$V_{\text{тл}}$	-0,4940	-0,4971	-0,4988	-0,4998	-0,4998	-0,4982	-0,4955	-0,4887	-0,4816	-0,471
$V_{\text{но}}$	-0,5460	-0,5629	-0,6012	0,3498	-0,6902	-0,7618	-0,8245	-0,8813	-0,9484	-0,999
$V_{\text{ко}}$	0,0840	0,2371	0,4588	0,5898	0,8898	1,1582	1,2455	1,5387	1,7116	1,7410
X_a	26,40	26,400	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
X_{nn}	-19,362	-10,75	-3,5475	103,35	3,3360	5,4518	5,3691	7,1718	7,5742	7,1498
$\bar{X}_{nn}$	-0,3667	-0,2037	-0,0672	1,9574	0,0632	0,1033	0,1017	0,1358	0,1435	0,1354
$\bar{X}_p$	0,2861	0,3846	0,9580	-0,0833	-1,0153	-0,6474	-0,6561	-0,5146	-0,4929	-0,515
$q_{\text{т}}$	-65,9	-59,60	-55,2	-50,5	-46					
$V_{\text{тл}}$	-0,4564	-0,4313	-0,4106	-0,3858	-0,3597					
$V_{\text{но}}$	-1,0436	-1,1087	-1,1294	-1,1542	-1,1703					
$V_{\text{ко}}$	1,8664	2,0113	2,0206	2,1558	2,1797					
X_a	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000					
X_{nn}	7,4649	7,6367	7,4687	7,9888	7,9542					
$\bar{X}_{nn}$	0,1414	0,1446	0,1415	0,1513	0,1506					
$\bar{X}_p$	-0,4985	-0,4898	-0,4983	-0,4731	-0,4747					



Таблиця 3.13А

Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт вперед, правий гвинт вперед, рулі прямо, НПП вправо

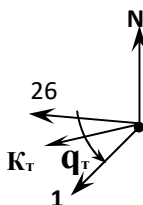
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	232,9	233,0	233,0	233,7	234,5	234,8	236,0	237,2	237,8	239,4
V_H ,	0,71	0,71	0,73	0,75	0,76	0,81	0,86	0,88	0,91	0,95
V_K ,	0,75	0,72	0,72	0,69	0,58	0,52	0,54	0,28	0,31	0,22
V_C ,	-0,24	-0,28	-0,35	-0,41	-0,49	-0,55	-0,61	-0,65	-0,68	-0,69
V_T ,	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	240,9	242,8	247,0							
V_H ,	0,95	0,95	0,95							
V_K ,	0,12	0,12	0,12							
V_C ,	-0,71	-0,71	-0,71							
V_T ,	0,5	0,5	0,5							
Курс течії K_T	241	241	241							
q_t =	8,1	8,00	8	7,3	6,5	6,2	5,00	3,8	3,2	1,6
V_{it} =	0,0705	0,0696	0,0696	0,0635	0,0566	0,0540	0,0436	0,0331	0,0279	0,0140
V_{HO} =	0,6395	0,6404	0,6604	0,6865	0,7034	0,7560	0,8164	0,8469	0,8821	0,9360
V_{KO} =	0,6795	0,6504	0,6504	0,6265	0,5234	0,4660	0,4964	0,2469	0,2821	0,2060
X_a =	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
X_{nn} =	870,61	3407,78	-3460,6	-577,7	-179,9	-111,2	-108,3	-48,12	-51,22	-41,30
$\bar{X}_{nn}$ =	16,4887	64,5413	-65,543	-10,94	-3,407	-2,106	-2,051	-0,911	-0,970	-0,782
$\bar{X}_p$ =	-0,0101	-0,0026	0,0025	0,0152	0,0486	0,0776	0,0797	0,1662	0,1578	0,1875
q_t =	0,09999	-1,80	-6							
V_{it} =	0,0009	-0,0157	-0,0523							
V_{HO} =	0,9491	0,9657	1,0023							
V_{KO} =	0,1191	0,1357	0,1723							
X_a =	26,40	26,40	26,40							
X_{nn} =	-33,98	-35,03	-37,36							
$\bar{X}_{nn}$ =	-0,6435	-0,6635	-0,7075							
$\bar{X}_p$ =	0,2156	0,2112	0,2019							



Таблиця 3.14А

**Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт
вперед, правий гвинт вперед, рулі прямо, НПП вліво**

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	264,2	264,4	264,5	264,5	264,6	264,2	263,9	263,0	262,7	261,7
V_H	0,45	0,46	0,47	0,48	0,49	0,51	0,51	0,49	0,48	0,43
V_K	0,33	0,32	0,33	0,36	0,39	0,51	0,60	0,72	0,75	0,81
V_c	-0,40	-0,40	-0,42	-0,45	-0,48	-0,55	-0,61	-0,70	-0,73	-0,83
V_T	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	241	241	241	241	241	241	241	241	241	241
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	260,6	259,7	258,7	257,2	255,9	254,5				
V_H	0,40	0,38	0,35	0,32	0,31	0,31				
V_K	0,91	0,97	0,98	1,11	1,15	1,15				
V_c	-0,88	-0,91	-0,94	-0,98	-1,00	-1,00				
V_T	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				
Курс течії K_T	241	241	241	241	241	242				
q_{it}	-23,2	-23,40	-23,5	-23,5	-23,6	-23,2	-22,90	-22	-21,7	-20,7
V_{it}	-0,1970	-0,1986	-0,1994	-0,1994	-0,2002	-0,1970	-0,1946	-0,1873	-0,1849	-0,176
V_{HO}	0,6470	0,6586	0,6694	0,6794	0,6902	0,7070	0,7046	0,6773	0,6649	0,6067
V_{KO}	0,5270	0,5186	0,5294	0,5594	0,5902	0,7070	0,7946	0,9073	0,9349	0,9867
X_a	26,40	26,40	26,40	26,400	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
X_{nn}	-258,27	-221,98	-226,05	-272,5	-338,0	-	439,74	181,88	156,42	110,70
$\bar{X}_{nn}$	-4,8914	-4,2041	-4,2812	-5,1615	-6,4017	-	8,3285	3,4448	2,9625	2,0967
$\bar{X}_p$	0,0340	0,0395	0,0388	0,0322	0,0260	-	-0,0200	-0,0480	-0,0557	-0,078
q_{it}	-19,6	-18,70	-17,7	-16,2	-14,9	-12,5				
V_{it}	-0,1677	-0,1603	-0,1520	-0,1395	-0,1286	-0,1082				
V_{HO}	0,5677	0,5403	0,5020	0,4595	0,4386	0,4182				
V_{KO}	1,0777	1,1303	1,1320	1,2495	1,2786	1,2582				
X_a	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000				
X_{nn}	85,1763	74,7529	68,4738	57,1106	53,9670	52,6881				
$\bar{X}_{nn}$	1,6132	1,4158	1,2969	1,0816	1,0221	0,9979				
$\bar{X}_p$	-0,1001	-0,1130	-0,1224	-0,1438	-0,1510	-0,1541				



