



УДК 681.518.22

АНАЛІЗ ТА ФОРМАЛІЗОВАНИЙ ОПИС ЗБУРЮЮЧИХ ВПЛИВІВ НА СУДНО ПРИ ЙОГО ДИНАМІЧНОМУ ПОЗИЦІОНУВАННІ

Соколова Н.А.,

Херсонський національний технічний університет

Смольянов А.П.

Херсонська державна морська академія

У статті представлено процес, що полягає у переведенні судна з початкового неорієнтованого положення у наперед задане кінцеве орієнтоване положення, шляхом виконання певної послідовності орієнтуючих рухів, при якому змінюються лінійні та кутові координати, що визначають положення судна відносно абсолютної системи координат. Проведено аналіз збурюючих впливів зовнішнього середовища на судно при його динамічному позиціонуванні та представлено їх формалізований опис для структурованого представлення складу лінійних та кутових координат. Визначена кількість етапів процесу автоматичного позиціонування судна для побудови математичної моделі динаміки судна.

Ключові слова: автоматизована система управління, динамічне позиціонування, математична модель, збурюючий вплив, хвилювання моря, вітрові хвилі.

Постановка проблеми. Геостратегічне розташування України стимулює розвиток промисловості та економіки, її інтеграції до світового та європейського економічного простору. Провідними засобами ефективного використання промислового та економічного потенціалу будь-якої країни, зокрема України, є сучасна транспортна інфраструктура. Одним із стратегічних напрямків розвитку сучасної транспортної інфраструктури України як Європейської морської держави є розвиток її річкового та морського транспорту. Тому морські порти, зокрема морський транспорт України, є найважливішою складовою частиною не тільки транспортної, але й виробничої інфраструктури країни в цілому. У зв'язку з цим рівень технологічного та технічного оснащення, організаційно-правової системи функціонування та управління суднами, повинен відповідати сучасним вимогам, що встановлені у міжнародній транспортній системі. Вказане передбачає автоматизацію управління судами, зокрема їх динамічним позиціонуванням, як складової сучасного водного транспорту для забезпечення безпеки мореплавства в територіальному морі та внутрішніх морських водах України, закріплених конвенціями та іншими міжнародними договорами, стороною яких є й Україна [6, 7].

Вказане може бути забезпечено за рахунок створення спеціальних систем управління спрямованих на автоматизоване управління позиціонуванням судів із застосуванням різних методів і спеціальних засобів (вентильних пристроїв, інтерактивних комп'ютерних систем, штучного інтелекту тощо), що відповідають передовим досягненням науки та техніки. Останнє передбачає дослідження та формалізований опис збурюючих впливів зовнішнього середовища на судна при їх динамічному позиціонуванні з перспективою розробки математичної моделі динаміки судна, яка безперечно є основою відповідної системи управління.

Аналіз останніх джерел і публікацій показав, що питання автоматизованого управління позиціонуванням судів на сьогодні виділилось в окремий та актуальний напрямок наукових і практичних досліджень [1, 3, 5].

Формування мети статті. Позиціонування судна можна представити як процес, що полягає у переведенні судна із початкового неорієнтованого положення у наперед задане кінцеве орієнтоване положення, шляхом виконання певної послідовності орієнтуючих рухів, при якому змінюються лінійні та кутові координати, що визначають положення судна відносно абсолютної системи координат. Для структурованого представлення складу (сукупності) лінійних та кутових координат, що визначають



положення судна відносно абсолютної системи координат, з перспективою визначення послідовність орієнтуючих рухів, а також кількості етапів процесу автоматичного позиціонування судна та побудови математичної моделі динаміки судна необхідно провести детальний аналіз збурюючих впливів зовнішнього середовища на судно при його динамічному позиціонуванні.

Основний матеріал. Автоматизоване управління позиціонуванням судна є однією із перспективних задач, яка має місце при вирішенні завдання управління водним транспортом України як морської Європейської держави, з огляду на перспективи розвитку її промислового та економічного потенціалу. Ефективне управління водним транспортом передбачає використання відповідних автоматизованих систем управління, інформаційною основою яких є математична модель динаміки судна, яка повинна враховувати всі особливості цього процесу.

