

УДК 656.61.052

DOI: 10.31653/2306-5761.29.219.134-141

INFORMATION SYSTEM FOR MOORING OF VLCC TANKER TO MONO BUOY

СИСТЕМА ІНФОРМАЦІЙНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ШВАРТУВАННЯ ТАНКЕРА VLCC ДО МОНО БУЯ

S. E. Maltsev, *PhD student*

С. Е. Мальцев, *аспірант*

National University "Odessa Maritime University", Ukraine

Національний університет «Одеська морська академія»

ABSTRACT

The paper deals with the synthesis of a VLCC high-performance tanker control system when mooring to a mono buoy based on the use of decision support navigation devices in planning the trajectory and control over it to ensure trouble-free operation of a maritime operation. Based on the use of new methods of high-precision scenario planning of predetermined coordinates of motion by trajectory points by way of waypoints and taking into account the characteristics of ship management, a system for managing the process of performing a maritime mooring operation has been synthesized.

The obtained results allow to improve the accuracy of planning and control of movement and to automate the process of preparation of a given algorithm for controlling the ship's maneuvering and to perform the redevelopment in order to correct movement at deviations from the given coordinates.

Developed methods and techniques for developing a predetermined algorithm for planning and operation of the ship's management system, including curved sections of the path, can significantly improve the safety of navigation.

The use of information about the pivot point and coordinate for planning coordinate of trajectory points which allows you to timely detect the onset of curvilinear motion and adjust the controls to move along the planned trajectory.

Improvement of information support allows increasing the level of safety during the period of approach to mono buoy and mooring operations.

The results can be used on ships to automatically schedule the mooring of a tanker to a mono buoy, as part of a pilot individual information device, and to develop a simulator to prepare navigators for mooring a tanker to a mono buoy.

Keywords: planning scenario; trajectory points; pivot point; curvilinear motion; maritime mooring operations; VLCC tanker.

Постановка проблеми в загальному вигляді та її зв'язок із важливими науковими чи практичними завданнями

Швартування до точкового причалу у відкритому морі великотоннажних танкерів VLCC є однією з найбільш складних морських операцій. Особливість

полягає в складних умовах непередбачуваних зовнішніх впливів вітру і течії відкритого моря, а також наявності великих інерційних сил.

Умови виконання швартування вимагають від судноводія виходу до бую провідника з повною зупинкою руху. Помилка капітана при маневруванні може викликати пошкодження вантажного терміналу точкового причалу або танкера. Це призводить в деяких випадках до екологічних катастроф і втрат людських життів.

Найчастіше успішність операції залежить від рівня кваліфікації та досвіду взаємодії команди управління процесом маневрування капітана танкера, швартовного капітана і лоцмана.

Дії капітана залежать від виду точкового причалу - моно - буй в плавучому стані і знаходиться на мертвому якорі та у вигляді жорстких конструкцій, що дозволяють підходити танкеру тільки через носову буксирну лінію.

Додаткову складність викликає той фактор, що буй з швартовною лінією і провідником витягується від точкового причалу в залежності від сумарного вітрового дрейфу і дрейфу від течії. Довжина цієї лінії невелика і іноді знаходиться в безпосередній близькості до точкового причалу. З цієї причини, великотоннажне судно повинно підійти на мінімальній швидкості до бую провідника, підняти його і швартовних лінію на борт і закріпити з таким розрахунком, щоб судно було зупинено на безпечній відстані від точкового причалу і не зашкодило термінал. При цьому буй з провідником і швартовною лінією здійснює нищпорення щодо рівнодіючої сили діючої на швартовну систему від вітру і течії.

Тому питання підвищення інформаційного забезпечення процесу швартування являється актуальним, що обумовило вибір теми дослідження.

Аналіз останніх досліджень і публікацій, в яких започатковано рішення даної проблеми і виділення невирішених раніше частин загальної проблеми

При переході звичайного судна між портами, згідно з вимогами міжнародної морської організації (ММО), план його руху повинен складатися від причалу порту відходу до причалу порту приходу [1]. Але на практиці зазвичай планування виконують від місця висадки лоцмана в порту відходу до місця прийому в порту приходу, рахуючи що для цих відрізків план руху складає лоцман, згідно вимог резолюції ММО А.960(23).