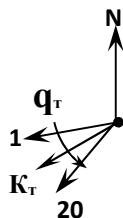
Таблиця 3.15А

Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт назад, правий гвинт назад, рулі прямо, НПП вправо

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	223,9	224,3	224,2	224,1	224,0	224,5	224,7	224,8	224,9	225,1
V_H	0,45	0,47	0,47	0,48	0,48	0,49	0,51	0,52	0,53	0,55
V_K	0,74	0,58	0,55	0,58	0,62	0,51	0,39	0,41	0,43	0,42
V_C	1,08	1,31	1,38	1,46	1,54	1,70	1,85	1,93	2,00	2,08
V_T	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
q_t	21,1	20,70	20,8	20,9	21	20,5	20,3	20,2	20,1	19,9
V_{tt}	0,1800	0,1767	0,1776	0,1784	0,1792	0,1751	0,1735	0,1726	0,1718	0,1702
V_{HO}	0,2700	0,2933	0,2924	0,3016	0,3008	0,3149	0,3365	0,3474	0,3582	0,3798
V_{KO}	0,5600	0,4033	0,3724	0,4016	0,4408	0,3349	0,2165	0,2374	0,2582	0,2498
X_a	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40
X_{nn}	75,5589	167,1660	219,4147	185,6612	139,8506	857,7263	-121,67	-140,33	-162,71	-127,86
$\bar{X}_{nn}$	1,4310	3,1660	4,1556	3,5163	2,6487	16,2448	-2,3044	-2,6577	-3,0817	-2,4216
$\bar{X}_p$	-0,1119	-0,0522	-0,0399	-0,0471	-0,0622	-0,0103	0,0712	0,0620	0,0536	0,0679
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	225,4	225,8	226,2	226,8	227,1	228,3	228,7	230,5	231,3	232,1
V_H	0,56	0,60	0,64	0,67	0,71	0,76	0,78	0,83	0,84	0,84
V_K	0,41	0,33	0,38	0,36	0,38	0,35	0,39	0,31	0,34	0,29
V_C	2,16	2,31	2,46	2,61	2,74	2,92	3,02	3,17	3,19	3,20
V_T	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс ... V	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
q_t	19,6	19,20	18,8	18,2	17,9	16,7	16,3	14,5	13,7	12,9
V_{tt}	0,1677	0,1644	0,1611	0,1562	0,1537	0,1437	0,1403	0,1252	0,1184	0,1116
V_{HO}	0,3923	0,4356	0,4789	0,5138	0,5563	0,6163	0,6397	0,7048	0,7216	0,7284
V_{KO}	0,2423	0,1656	0,2189	0,2038	0,2263	0,2063	0,2497	0,1848	0,2216	0,1784
X_a	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000
X_{nn}	-111,68	-58,78	-70,84	-61,12	-62,615	-52,97	-60,20	-45,16	-49,79	-43,52
$\bar{X}_{nn}$	-2,1152	-1,1132	-1,3418	-1,1575	-1,1858	-1,0032	-1,1402	-0,8554	-0,9432	-0,8243
$\bar{X}_p$	0,0774	0,1403	0,1187	0,1356	0,1327	0,1534	0,1374	0,1749	0,1616	0,1801

Продовження табл.3.15А

	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	232,9	233,8	234,5	236,1	237,0	238,0				
V_H , вуз.	0,84	0,84	0,84	0,82	0,82	0,81				
V_K , вуз.	0,24	0,27	0,23	0,18	0,14	0,13				
V_C , вуз.	3,20	3,19	3,19	3,15	3,11	3,08				
V_T , вуз.	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5				
Курс течії K_T	245	245	245	245	245	245				
q_t =	12,1	11,20	10,5	8,900	8	7				
V_{it} =	0,1048	0,0971	0,0911	0,0774	0,0696	0,0609				
V_{HO} =	0,7352	0,7429	0,7489	0,7426	0,7504	0,7491				
V_{KO} =	0,1352	0,1729	0,1389	0,1026	0,0704	0,0691				
X_a =	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000				
X_{nn} =	-38,2968	-42,4144	-38,4213	-34,8682	-31,8674	-31,7627				
$\bar{X}_{nn}$ =	-0,7253	-0,8033	-0,7277	-0,6604	-0,6035	-0,6016				
$\bar{X}_p$ =	0,1984	0,1837	0,1979	0,2119	0,2247	0,2252				



Таблиця 3.16.А

Результати натурних спостережень для випадку роботи лівий гвинт назад, правий гвинт назад, рулі прямо, НПП вліво