Значна складність задачі автоматизованого управління позиціонуванням судна обумовлюється тим, що рух судна відбувається на границі двох середовищ – водного та повітряного [1, 3, 5, 8], що безперечно вказує на те, що на судно діють різні типи силових впливів (ТСВ), які утворюються комплексною взаємодією цих середовищ, а також різноманітні зовнішні фактори – хвилі, течії, вітер, мілини тощо.

Управління позиціонуванням судна можна подати як динамічний процес, що розвивається у часі та полягає у переведенні судна із початкового неорієнтованого положення (ПНП) у наперед задане кінцеве орієнтоване положення (КОП) шляхом виконання певної послідовності кутових та лінійних переміщень, при яких змінюється множина лінійних $h \in (x_j; y_j; z_j)$ та кутових $b \in (\varphi_j; \theta_j; \psi_j)$ координат положення судна відносно абсолютної системи координат X, Y, Z в просторі $C \rightarrow (b_j; h_j)$, де b та h – відповідно кутові та лінійні координати судна. Цей процес можна представити як переведення системи координат X^C, Y^C, Z^C , зв'язаної з судном, із ПНП у КОП відносно абсолютної системи координат X, Y, Z . Причому відповідні положення $P(b_j; h_j)$ системи координат судна відносно абсолютної системи координат X, Y, Z в j -ий момент часу t можуть формалізовано описуватись множинами кутових b_j та лінійних координат h_j , де $P \in (\text{ПНП}, \text{КОП})$:

$$P(b; h) \rightarrow (h_j \{x_i; y_i; z_i\}; b_j \{\varphi_i; \theta_i; \psi_i\}), \quad (1)$$

де P – ПНП, КОП системи координат судна відповідно; h_j – лінійні координати судна, що описують положення системи координат судна відносно осей X, Y, Z абсолютної системи координат $h \in (x_j; y_j; z_j)$; b_j – кутові координати судна, що описують положення системи координат судна відносно осей X, Y, Z абсолютної системи координат $b \in (\varphi_j; \theta_j; \psi_j)$ відповідно.

При цьому множини кутових та лінійних переміщень, що необхідно здійснити для переведення судна із ПНП у КОП при динамічному позиціонуванні утворюють так званий склад орієнтуючих рухів (СОР). Відповідно СОР при автоматичному позиціонуванні судна може містити два типи орієнтуючих рухів: лінійні орієнтуючі рухи (ЛОР) та кутові орієнтуючі рухи (КОР), що реалізуються різними керуючими механізмами та засобами судна, наприклад, гребним гвинтом, кермом тощо.

Крім того відомо [1, 8], що на судно діють різні сили – зовнішні, що утворюються зовнішнім середовищем; рушійні, що утворюються керуючими пристроями судна, зокрема засобами керування кермом, засобами керування рушієм, засобами активного керування; реактивні, що виникають при переміщенні судна під дією рушійних сил та зовнішніх факторів, і залежать від лінійних та кутових швидкостей, а також обумовлюються інертністю судна та приєднаних мас рідини або в'язкістю води за бортом.

Очевидно, що СОР який необхідно виконати при динамічному позиціонуванні судна обумовлюється природнім впливом зовнішніх та реактивних сил, що утворюють



перешкоди, або, так звані, збурюючі впливи $F(t)$ при управлінні судном, зокрема сукупним впливом повітряного та водного середовищ на границі яких функціонує судно. Взаємодія цих двох середовищ утворює різні за своєю фізичною природою типи силових впливів (ТСВ) на судно – гідравлічні та аеродинамічні, зокрема сила хвилювання водного середовища (океану, моря, річки тощо), сила течії, сила вітру. Збурюючі впливи $F(t)$ зовнішнього середовища обумовлюють відхилення системи координат X^C, Y^C, Z^C , зв'язаної з судном від абсолютної системи координат X, Y, Z відносно якої здійснюється позиціонування судна (рис. 1).