За змістом і інформацією, яка міститься в такому плані, він має організаційний розпорядчий характер, оскільки містить тільки схему руху і не може бути використана для навігаційних цілей. По цій причині капітан повинен ретельно підготуватися до плавання, детально вивчивши район плавання при заході в порт і склавши судовий план [2], який можна використовувати для навігаційних цілей.

Частково методика планування рейсу судном при швартовних операціях від місця прийому лоцмана до причалу і навпаки розглянута в роботі [3]. Однак система навігаційного пристрою по плануванню шляху, алгоритми і розрахункові схеми не приведені. Крім того, заключний етап швартування

судна типа VLCC до моно бую, принципово відрізняється від звичайного причалу двома обставинами: маневрові характеристики принципово відрізняються від звичайних суден в частині стійкості, гальмівного шляху, повороткості та отримання повороту; рухомість системи швартування і завантаження.

В роботі [4] зазначається, що відсутність рекомендацій по методиці обліку маневрених характеристик і розуміння як їх використовувати призвело до того, що ІМО ввело спеціальний термін «судна які мають незвичайні маневрені характеристики» і прийняло Резолюцію 17, про необхідність спеціальної підготовки. Це помилка. Кожне судно має примані тільки йому властивостями, з цієї причини судноводіїв необхідно готувати для роботи на конкретному судні. В останні роки розроблена концепція планування процесу маневрування та управління ним за рахунок синтезу системи використанням навігаційних приладів підтримки прийняття рішення (ППР) шляхом їх об'єднання прямими, зворотними та локальними лініями зв'язку [5]. Для того щоб визначити склад і кількість необхідних елементів розглянемо властивості причалу, до якого виконується швартування.

Умови виконання швартування вимагають від судноводія виходу до бую провідника з повною зупинкою руху. Успішність операції залежить від рівня кваліфікації та досвіду взаємодії команди управління процесом маневрування капітана танкера, швартовного капітана і лоцмана. Дії капітана залежать від виду точкового причалу - моно - буй в плавучому стані і знаходиться на мертвому якорі чи у вигляді жорстких конструкцій, що дозволяють швартувати танкер тільки через носову буксирну лінію [6-8].

У роботах [9-10] наведено систему інформаційного забезпечення швартування танкера VLCC до моно-бую, яку забезпечено даними про становище полюса повороту (ПП) для оперативного виявлення початку криволінійного руху і своєчасної його зупинки. Однак в наведених роботах не розглянуто методику планування траєкторії руху з урахуванням маневрених властивостей VLCC і нищпорення об'єкта швартування.

Формулювання цілей статті (постановка завдання)

Метою даного дослідження являється удосконалення сценарію планування руху при швартуванні танкеру VLCC до моно бую інверсним способом. При цьому планування координат руху виконується по таблиці шляхових точок з урахуванням характеристик повороткості для розрахунку матриці траєкторних точок, включаючи криволінійні відрізки шляху.

Розробка сценарію планування координат шляху руху і контролю виконання швартування VLCC до моно - бую виконується вибором курсу, швидкості і моменту початку гальмування з урахуванням нищпорення вантажної системи за рахунок вітрового хвильового впливу і течії, для оптимізації процесу і організації безпечного маневрування.

Виклад матеріалу дослідження з повним обґрунтуванням отриманих наукових результатів

Додаткову складність викликає той фактор, що буй з швартовою лінією і провідником витягується від точкового причалу в залежності від сумарного вітрового дрейфу і дії течії. Довжина цієї лінії невелика і іноді знаходиться в безпосередній близькості до точкового причалу, рис.1.

З цієї причини, великотоннажне судно повинно підійти на мінімальній швидкості до буя провідника, підняти його і швартовну лінію на борт і закріпити з таким розрахунком, щоб судно було зупинено на безпечній відстані від точкового причалу і не зашкодило термінал.