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Курс судна	244,9	244,5	244,3	243,1	242,5	241,2	240,2	239,2	237,6	236,1
V_n	0,05	0,03	0,03	0,01	0,00	-0,01	0,04	-0,08	-0,12	-0,17
V_k	0,08	0,17	0,21	0,33	0,41	0,56	0,61	0,63	0,69	0,81
V_c	2,21	2,19	2,18	2,14	2,12	2,10	2,08	2,05	2,02	2,00
V_t	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
$q_{\text{т}}$	0,1	0,50	0,7	1,9	2,5	3,80	4,80	5,80	7,40	8,9
$V_{\text{тл}}$	0,001	0,0044	0,0061	0,0166	0,0218	0,0331	0,0418	0,0505	0,0644	0,0774
$V_{\text{но}}$	0,049	0,0256	0,0239	-0,0066	-0,0218	-0,0431	-0,0018	-0,1305	-0,1844	-0,2474
$V_{\text{ко}}$	0,079	0,1656	0,2039	0,3134	0,3882	0,5269	0,5682	0,5795	0,6256	0,7326
X_a	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,40	26,404
X_{nn}	112,9	36,069	33,408	25,3147	23,5913	22,4042	26,2297	16,6931	14,3800	13,0731
$\bar{X}_{\text{nn}}$	2,14	0,6831	0,6327	0,4794	0,4468	0,4243	0,4968	0,3162	0,2723	0,2476
$\bar{X}_p$	-0,08	-0,21	-0,2180	-0,2551	-0,2634	-0,2693	-0,2508	-0,3046	-0,3266	-0,3431
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Курс судна	234,8	233,9	232,0	230,3	228,6	226,5	224,8	222,9	220,8	219,1
V_n	-	-0,22	-0,27	-0,30	-0,33	-0,35	-0,37	-0,38	-0,38	-0,38
V_k	0,79	0,77	0,88	0,95	0,91	0,98	1,02	1,01	1,02	1,07
V_c	1,99	1,96	1,94	1,92	1,91	1,91	1,92	1,93	1,95	1,98
V_t	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5
Курс течії K_T	245	245	245	245	245	245	245	245	245	245
$q_{\text{т}}$	10,2	11,10	13	14,7	16,4	18,5	20,2	22,1	24,2	25,9
$V_{\text{тл}}$	0,0885	0,0963	0,1125	0,1269	0,1412	0,1587	0,1726	0,1881	0,2050	0,2184
$V_{\text{но}}$	-0,2785	-0,3163	-0,3825	-0,4269	-0,4712	-0,5087	-0,5426	-0,5681	-0,5850	-0,5984
$V_{\text{ко}}$	0,7015	0,6737	0,7675	0,8231	0,7688	0,8213	0,8474	0,8219	0,8150	0,8516
X_a	26,400	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000	26,4000
X_{nn}	11,393	9,5327	8,8394	8,3686	6,3372	6,2069	5,7871	4,8199	4,3386	4,6100
$\bar{X}_{\text{nn}}$	0,2158	0,1805	0,1674	0,1585	0,1200	0,1176	0,1096	0,0913	0,0822	0,0873
X_p	-0,3712	-0,4164	-0,4391	-0,4569	-0,5692	-0,5792	-0,6147	-0,7220	-0,7944	-0,7516

ДОДАТОК Б

ФОТОГРАФІЇ ЕКРАНА ДОПЛЕРІВСЬКОГО ЛАГА
ПРИ ВИПРОБУВАННЯХ МАНЕВРУ 1



Рис.3.1.Б Маневр 1, положения 1

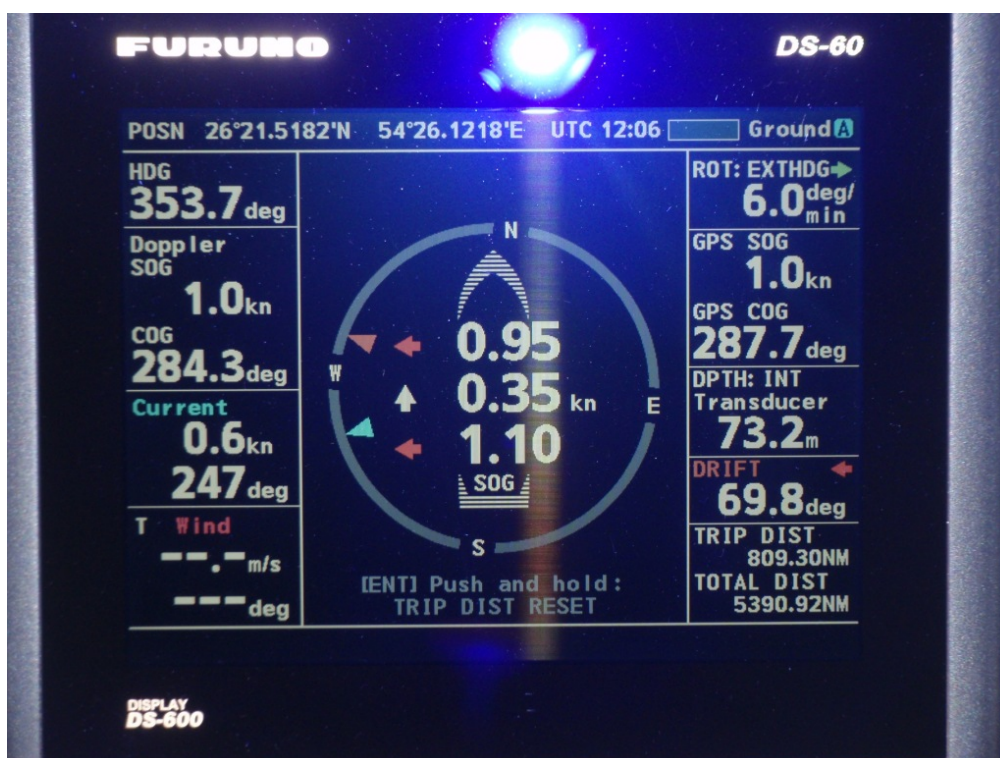


Рис.3.2.Б Маневр 1, положения 2.



Рис.3.3.Б Маневр 1, положения 3.



Рис.3.4.Б Маневр 1, положения 4.



Рис.3.5.Б Маневр 1, положения 5.



Рис.3.6.Б Маневр 1, положения 6.



Рис.3.7.Б Маневр 1, положения 7.



Рис.3.8.Б Маневр 1, положения 8.



Рис.3.9.Б Маневр 1, положения 9.