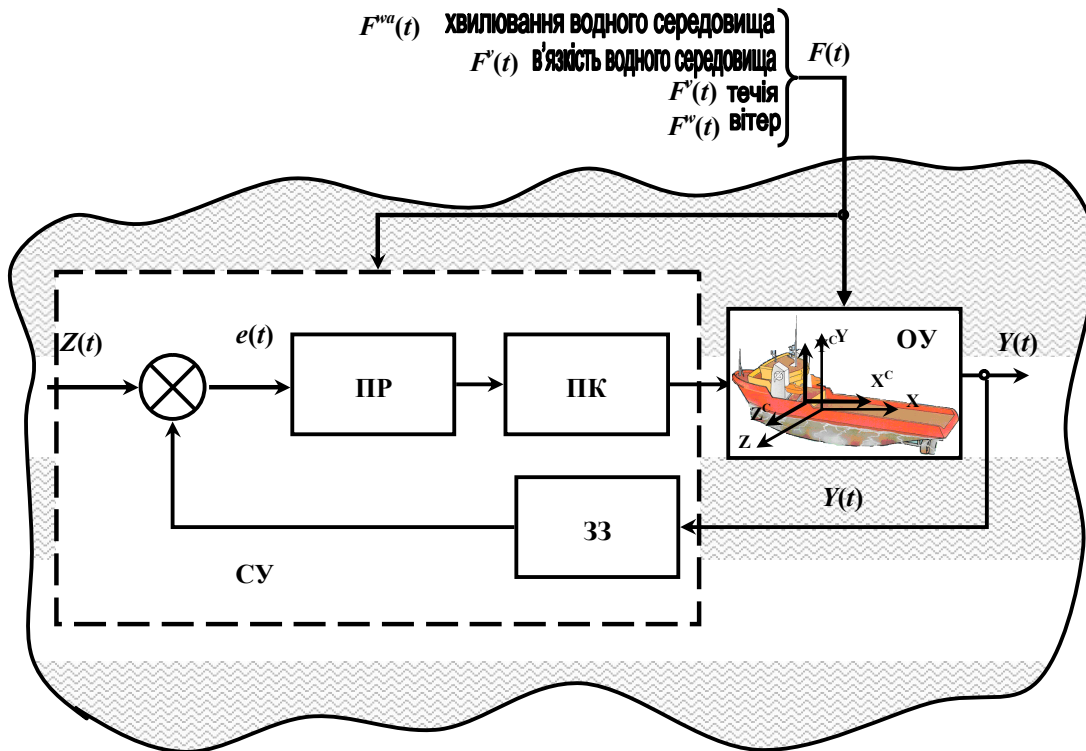


Рисунок 1 – Узагальнена схема управління динамічним позиціонуванням судна: $Z(t)$ – вхідний сигнал (інформаційний потік), $e(t)$ – сигнал похибки або неузгодженості, $Y(t)$ – вихідний сигнал (інформаційний потік), $F(t)$ – збурюючий вплив, СУ – система управління, ПР – підсистема регулювання, ПК – підсистема керування, ОУ – об'єкт управління, ЗЗ – зворотній зв'язок

Для структурованого представлення складу (сукупності) лінійних та кутових координат, що визначають положення судна відносно абсолютної системи координат, з перспективою визначення послідовності орієнтуючих рухів, а також кількості етапів процесу автоматичного позиціонування судна та побудови математичної моделі його динаміки необхідно провести детальний аналіз збурюючих впливів на судно при його динамічному позиціонуванні.

Збурюючий вплив зовнішнього середовища $F(t)$ на судно може бути представлений множиною підфункцій, що характеризують впливи відповідних елементів зовнішнього середовища в якому функціонує судно, наприклад підфункцією, що описує збурюючий вплив вітру $F^v(t)$, підфункцією, що описує збурюючий вплив хвилювання водного середовища $F^{wa}(t)$, підфункцією, що описує збурюючий вплив течії $F^t(t)$ тощо наступним чином:

$$F(t) \rightarrow \{F^v(t), F^{wa}(t), F^t(t), F^v(t)\}, \quad (2)$$

де $F(t)$ – збурюючий вплив зовнішнього середовища; $F^v(t)$ – збурюючий вплив, обумовлений вітром; $F^{wa}(t)$ – збурюючий вплив, обумовлений хвилюванням водного



середовища; $F^f(t)$ – збурюючий вплив, обумовлений течією; $F^v(t)$ – збурюючий вплив, обумовлений в'язкістю водного середовища.