Рис. 1. Відносне розташування танкера

Додаткову складність викликає той фактор, що деякі термінали не мають власних буксирних суден, і великотоннажні танкери змушені підходити самостійно. При цьому провідник і швартовна лінія здійснює нищпорення щодо рівнодіючої сили, діючої на швартовну систему від вітру і течії.

Завдання попередньої підготовки до швартування полягає в тому, щоб виходячи з погодних умов і параметрів нищпорення швартовної системи причалу, що стоїть на якорі або жорсткій прив'язці до ґрунту, визначити курс і швидкість підходу, а також величину початкової відстані, необхідної для прицільного виходу до моно – буя, як показано на рис.2.

Завдання управління процесом маневрування при швартуванні полягає в тому, щоб своєчасно контролювати параметри руху згідно планових і коригувати його адекватно впливу зовнішніх умов.

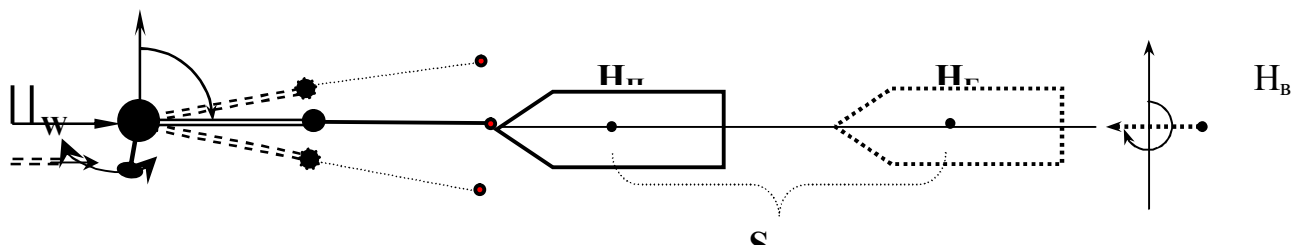


Рис. 2. Схема заключного етапу швартування до моно - буя

Досягнення поставленої мети планується за рахунок використання розроблених в останні часи систем підтримки прийняття рішення (ППР), включаючи змістовні моделі сценарного процесу планування шляху інверсним способом траєкторними точками (ТТ), як показано на рис.3.