Рис.3.10.Б Маневр 1, положения 10.

ДОДАТОК В

РОЗРАХУНКОВА СХЕМА ВИЗНАЧЕННЯ КООРДИНАТ ЦЕНТРУ
ВАГИ ПО ПОЛОЖЕННЮ АНТЕНИ

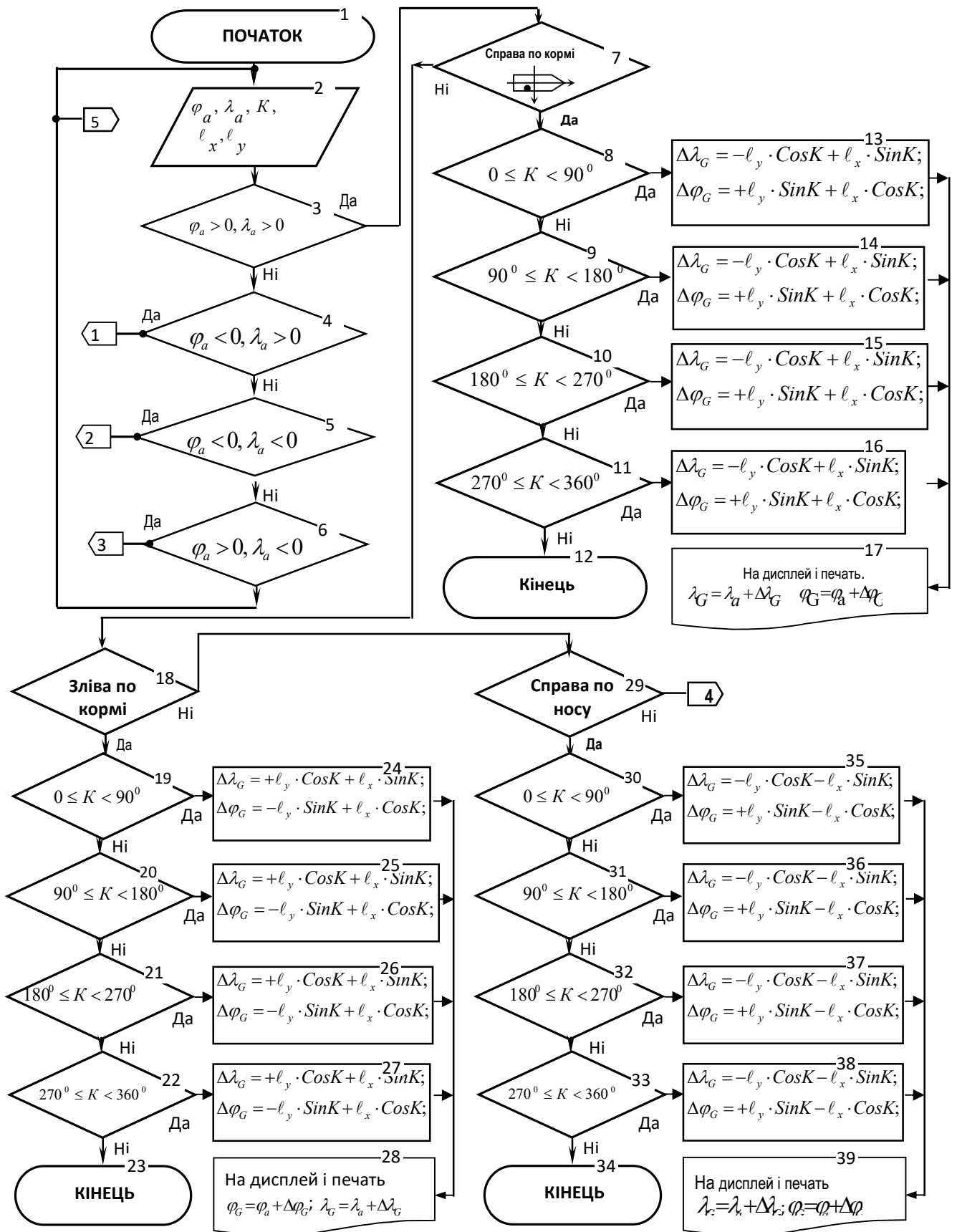
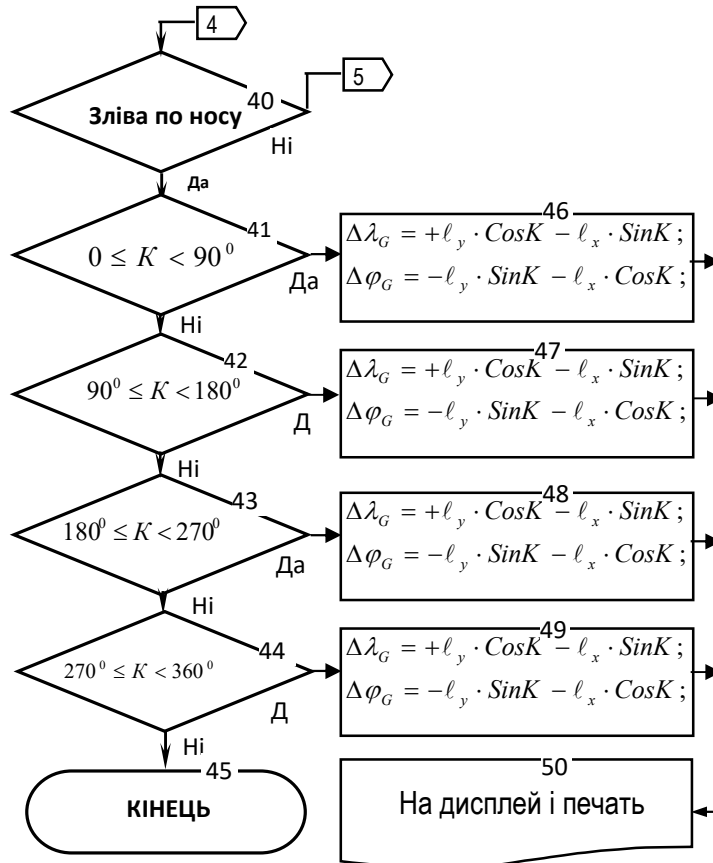


Рис. 5.1В. Розрахункова схема визначення координат центра ваги судна по положенню антени.