Очевидним є взаємозв'язок між складовими елементами зовнішнього середовища, що утворюють відповідні збурюючі впливи зовнішнього середовища $F(t)$. Це вказує на необхідність детального аналізу та формалізованого опису цих складових. Особливо цікавим є аналіз збурюючих впливів $F(t)$, що діють на судна в акваторії Чорного моря, оскільки Чорне море є особливо важливим районом для транспортних перевезень, а також має важливе стратегічне та військове значення для України.

Аналіз збурюючого впливу, що обумовлений вітром $F^w(t)$. Кожне судно піддається впливу дії вітру. Вітром називається переміщення мас повітря з області високого атмосферного тиску в область з низьким тиском. Вітер характеризується силою або швидкістю і напрямком. Характеристика вітру в залежності від сили наведено в табл. 1 [2, 8, 9, 10].

Відповідно, що керування судном і його маневрені якості змінюються в залежності від напрямку і сили вітру. Протистояння вітру ускладнено не тільки для малих суден, але й для великих. При великій силі вітру судно часто не може протистояти його дії не тільки кермом і роботою гвинта, але воно також не може втриматися на якорі, підійти до причалу або відійти від нього. Зі зміною сили і напрямку вітру змінюється шлях і швидкість судна. Дія вітру на судно залежить від його сили та напрямку, від загальної площі підводної частини, від парусності судна, його осадки і тоннажності [2, 8, 9, 10].

Таблиця 1 – Види вітрів та їх характеристика за 12-бальною шкалою Бофорта

Назва вітру	Швидкість вітру		Ознаки вітру на морі
	м/с	бал	
Штиль	0-0,5	0	Море спокійне, поверхня «дзеркальна»
Тихий	0,6-1,7	1	На поверхні моря помітні невеликі лускоподібні хвилі без «баранчиків»
Легкий	1,8-3,3	2	Утворюються короткі, добре виражені хвилі, гребні яких перекидаються, утворюється склоподібна піна, поверхня води рябить
Слабкий	3,4-5,2	3	Утворюються короткі хвилі, на гребнях помітна склоподібна піна. Зрідка утворюються маленькі білі «баранчики»
Помірний	5,3-7,4	4	Утворюються довгі хвилі, місцями на гребнях хвиль помітні «барашки», що піняться
Свіжий	7,5-9,8	5	Поверхня моря покривається «барашками»
Сильний	9,9-12,4	6	Утворюються гребні великої висоти, на гребнях утворюються «барашки»
Кріпкий	12,5-15,2	7	Хвилі нагромаджуються та утворюють руйнацію, вітер зриває з гребенів білу піну
Дуже кріпкий	15,3-18,2	8	Висота та довжина хвиль помітно збільшується
Шторм	18,3-21,5	9	Хвилі високі, гороподібні з довгими гребнями, що перекидаються
Сильний шторм	21,6-25,1	10	Поверхня моря стає білою від піни, розкати хвиль посилюються та приймають характер поштовхів
Жорсткий шторм	25,2-29	11	Висота хвиль настільки велика, що кораблі, які знаходяться в полі зору час від часу ховаються за ними
Ураган	Більше 29	12	Водяний пил, що зривається з гребенів значно погіршує видимість.

Вітер за своєю структурою неоднорідний. Він може бути *струминним* (ламінарним), коли шари повітря рухаються не змішуючись. Такий рух зазвичай



спостерігається при слабких вітрах. Якщо швидкість вітру перевищує 4 м/с, то шари повітря перемішуються і його рух набуває турбулентного характеру. Чим вища швидкість вітру, тим більші перепади швидкості в окремих точках повітряного потоку і тим більше поривчастим стає вітер, виникають шквали. Вітер, який різко збільшує свою швидкість протягом дуже короткого проміжку часу на тлі слабого вітру чи штилю, називають шквалом.