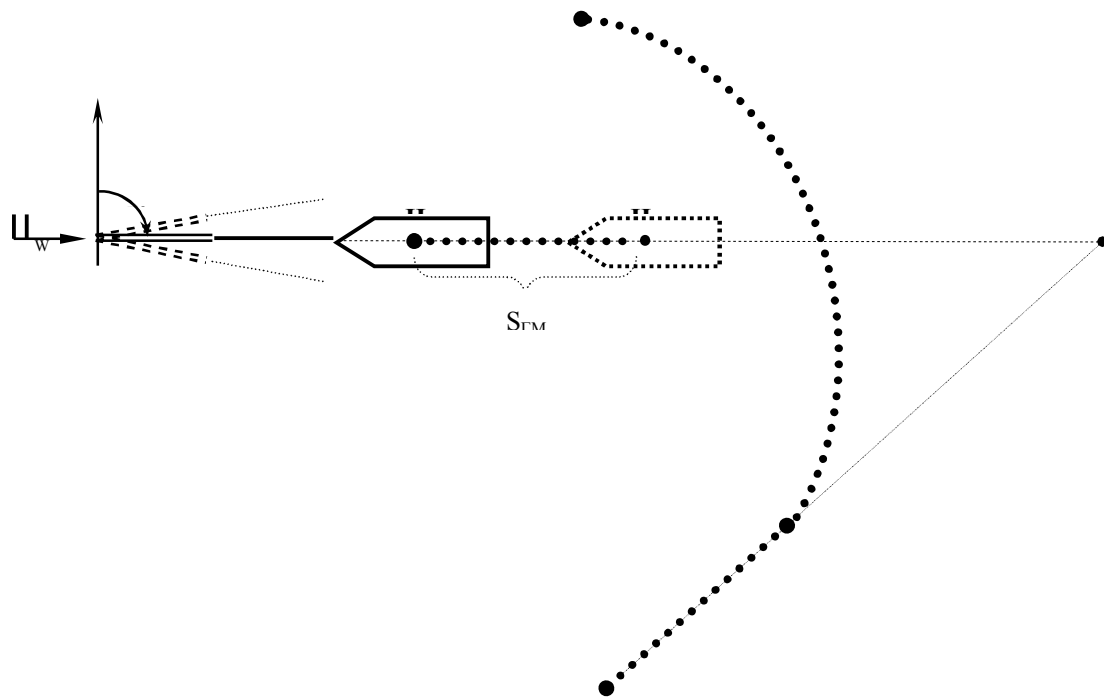


Рис. 3. Планування схеми швартовки до моно - бую

Основні характерні точки схеми: $H_{п}$ – початок маневрування для швартування; $H_{ц}$ – початок циркуляції; M – шляхова точка перетинання курсу до і після циркуляції; $H_{т}$ – траекторна точка закінчення циркуляції і початку гальмування; $H_{пп}$ – точка зупинки руху і прийому провідника.

Пересування системи, яка стоїть на якорі, характеризується трьома параметрами - середнім курсом (IK_{cp}), середнім періодом рискання (T_{cp}) і амплітудною рискання (ΔK_{cp}). Найкращим положенням системи являється її середнє положення, коли вона віддаляється від судна яке швартується, як приведено на рис.2. В цьому випадку судно, яке підходить, має більше простору для маневру і полегшується подача швартовних кінців.

Змістовна модель планування буде визначати вибір послідовності формування координат траекторних точок (ТТ) інверсним способом від координат шляхових точок (ШТ) причалу згідно з характеристиками гальмування і повороткості, та окремим розглядом різних етапів процесу маневрування, виділяючи їх послідовність згідно з конфігурацією акваторії для маневрування, як показано на рис.3.

Важним моментом при швартуванні являється приймання буя провідника, який закріплений до буя вантажної системи, яка стоїть на якорі. При формалізації схеми швартовки величину початкового шляху $D_{п}$ розділимо на три відрізка: гальмування, циркуляція та прицілювання. Курс швартування (рис.3) визначається по формулі:

$$KK_{шв} = IK_{cp} + 180^{\circ} \pm \Delta K, \quad (1)$$

де IK_{cp} - середній курс рискання системи, ΔK - поправка компасу.

Швидкість швартування ($V_{\text{шв}}$) для всіх випадків повинна бути більше швидкості втрати управляємості ($V_{\text{упр}}$). Величина гальмівного шляху вибирається для режиму ЗС таким чином, щоб мати запас на випадок, коли виникає необхідність екстренного гальмування на етапі наближення. В залежності від періоду ризику вибирається швидкість швартування і величина початкової відстані:

$$T_{\text{ср}} = \frac{S_{\text{прц}}}{V_{\text{шв}}} + t_{\text{ц}} + t_{\text{гм}}, \quad (2)$$

$$D_{\text{п}} = S_{\text{прц}} + S_{\text{ц}} + S_{\text{гм}}, \quad (3)$$

де - $t_{\text{гм}}$ час активного гальмування ЗС; $S_{\text{прц}}$ - відрізок прицілювання, від початкової точки до початку гальмування чи циркуляції, що наступить раніше; $S_{\text{гм}}$ - гальмівний шлях ЗС; $t_{\text{ц}}$ - час циркуляції; $S_{\text{ц}}$ - шлях на циркуляції.