Продовження рис.5.1В

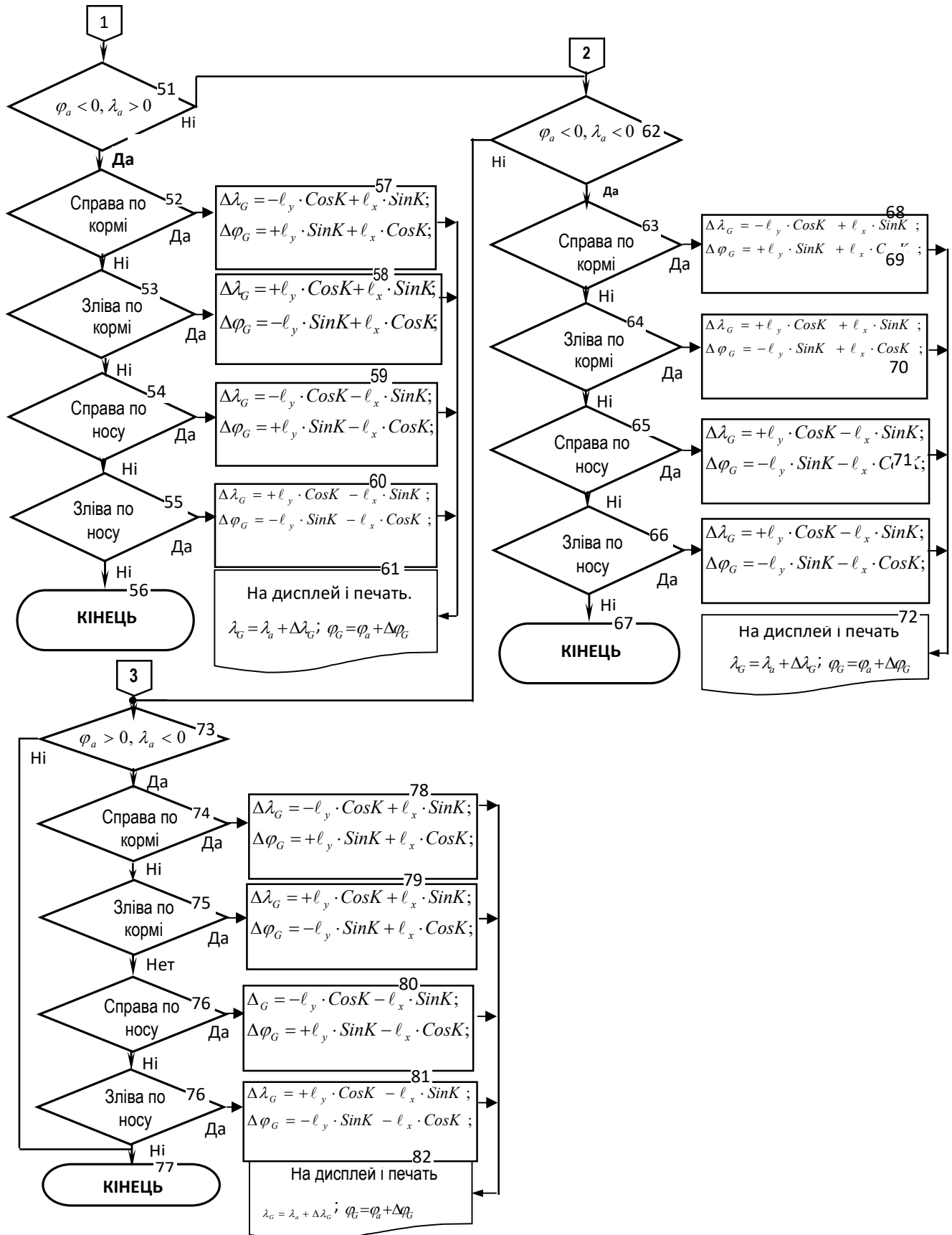


Рис.5.2В. Укрупнена схема алгоритму перерахунку координат на ЦВ судна

ДОДАТОК Д

ВИХІДНІ ДАНІ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ МАНЕВРЕНИХ ХАРАКТЕРИСТИК
ТА ФОРМА ЇХ ПРЕДСТАВЛЕННЯ

Таблиця 5.1.Д

Вихідні дані для розрахунку маневрених характеристик англійською мовою

Initial data for computation of maneuvers descriptions m/v "....."			
№№	Parameter and measuring unit	Conditional designation	Significance of parameter
1	Length between perpendiculars, м	$L_{\perp\perp}$	
2	Beam(max),м	B	
3	Number of propellers/rudders	i/j	
4	Engine Type(Internal Combustion Engine or other)	motor	
5	Speed of assured reversing, knots	V_{rev}	
6	Propeller: Number of blades	Z	
7	Diameter, м	D_p	
8	Pitch ration	H/ D_p	
9	Blade area ration	Θ	
10	Rudder Descriptions: Rudder feather area, м	S_r	
11	Rudder height , м	h_r	
12	Rudder stern area, м ²	f_{st}	
13	Experiment of passive braking: Initial speed, knots	V_0	
14	Final speed, knot	V_f	
15	Time of passive braking, s	t^{11}	
16	Experiment of active braking: Initial speed, knots	V_{in}	
17	Number of rounding, RPM	n_{ASE}	
18	Time of active braking, s	t^{111}	
19	Circulation experiment: Initial speed, knot	V_{ic}	
20	Final speed, knot	V_{fc}	
21	Angle of rudder turning, degrees	δ_e^0	
22	Advance , bodies	l_1	
23	Transfer , bodies	l_2	
24	Tactical diameter, bodies	D_T	
25	Establishing diameter, bodies	D_e	
Data on condition of ship		Loaded condition	Ballast condition Experiment
26	Displacement,т	$D_{ld} =$	$D_{bal} =$ $D_{exp} =$
27	Bow draught, м	$T_{bld} =$	$T_{bbal} =$ $T_{be} =$
28	Stern draught, м	$T_{sld} =$	$T_{sbai} =$ $T_{se} =$
29	Midship sectional area coefficient, $\beta_{\oplus}$		
Velocity ship descriptions (speed, knot; rounding, RPM)			
Mode of heading		Loaded condition	Ballast condition n_{AS} , RPM
30	Full Ahead		Full Astern/
31	Full Sea Ahead		Half Astern/
32	Half Ahead		Slow Astern/
33	Slow Ahead		Dead Slow
34	Dead Slow Ahead		Astern/
35	Projection area of above-water part of body on diametric flatness, м ²	$T_m =$	$S_{aw} =$
36	Projection area of submarine part of body on diametric flatness, м ²	$T_m =$	$S_{bw} =$
37	Handling loss speed, knot	$V_{hdl} =$	2