Шквалистий вітер характерний не тільки частими і різкими коливаннями швидкості, але і сильними окремими поривами тривалістю до декількох хвилин. Найчастіше шквали налітають при проходженні могутніх купчасто-дощових хмар і нерідко супроводжуються грозою і зливами. Швидкість шквального вітру досягає 20 м/с і більше, а в окремих поривах 30-40 м/с. При цьому можуть спостерігатися несподівані повороти вітру до декількох градусів.

Так для південно-східного узбережжя моря і Південного берега Криму характерні слабкі вітри (середньорічна швидкість вітру менша 3 м/с), а в західній та північно-західній частині моря, а також поблизу Керченської протоки спостерігаються більш сильні вітри (середньорічна швидкість вітру більша 4 м/с, а в деяких випадках більша 5 м/с) [4]. Крім того, в грудні та березні спостерігаються північно-східні небезпечні вітри – шторми. Середня тривалість *шторму* сягає 10-30 годин, в деяких випадках – 100 годин і більше. Навесні спостерігаються північно-західні шторми, що супроводжуються похмурою нестійкою погодою. Південні шторми спостерігаються рідше інших. У спекотні дні іноді виникають смерчі. Восени і взимку на морі прориваються циклони, які породжують жорстокі і тривалі шторми із заходу, півдня, іноді з південного сходу. Шторми на Чорному морі спостерігаються 50-60 днів на рік. Для всього басейну добре виражена цілорічна мінливість вітру – його швидкість збільшується від весняно-літнього періоду до осінньо-зимового в 1,2 – 1,5 рази [4].

Різні оцінки просторового розподілу швидкості вітру над Чорним морем приведені в [4] мають спільні риси: найбільшими значеннями відрізняється західна частина моря, зона слабких вітрів характерна для південно-східної частини моря. Локальний максимум швидкості вітру розташований в північно-східній частині моря на південь від Керченської протоки. На заході і на півночі моря переважають вітри північних напрямів, східні і південно-східні вітри характерні для сходу і південного сходу моря. Навесні і влітку в західній частині моря збільшується повторюваність західних, південно-західних і південних вітрів.

Загалом дія вітру в межах курсових кутів 0-110° викликає втрату швидкості судна, а при великих курсових кутах і силі вітру не більше 3-4 балів деяке її збільшення [9, 10].

Аналіз збурюючого впливу обумовленого хвилюванням водного середовища $F^{wa}(t)$. Найбільш суттєвим фактором, що впливає на судно – хвилювання моря. Воно супроводжується дією на корпус значних динамічних навантажень і хитавицею судна. При плаванні на хвилях збільшується опір корпусу корабля і погіршуються умови узгодженої роботи гвинтів та головних двигунів. У результаті знижується швидкість, збільшується навантаження на машини головного руху, підвищується витрата палива і зменшується швидкість судна [9], що призводить до ускладнення процесу динамічного позиціонування судна.

В [9] за походженням хвилі поділяються на вітрові, приливо-відливні, анемобаричні, хвилі землетрусу (цунамі) і корабельні. Зокрема вказано, що найбільш поширеними є вітрові хвилі. Розрізняють три типи хвилювання: вітрове, зибь та змішане. *Вітрове хвилювання* – це хвилювання, що змінюється в часі та знаходиться під безпосереднім впливом вітру на відміну від зибів, що являють собою інерційне хвилювання, чи хвилювання, викликане штормовим вітром, який дме у віддаленому районі. Профіль вітрової хвилі не симетричний. Її підвітряний схил крутіше, ніж



навітряний. На вершинах вітрових хвиль утворюються гребені, верхівки яких під дією вітру «завалюються», утворюючи піну (баранчики), а при сильному вітрі зриваються. Напрямок вітру і напрямком вітрових хвиль у відкритому морі, як правило, збігаються чи різняться на 30-40 °. Розміри вітрових хвиль залежать від швидкості вітру і тривалості його впливу, довжини шляху вітрових потоків над водною поверхнею та глибини даного району (табл. 2).