Із наведених рівнянь отримаємо значення швидкості швартування:

$$V_{\text{шв}} = \frac{S_{\text{прц}}}{T_{\text{ср}} - t_{\text{гм}}} = \frac{D_{\text{п}} - S_{\text{гм}}}{T_{\text{ср}} - t_{\text{гм}}} \quad (4)$$

В залежності від завантаження, характеристик управляємості, гідрометеорологічних умов і курсу виходу в початкову точку виконують тоді, коли вантажна система, яка стоїть на якорі, знаходиться в середньому положенні і зміщається від курсу судна. Це полегшує маневрування на кінцевому етапі наближення і подачі швартовних кінців і зменшує вірогідність навалу судна. Швидкість втрати управляємості лежить в межах $2 \leq V_{\text{упр}} \leq 4,5$ вузла. Однак нема необхідності, щоб $V_{\text{шв}}$ була більше 5 вузлів. Параметри розраховуються виходячи із умови, що швартовка буде проведена за один період ризику.

Синтез системи для інформаційного забезпечення маневрування танкерного судна типу VLCC при швартуванні до моно бую будемо виконувати із наступних елементів: блок розрахунку маневрових характеристик; розрахунку та індикації на контурі судна інформації про положення ПП; блок перерахунку координат від антени на центр ваги; блок планування координат інверсним способом ТТ; система вимірювання відстані від носової частини до провідника моно бую; блок розрахунку координат ПП; блоку неперервної інформації про положення ПП та його візуальної індикації; блок неперервної інформації про відстань до бую провідника та його візуальної індикації.

В основу запропонованої системи покладене завдання побудови високоточної планової траєкторії руху з урахуванням напрямку вітру, течії і маневрових характеристик та контролю відстані до бую провідника навігаційним пристроєм та визначення параметрів вітру та течії, показання яких використовуються для розрахунку курсу підходу до моно - бую, рис.4.

Блок визначення місця судна забезпечує визначення координат приймальної антени високоточним способом, та перерахунок їх на центр ваги судна, який умовно приймають на мідель шпангоуті.

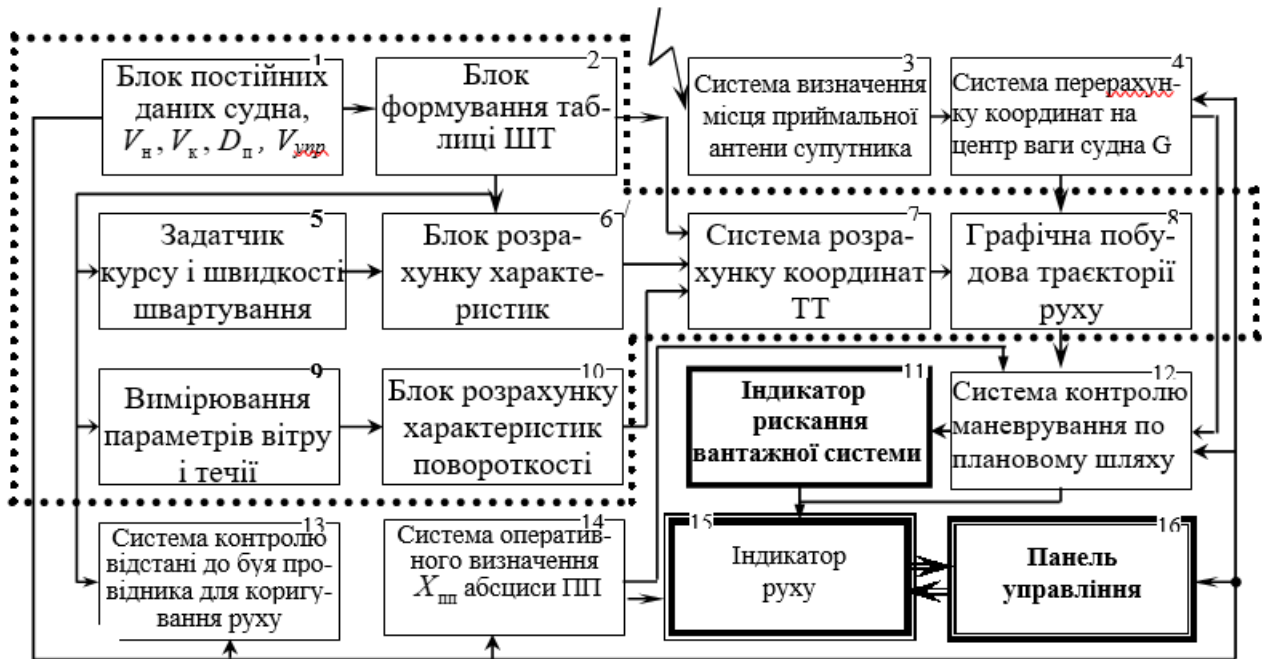


Рис. 4. Інформаційні зв'язки системи управління рухом при швартуванні

Блок визначення положення ПП виконує розрахунок положення ПП та індикацію на контурі судна.