Таблица 5.2Д

Вихідні дані для розрахунку маневрених характеристик

Исходные данные для расчета маневренных характеристик т/х "....."				
№№ пп	Параметр и единица измерения	Условно е	Значен ие	
1	Длина между перпендикулярами, м	$L_{\perp\perp}$		
2	Ширина наибольшая, м	B		
3	Число винтов / рулей	i / j		
4	Тип энергетической установки	ДВС		
5	Скорость уверенного реверсирования, уз	$V_{рев}$		
6	Винт: Число лопастей	Z		
7	Диаметр, м	D_B		
8	Шаговое отношение	H/ D_B		
9	Дисковое отношение	Θ		
10	Характеристики руля: Площадь пера руля, м ²	S_p		
11	Высота руля по баллеру, м	h_p		
12	Площадь подреза кормы, м ²	f_k		
13	Эксперимент пасс. торможения: начальная скорость, уз	V_o		
14	конечная скорость, уз	V_k		
15	время пасс. торм., с	t^{11}		
16	Эксперимент акт. торможения: начальная скорость, уз	V_n		
17	число оборотов ЗП, об/мин	$n_{зхэ}$		
18	Время акт. торм., с	t^{111}		
19	Эксперимент циркуляции: Начальная скорость, уз	$V_{нц}$		
20	Конечная скорость, уз	$V_{кц}$		
21	Угол перекладки руля, градусов	δ^0_z		
22	Выдвиг, корпусов	ℓ_1		
23	Прямое смещение, корпусов	ℓ_2		
24	Тактический диаметр, корпусов	D_t		
25	Установившийся диаметр, корпусов	D_y		
Данные по состоянию судна.		В грузу	В балласте	
26	Водоизмещение, т	$D_{гр} =$	$D_{бал} =$	$D_э =$
27	Осадка носом, м	$T_{нгр} =$	$T_{нбал} =$	$T_{нэ} =$
28	Осадка кормой, м	$T_{кгр} =$	$T_{кбал} =$	$T_{кэ} =$
29	Коэффициент полноты мидель шпангоута, $\beta_\oplus$			
Скоростные характеристики судна (скорость, уз/ обороты, обор./мин.)				
Режим переднего хода		В грузу	В балласте	$n_{зх}, об/мин$
30	Передний полный (ПП)			ЗП /
31	Передний полный маневренный (ППм)			ЗС /
32	Передний средний (ПС)			ЗМ /
33	Передний малый (ПМ)			ЗСМ /
34	Передний самый малый (ПСМ)			
35	Площадь проекции надв. части корп. на ДП, м ²	$T_{ср} =$	$S_n =$	
36	Площадь проекции подв. части корп. на ДП, м ²	$T_{ср} =$	$S_n =$	
37	<u>Скорость потери управляемости, уз</u>	$V_{упр}$		

ДОДАТОК Е.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ
РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у наукових фахових виданнях.

1. Мальцев С.Э. Полюс поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография/ С. Э. Мальцев, О. Н. Товстокорый. //–Херсон: ХГМА, 2016. -124 с.
2. Голиков В.В. Алгоритм определения положения полюса поворота морского судна / В.В.Голиков., С.Э.Мальцев. Научный журнал.- Херсон.:ХГМА, 2013. №1(8). С. 21 – 27.
3. Голиков В.В. Анализ вектора смещения пути судна от ветра /В.В.Голиков.,С.Э.Мальцев. Науч.жур.-Херсон. :ХГМА, 2015.№1(12), -С. 29-35.
4. Товстокорый О.Н. Определение положения полюса поворота с помощью доплеровского лага.//О.Н.Товстокорый, С.Э.Мальцев./ Судовождение: Сб.научн. трудов.//НУ «ОМА». Вып.26. Одесса: ИздатИнформ. 2016. – С.183 – 190.
5. Sokolenko V.I. The navigation device for converting the coordinates of the satellite antenna of the vessel to the center of gravity./ V.I. Sokolenko , S.E. Maltsev, A.S. Maltsev.// Судовождение: Сб. научн. трудов / ОНМА Вып. 28 – Одесса: «ИздатИнформ», 2018. – С. 210 – 221.
6. Мальцев С.Е. Когнитивная система оценки положения полюса поворота судна с помощью эффективных алгоритмов./С.Е.Мальцев//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences.- 2018. V1 (19), issue 171. –P.37 – 42.
7. Мальцев С.Е. Система інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно буя./ С.Е. Мальцев. // Судовождение: сб. научн.трудов. /НУ»ОМА». Вып.29. -Одесса: »Издатинформ», 2019. – С.134 – 141.
8. Мальцев С.Е. Навігаційний пристрій підтримки прийняття рішення при автоматичному плануванні руху судна траєкторними точками при заході /виході із порту./С.Е. Мальцев.//Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. Natural and Technical Sciences.- 2019. V11 (25), issue 206. –P. 41-46.
9. Мальцев С.Е. Оперативний контроль ширини маневреного зсуву в стислих водах // Судноводіння: Зб. наук. праць./ НУ «ОМА», Вип. 31.– Одеса: «ВидавІнформ», 2021.- С.22-37. DOI: <https://doi.org/10.31653/2306-5761.31.2021.22-37>.