Таблиця 2 – Залежність параметрів елементів морських хвиль від вітру

Характеристики вітру			Характеристики морських хвиль			
швидкість		довжина розгону, км	тривалість дії, год.	висота хвилі h , м	довжина хвилі λ , м	h/λ
бали	м/с					
4	6	57	4,6	1,1	13	1/12
5	9	134	7,2	2,2	30	1/14
6	11	204	8,9	3,0	45	1/15
7	14	333	11,7	4,6	72	1/15
8	17	509	14,5	6,4	108	1/17
9	20	715	17,3	8,4	149	1/18
10	23	969	20,2	10,7	197	1/19
11	27	1344	24,1	14,0	272	1/19
12	30	1676	27,0	16,8	336	1/20

Хвилювання на Чорному морі [4], як правило, спостерігаються взимку, коли повторюваність висот хвиль становить 2 м і більше та складає 30%. Влітку повторюваність висоти хвиль 2 м і більше та складає 5-13 %, восени та навесні – 15-17 %. В цілому на Чорному морі переважають хвилі висотою менше 2 м. Повторюваність висот хвиль менше 1 м літом становить 55-70 %, в інші періоди року – 27-45%. Повторюваність висот хвиль від 1 до 2 м складає відповідно 24-32 % та 40-43 %. При зимових штормах можуть утворюватися хвилі заввишки до 6-8 м. Напрямок хвиль восени та взимку від північного сходу на північ та схід, навесні та літом – від південного заходу на захід. Режим хвилювання в прибережній зоні дуже мінливий і в значній мірі залежить від місцевих особливостей тієї чи іншої ділянки.

Аналіз збурюючого впливу обумовленого в'язкістю водного середовища $F^v(t)$. В'язкість води обумовлює виникнення сили тертя при русі судна. В'язкість води безпосередньо залежить від температури води.

Температура води [4] на поверхні у відкритій частині Чорного моря взимку становить переважно 8-9 °С, лише на крайньому північному заході і північному сході вона в середньому змінюється від 4 до 0°С і нижче. Навесні температура води повсюди підвищується. У кінці весни середнє значення її зазвичай становить 13-16°С. Влітку температура води на поверхні Чорного моря в середньому становить 19-26°С і досягає свого максимального значення переважно в серпні. На початку осені температура води близька ще до літньої температури, наприкінці осені на більшій частині моря вона знижується до 10-13°С, а на північному заході до 8-4°С.

Аналіз збурюючого впливу, що обумовлений течією $F^t(t)$. Вплив постійної за величиною і напрямком течії на вільній акваторії проявляється в перенесенні судна по напрямку течії і появі кута зносу. Ефективність кермів та ж, що і на вільній воді [1].

Відомо[4], що для Чорного моря характерною є наявність постійної течії, яка являє собою замкнену циркуляцію вод проти годинникової стрілки паралельно узбережжю та охоплює все морське кільце шириною від 37 до 93 км. На відстані 3,5-18,5 км від берега течія більш стійка, середня швидкість складає до 1,7 км/год. Обширні постійні кругові



течії, спрямовані проти годинникової стрілки, спостерігаються також у центральних областях західної і східної частин моря. Середня швидкість цих течій зазвичай становить 0,2-0,9 км/год, лише в центрі менше 0,2 км/год. У північно-західного узбережжя моря (від острова Зміїний до мису Тарханкут) течія в цілому спрямована від мису Тарханкут на північний захід до Гендровської коси, а потім на південний захід до острова Зміїний. Середня швидкість течії становить до 0,9 км/год. Біля узбережжя Кримського півострова (від мису Меганом до мису Тарханкут) течія спочатку прямує від мису Меганом на південний захід і захід до мису Сарич, а потім на північний захід до мису Тарханкут. Середня швидкість цієї течії до 0,9-1,3 км/год, на окремих ділянках 1,7-1,85 км/год. У східного узбережжя моря (від порту Новоросійськ до порту Батумі) течія направлена на північний захід, середня швидкість його до 0,74-1,3 км/год, місцями до 1,7 км/год. У південного узбережжя моря течія направлена в основному на схід, середня швидкість найчастіше складає 0,6-1,3 км/год. У західного узбережжя моря (від мису Еміне до острова Зміїний) течія направлена в цілому на південь, середня швидкість його переважно 0,9-1,3 км/год. Вздовж всього узбережжя у більшості заливів та бухт мають місце кругові течії, спрямовані за годинниковою стрілкою, середня швидкість їх становить від 0,2 і менше км/год до 0,6 км/год. При стійких та сильних вітрах напрямок та швидкість постійних течій змінюються. У окремих місцях швидкість течій може сягати 1,8-5,5 км/год.