Блок визначення відстані до буя провідника від носової частини виконується радіолокатором, шляхом вимірювання дистанції від антени до буя провідника, а потім розраховує дистанцію до буя провідника швартовного кінця від носової частини, яка відображається на індикаторі.

Інверсний спосіб планування базується (рис.3) на визначенні дистанції подачі команди $D_{\text{ком}}$ на гальмування, відстані від антени радіолокатора до буя провідника до носової частини S_L , відстані, яку пройде судно за час проходження команди на гальмування, та відстані гальмування $S_{\text{гм}}$.

Текуча відстань від носової частини танкера до буя провідника $D_{\text{тек}}$, розраховується (рис.2) по дистанції до буя провідника $D_{\text{РЛС}}$, по формулі:

$$D_{\text{тек}} = D_{\text{РЛС}} - S_L. \quad (5)$$

Застосування даного пристрою дозволить судноводію оперативно управляти рухом судна, шляхом неперервного контролю траєкторії центра ваги та відстані до буя провідника, що значно прискорює прийняття рішення по управлінню процесом маневрування і зменшує вірогідність виникнення непередбачених ситуацій.

Висновки і перспектива подальшої роботи по даному напрямку

Отримані результати дозволяють підвищити точність планування і управління рухом та автоматизувати процес підготовки заданого алгоритму управління маневруванням судна і оперативно виконувати перепланування для коригування руху при відхиленні від заданих координат.

Розроблені способи і методики синтезу заданого алгоритму планування і

функціонування системи управління судном, включаючи криволінійні відрізки шляху, дозволяють суттєво підвищити безпеку судноводіння.

Результати можуть бути використані на судах при автоматичному плануванні швартування танкера до моно буя, в складі лоцманського індивідуального інформаційного пристрою та при розробці тренажера для підготовки судноводіїв для виконання швартування танкера до моно буя.

ЛІТЕРАТУРА

1. Алексишин В. Г. Обеспечение навигационной безопасности плавания. / В. Г. Алексишин, Л. А. Козырь, С. В. Симоненко. - Одесса: Феникс; - М.:ТрансЛит, 2009.-518 с.
2. Соколенко В.И. Судовой план лоцманской проводки. / Соколенко В.И. // Суовождение: Сб. научн. Трудов ОНМА. Вып.20. –Одесса: «ИздатИнформ», 2011. – С. 209-220.
3. 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.
4. Деревянко А. А.Особенности обеспечения маневренными характеристиками судов VLCC//Суовождение: Сб. научн. трудов/ ОНМА, Вып.25. –Одесса: «ИздатИнформ»,2015. – С. 69-78.
5. Мальцев А. С. Системы поддержки принятия решений по управлению движением судна. /А.С. Мальцев, А. П. Бень. –Херсон: ХГМА, 2017.–178 с.
6. Recommendations for Equipment Employed in the Bow Mooring of Conventional Tankers at Single Point Moorings. / OCIMF / Fourth Edition May 2007 - С. 34.
7. Мальцев А. С. Аналитический метод построения траектории маневрирования инверсным способом / А. С. Мальцев, Н. В. Ивановский // ОНМА. Суовождение. – Одесса, 2009. – Вып. 16. – С. 77-82.
8. 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.
9. Мальцев С.Э. Полнос поворота и его учет при маневрировании морского судна: монография/ С. Э. Мальцев, О. Н. Товстокорый. //–Херсон: ХГМА, 2016. -124 с.
10. Патент 98720 UA. МПК (2015.01) В63В 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.