Апробація матеріалів дисертації.

10. Мальцев С.Е. Алгоритм определения положения полюса поворота при маневрировании. «Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека»: Матеріали науково-методичної конференції - (Одеса, 14-15 листопада 2012 року.). – Одеса: ОНМА. ВидавІнформ, 2013. – С.106 – 110.
11. Мальцев С.Е. Управление ходкостью счалов барж при использовании отдельных поворотных насадок. / С.Е.Мальцев // Судноплавство: перевезення, технічні засоби, безпека» Матеріали конференції 19-20 листопада 2013 р. –Одеса, ОНМА. Видавінформ, 2014. – С.131 – 137.
12. Мальцев С.Э. Устройство оценки полюса поворота по тангенциальным скоростям конечностей./ С.Э Мальцев., В.В.Голиков. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві»: Матеріали науково-методичної конференції - (Одеса, 18-19 листопада 2014 року.). – Одеса: ОНМА. ВидавІнформ, 2014. – С.172 – 176.
13. Мальцев А.С. Методологические основы разработки информационных систем поддержки принятия решения при маневрировании морских судов./ А.С.Мальцев, В.В.Голиков, С.Э. Мальцев//Сборник материалов 7-й Международной научно – практической конференции (MINTT-2015) 26 – 28 мая 2015 г, г .Херсон. ХДМА.-С 152-157.
14. Голиков В.В. Имитационное моделирование швартовки крупнотоннажного судна к причалу 25 порта Южный. / В.В.Голиков, С.Э. Мальцев // Матер.конф. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві» 19-20 листопада 2015 р. - Одеса, НУ «ОМА»2016. –С. 119-123.
15. Мальцев С.Е. Способ оценки маневренности судна по положению полюса поворота. / С.Е. Мальцев// Матер. конф. «Морські перевезення та інформаційні технології в судноплавстві» 19-20 листопада 2015 р. - Одеса, НУ «ОМА»2016. –С. 129-133.
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 Міжнародн. наук. - практ. конф., 23-25 травня 2018 р. – Херсон: ДМА, 2018. – С. 64 – 69.

18. Мальцев С.Е. Змістовні моделі системи управління судном при маневруванні. / С.Е.Мальцев.// «Транспортні технології (морський та річковий флот)», науково – технічна конференція, 15-16 листопада 2018 р. – Одеса: НУ «ОМА» 2018. – С. 219 – 224.

19. Мальцев С.Е. Удосконалення інформаційного забезпечення процесу маневрування параметрами стану судна. // «Транспортні технології (морський та річковий флот): інфраструктура, судноплавство, перевезення, автоматизація», науково – технічна конференція, 14-15 листопада 2019 р. – Одеса: НУ «ОМА» 2019. – С. 129 – 131.

Перелік патентів, які захищають наукову новизну.

20. **Патент** 91006 UA. МПК(2014.01) G08G 3/00. Пристрій для інформаційного забезпечення маневрування морського судна. /Голіков В.В., Мальцев С.Е. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2013 04429; заявлено 25.04.2013; опубліковано 25.06.2014, Бюл. № 12.

21. **Патент** 97227 UA. МПК G08G 3/02 (2006.01), B63B 43/02 (2006.01). Пристрій для інформаційного забезпечення процесу управління судном. /Мальцев С.Е., Товстокорий О.М., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u2014 07280; заявлено 27.06.2014; опубліковано 10.03.2015, Бюл. № 5.

22. **Патент** 98720 UA. МПК (2015.01) B63B 21/00 Система інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно буя./Деревянко А.А. Мальцев С.Е. П. Заявник Одеська національна морська академія. - № u2014 10883; заявлено 06.10.2014; опублік. 12.05.2015, Бюл. № 9.

23. **Патент** 100293 UA. МПК G08G 3/00 (2015/01), Спосіб інформаційного забезпечення маневрування морського судна. / Товстокорий О.М., Мальцев С.Е., Бень А. П. Заявник Херсонська державна морська академія. - № u 2014 12711; заявл. 26.11.2014; опублік. 27.07.2015, Бюл. № 14.

24. **Патент** 111646 UA. МПК (2016.01) G08G 3/00 Навігаційний пристрій для вибору виду вектора управління рухом./Голіков В.В.,Мальцев С.Е. Заявник національний університет «Одеська морська академія». - № u 2016 02487; заявлено 14.03.2016; опубліковано 25.11.2016, Бюл. № 22.

ДОДАТОК С
АКТИ УПРОВАДЖЕННЯ ДИСЕРТАЦІЇ

ЗАТВЕРДЖУЮ

Проректор з науково-педагогічної роботи
Національного університету
«Одеська морська академія»
д.т.н., професор



В.М. Захарченко

20 20 р.

А К Т

використання результатів дисертаційної роботи
Мальцева Станіслава Едуардовича
на тему «Розробка способу визначення параметрів маневрування судна при
криволінійному русі» в науково-дослідних роботах, які виконуються в
університеті

Ми, що нижче підписались, начальник науково-дослідної частини університету Савчук В.Д. та завідувач кафедри управління судном Бурмака І.О. склали цей акт у тому, що Розділ 2. «Аналіз способів визначення абсциси полюсу повороту» дисертаційної роботи Мальцева С. Е. на тему «Розробка способу визначення параметрів маневрування судна при криволінійному русі» увійшов складовою частиною в заключний звіт по науково-дослідній роботі «Удосконалення методів безпечного управління судном», НУ «ОМА», Одеса, 2020 р. (№ ДР 0117U005133, науковий керівник к.т.н., доцент Бурмака І.О.).

Начальник науково-дослідної
частини НУ«ОМА»,
к.т.н., с.н.с., професор

В.Д. Савчук

Завідувач кафедри
управління судном,
к.т.н., доцент

І.О. Бурмака

«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Проректор з науково – педагогічної роботи
Херсонської державної морської академії
к.т.н., доц. Бень А.П.