З урахуванням вищезазначеного, кожна з виділених підфункцій, що описує збурюючий вплив елементів зовнішнього середовища може бути формалізовано описана сукупністю певних параметрів. Так підфункція, що описує збурюючий вплив обумовлений вітром $F^w(t)$ може бути представлена сукупністю таких параметрів як напрямок L^w , швидкість V^w та тривалість t^w :

$$F^w(t) \rightarrow (L^w; V^w; t^w), \quad (3)$$

де L^w – напрямок дії вітру; V^w – швидкість дії вітру, м/с; t^w – тривалість дії вітру, тобто час протягом якого зберігається певне значення швидкості, год.

Підфункція, що описує збурюючий вплив обумовлений хвилюванням водного середовища $F^{wa}(t)$ може бути представлена сукупністю таких параметрів, як висота хвилі h^{wa} та довжина хвилі λ^{wa} (рис. 2):

$$F^{wa}(t) \rightarrow (h^{wa}; \lambda^{wa}), \quad (4)$$

де h^{wa} – висота хвилі, визначається як вертикальна відстань між вершиною хвилі та наступною за нею «підшовою» (рис. 2); λ^{wa} – довжина хвилі, визначається як горизонтальна відстань між двома однаковими частинами сусідніх хвиль, наприклад, між вершинами (рис. 2).

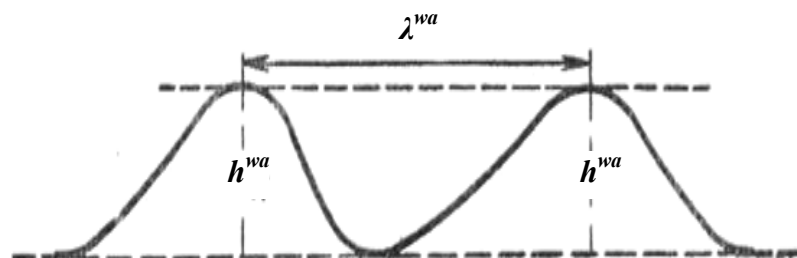


Рисунок 2 – Параметри хвиль

Підфункція, що описує збурюючий вплив обумовлений течією $F^t(t)$ може бути представлена сукупністю таких параметрів, як напрямок L^t та швидкість V^t :

$$F^t(t) \rightarrow (L^t; V^t). \quad (5)$$



Проте враховуючи незмінність течій в Чорному морі та їх відносно невелику швидкість можна вважати, що вони будуть викликати незначні збурення якими при управлінні динамічним позиціонуванням судна середнього розміру можна знехтувати.

Аналогічні висновки можна зробити щодо збурюючих впливів обумовлених в'язкістю водного середовища $F^v(t)$. Вище проведений аналіз змін в'язкості води в Чорному морі вказує на те, що цей показник є постійною величиною протягом тривалого часу, тому збурюючі впливи обумовлені в'язкістю води в Чорному морі при подальших розробках щодо автоматизованого управління позиціонуванням судна можна не враховувати.

Таким чином вираз (2) може бути записаний наступним чином:

$$F(t) \rightarrow \{F^w(L^w; V^w; t^w), F^{wa}(h^{wa}, \lambda^{wa})\}. \quad (6)$$

Як видно із виразу (6) збурюючий вплив на судно при його динамічному позиціонуванні є результатом комплексної взаємодії змінюваних в часі сил вітру та хвилювань моря. Це безперечно вказує на необхідність застосування відповідних засобів динамічного позиціонування спрямованих на подолання цих впливів, шляхом розробки та застосування спеціальних автоматизованих систем управління динамічним позиціонуванням судна.