« 25 » _____ 2020 р.



А К Т

про використання результатів дисертаційної роботи здобувача Мальцева Станіслава Едуардовича на тему «Розробка способу визначення параметрів маневрування судна при криволінійному русі» в наукові дослідження при виконанні науково-дослідної роботи № 31п/19 «Розробка програмних засобів для підвищення якості функціонування систем динамічного позиціонування морських суден», яка виконується за рахунок коштів загального фонду державного бюджету (підстава: Наказ МОН України від 31.01.2019 № 96 «Про обсяги фінансування науково-дослідних робіт, наукових заходів та інфраструктури у 2019 році за КПКВК 2201040», Наказ МОН України від 5.02.2019 № 129 «Про формування тематичних планів наукових досліджень і розробок закладів вищої освіти та наукових установ на 2019 рік», Наказ МОН України від 19.04.2019 № 527 «Про внесення змін до наказу МОН України від 31.01.2019 № 96».

Ми, що нижче підписалися, декан факультету судноводіння к.і.н. доц. Нагрибельний Я.А., завідуючий кафедрою управління судном к.т.н., доц. Товстокорий О.М., доцент кафедри управління судном к.т.н. Зінченко С.М., склали цей акт в тому, що результати кандидатської дисертації здобувача Мальцева Станіслава Едуардовича на тему «Розробка способу визначення параметрів маневрування судна при криволінійному русі» впроваджені при виконанні науково - дослідної роботи, у вигляді розрахункових схем, алгоритмів, способів планування шляху і контрольних прикладів для перевірки роботи комп'ютерних програм розрахунку абсциси полюса повороту і ширини маневрового зсуву та у навчальний процес у вигляді методичних вказівок до виконання лабораторних робіт по плануванню шляху траєкторними точками при криволінійному русі.

Декан факультету судноводіння
к.і.н., доц.

Нагрибельний Я.А.

Завідуючий кафедрою управління судном
к.т.н., доц.

Товстокорий О.М.

Доцент кафедри управління судном , к.т.н.

Зінченко С.М.

А К Т

про використання результатів дисертаційної роботи здобувача
Мальцева Станіслава Едуардовича на тему «Розробка способу визначення
параметрів маневрування судна при криволінійному русі» в приватному
вищому навчальному закладі Інститут післядипломної освіти «Одеський
морський тренажерний центр».

Справжнім підтверджуємо, що результати кандидатської дисертації
здобувача Мальцева Станіслава Едуардовича на тему «Розробка способу
визначення параметрів маневрування судна при криволінійному русі»
впроваджені при виконанні освітнього процесу у вигляді розрахункових схем,
алгоритмів, способів планування шляху і контрольних прикладів для перевірки
роботи комп'ютерних програм розрахунку абсциси полюса повороту і ширини
маневрового зсуву та у вигляді методичних вказівок до виконання
лабораторних робіт по плануванню шляху траєкторними точками при
криволінійному русі.

Директор Інституту післядипломної освіти
«Одеський морський тренажерний центр»
к.т.н., професор Пащенко Ю.В.

03.09.2020 р.





«ЗАТВЕРДЖУЮ»

Перший проректор національного
університету «Одеська морська академія»
професор Шемякін О.М.

А К Т

про використання результатів дисертаційної роботи здобувача

Мальцева Станіслава Едуардовича на тему «Розробка способу визначення параметрів маневрування судна при криволінійному русі» в освітній процес.

Ми, що нижче підписалися, начальник навчального відділу Пархоменко М.М., декан факультету морських перевезень і технологій к.т.н., доц. Ворохобін І.І. і завідуючий кафедрою управління судном к.т.н., доц. Бурмака І.О. склали цей акт в тому, що результати кандидатської дисертації здобувача Мальцева Станіслава Едуардовича на тему «Розробка способу визначення параметрів маневрування судна при криволінійному русі» впроваджені в освітній процес, у вигляді розрахункових схем, алгоритмів, способів визначення параметрів маневрування судна і контрольних прикладів для перевірки роботи комп'ютерних програм у вигляді методичних вказівок до виконання лабораторних робіт по плануванню шляху і визначення маневрених характеристик судна.

Начальник навчального

відділу

Декан факультету морських перевезень

і технологій к.т.н., к.д.п., доц.

Завідуючий кафедрою управління судном

к.т.н., к.д.п., доц.

Пархоменко М.М.

Ворохобін І.І.

Бурмака І.О.

ДОДАТОК К
ПАТЕНТИ



УКРАЇНА

**ПАТЕНТ****НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ****№ 100293****СПОСІБ ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
МАНЕВРУВАННЯ МОРСЬКОГО СУДНА**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі **27.07.2015.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

А.Г. Жарінова



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 98720

**СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ
ІШВАРТУВАННЯ ТАНКЕРА VLCC ДО МОНОБУЯ**

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

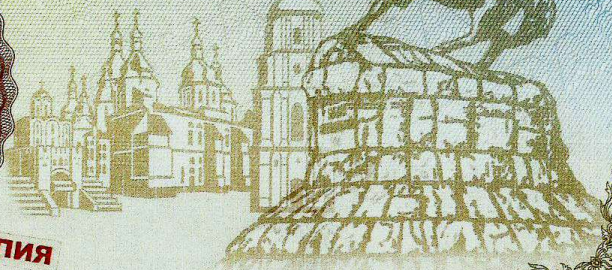
Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі **12.05.2015.**

Голова Державної служби
інтелектуальної власності України

А.Г. Жарінова



КОПИЯ



УКРАЇНА



ПАТЕНТ

НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ

№ 111646

НАВІГАЦІЙНИЙ ПРИСТРІЙ ДЛЯ ВИБОРУ ВИДУ ВЕКТОРА
УПРАВЛІННЯ РУХОМ

Видано відповідно до Закону України "Про охорону прав на винаходи
і корисні моделі".

Зареєстровано в Державному реєстрі патентів України на корисні
моделі 25.11.2016.

В.о. Голови Державної служби
інтелектуальної власності України

А.А.Малиш