Висновок. Проведений аналіз та формалізований опис збурюючих впливів навколишнього середовища при динамічному позиціонуванні судна. Цей аналіз може бути використаний як один із елементів математичної моделі динаміки судна із перспективою розробки відповідної автоматизованої системи управління динамічним позиціонуванням судна.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Антонов В. А. Теоретические вопросы управления судном : учебное пособие / В. А. Антонов, М. Н. Письменный. – М. : МГУ им. Адм. Г. И. Невельского, 2007. – 78 с.
2. Булатов М. Г. Исследование динамики морских волн в прибрежной зоне по данным радиолокационных наблюдений высокого разрешения / М. Г. Булатов, М. Д. Раев, Е. И. Скворцов. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.iki.rssi.ru/earth/articles/sec6_03.pdf
3. Вагущенко Л. Л. Системы автоматического управления движением судна / Л. Л. Вагущенко, Н. Н. Цымбал. – Одесса : Фенікс, 2007. – 328 с.
4. Добровольский А. Д. Моря СССР / А. Д. Добровольский, Б. С. Залогин – М. : И-во МГУ, 1982. – 192 с.
5. Єфремова Н. В. Визначення параметрів хитавиці малого судна при підході до судна-партнера на рейдовій стоянці : автореф. дис. на здобуття наук. ступеня канд. техн. наук : 05.08.01 / Ніна Володимирівна Єфремова. – Одеса, 2001. – 21 с.
6. Международная конвенция по охране человеческой жизни на море 1974 года – СПб. : ЗАО ЦНИИМФ, 2002. – 928 с.
7. Международная конвенция по предупреждению столкновения судов в море 1972 года (МППСС–72). – СПб. : ЗАО ЦНИИМФ, 2004. – 118 с.
8. Общие сведения об управляемости судов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://crew-help.com.ua/stati_out.php?id=95&tema=us
9. Проктор Я. Плавание под парусом. Ветер, волнения и течения / пер. с англ. – Л. : Гидрометеиздат, 1981. – 109 с.
10. Репетин Л. Н. Режим ветра над побережьем и шельфом северо-восточной части Черного моря / Л. Н. Репетин, В. Н. Белокопытов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://archive.nbu.gov.ua/portal/natural/ekbez/2009_17/08rlneki.pdf



Соколова Н.А., Смольянов А.П. АНАЛИЗ И ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ВОЗМУЩАЮЩИХ ВОЗДЕЙСТВИЙ НА СУДНО ПРИ ЕГО ДИНАМИЧЕСКОМ ПОЗИЦИОНИРОВАНИИ

В статье представлен процесс, который лежит в основе перевода судна из начального неориентированного положения в конечное ориентированное положение путем выполнения определенной последовательности движений, при которых изменяются линейные и угловые координаты, которые определяют положение судна относительно абсолютной системы координат. Проведен анализ возмущающих воздействий внешней среды на судно при его динамическом позиционировании и представлено их формализованное описание для структурного представления состава линейных и угловых координат. Определено количество этапов процесса автоматического позиционирования судна для построения математической модели динамики судна.

Ключевые слова: автоматизированная система управления, динамическое позиционирование, математическая модель, возмущающее воздействие, волнение моря, ветровые волны.

Sokolova N.A., Smoljanov A.P. ANALYSIS AND FORMALIZED DESCRIPTION OF DISSIPATIVE INFLUENCES UPON A SHIP WHILE ITS DYNAMIC POSITIONING

The process of a ship transition from an initial disoriented position in a given finally oriented position by means of keeping to a certain consequence of orientating motions, that change the linear and angle coordinates, which define the ship's position relatively to the absolute system of coordinates is introduced in the article. Analysis of dissipative influences of environment upon a ship while its dynamic positioning is carried out. The formal description for structured introduction of the linear and angle coordinates is considered. The quantity of stages of the automatic positioning of a ship process for a mathematical ship's model creation is defined.

Keywords: automated system of management, dynamic positioning, mathematical model, dissipative influence, sea agitation, windy waves.