

УДК 519.876.5

Л.В. КРАВЦОВА, Т.В. ЗАЙЦЕВА, Н.Г. КАМІНСЬКА
Херсонська державна морська академія

СПЕЦИФІКА ВИКОРИСТАННЯ МОЖЛИВОСТЕЙ ЦИФРОВИХ ТЕХНОЛОГІЙ У ПРОФЕСІЙНО СПРЯМОВАНИХ ЗАДАЧАХ МОРСЬКОГО ПРОФІЛЮ

Спеціалісти, які обслуговують морський транспорт, повинні мати відповідну високу кваліфікацію, щоб бути затребуваними на ринку праці. Особливі вимоги у цій частині пред'являються до офіцерського складу суден: судноводіїв, суднових механіків, електромеханіків, спеціалістів зв'язку. Усе це забезпечує вища морська освіта в профільних навчальних закладах, яка дає змогу пройти випробування кваліфікаційної комісії з присвоєння звання, установленого положенням про звання осіб командного складу морських суден. Усі освітні програми, що реалізуються у закладах вищої освіти з підготовки моряків, повинні являти собою систему узгоджених між собою документів з урахуванням вимог Конвенції MARPOL-73/78, Конвенції SOLAS-74, Конвенції STCW-1978, Конвенції MLC-2006 [1] та вимог роботодавців.

Метою дослідження є застосування інформаційних технологій для розв'язування професійно спрямованих навігаційних задач методами вищої математики. Об'єкт дослідження: технології вирішення професійно спрямованих навігаційних задач.

Предмет дослідження: комплексний підхід до підготовки фахівців морського профілю, який сприяє досягненню рівня відповідності вимогам Міжнародних морських організацій.

Одним із розділів, що вивчається в курсі вищої математики, є сферична тригонометрія. Розділ містить як теоретичну частину, тобто безпосередньо роз'яснення основних положень, та велику кількість математичних формул, які зв'язують параметри сферичних об'єктів, практичні завдання, виконання яких потребує багато часу, оскільки розрахункові формули доволі громіздкі. Тому використання електронних таблиць як інструмента для автоматизації розрахунків надає не тільки можливість оптимізувати навчальний процес, а й демонструє сучасний підхід до аналізу алгоритмів розв'язування задач методами математичного (комп'ютерного) моделювання. До переліку професійно спрямованих задач, які вирішує судноводій, відносяться навігаційна прокладка, розрахунок локсодромії, ортодромії з урахуванням зміни судном курсу та дрейфу, а також розрахунок запасів палива, води, провіанту, остійності судна порожнем та з вантажем та багато іншого. Уміння швидко та якісно проводити розрахунки – мета підготовки у цьому напрямі.

Ключові слова: інформаційні технології, електронні таблиці, ортодромія, локсодромія, сферична тригонометрія.

L.V. KRAVTSOVA, T.V. ZAITSEVA, N.H. KAMINSKA
Kherson State Maritime Academy

SPECIFICITY OF THE POTENTIALITY OF DIGITAL TECHNOLOGIES IN PROFESSIONALLY DIRECT TASKS OF THE MARINE PROFILE

Specialists who service maritime transport are required to have a high level of qualifications to be in demand on the market. Benefits in this part are presented to the ship's officers' warehouse – navigators, ship mechanics, electromechanics, and communication specialists. All this is ensured by the items of maritime knowledge in the profile initial deposits, which allows you to undergo testing by the qualification commission with the assigned rank established by the regulations on the rank of the command warehouse of naval vessels. All educational programs that are implemented in connection with the extensive training of seafarers must constitute a system of interconnected documents, regulated by the MARPOL-73/78 Convention, the SOLAS Convention-74, STCW-1978 Convention, MLC-2006 Convention [1] she benefited from robot sellers.

The method of the conducted research is the use of information technologies to solve professional navigation problems using the methods of high mathematics. Object of research: technologies for advanced professional navigation tasks.

Subject of investigation: a comprehensive approach to the training of maritime personnel, which corresponds to the highest level of diversity among international maritime organizations.

One of the branches that is taught during advanced mathematics is spherical trigonometry. The section covers both the theoretical part, so that the fundamental principles and the large number of mathematical formulas that relate the parameters of spherical objects, as well as practical matters, the understanding of which will require a lot of time, fragments of knowledge, are thoroughly explained. Hunk's formulas are quite cumbersome. Therefore, the use of electronic tables as part of a tool for automating tasks not only provides the ability to optimize the initial process, but

also demonstrates an immediate approach to analysing algorithms for solving problems using mathematical (computer) modelling. Prior to the transfer of professionally direct tasks that are faced by shipowners, such as navigational laying, the arrangement of loxodromic, orthodromic, with the regulation of changes in the ship's course and drift, as well as the arrangement of fuel reserves, water, provisions, the stability of the vessel, empty and with vantage, and much more. Carrying out the procedures quickly and accurately puts the preparation process in the right direction.

Key words: information technologies, electronic tables, orthodromic, loxodromic, spherical trigonometry.

Постановка проблеми

Система підготовки фахівців морського профілю за останні роки зазнала значних змін, усі зусилля були спрямовані на те, щоб за всіма напрямками реалізувати компетентнісний підхід до навчання.

Завдяки комплексному підходу до вирівнювання робочих програм дисциплін у напрямі професійної підготовки офіцерів-моряків урешті-решт був осучаснений увесь навчальний комплекс. Усі освітні програми, що реалізуються у ХДМА, являють собою систему узгоджених між собою документів, розроблених і затверджених закладом вищої освіти з урахуванням вимог Кодексу ПДНВ-78, із поправками, ступеневої підготовки фахівців палубної команди на рівні обслуговування та керування і вимог роботодавців.

Ці програми регламентують як цілі, зміст, умови реалізації освітнього процесу, так і програмні компоненти та результати навчання, перелік ОПП та їх логічну послідовність. Освітня програма охоплює усебічну підготовку курсантів академії, включає як спеціальні професійні дисципліни, такі як «Навігація та лоція», «Теорія будови судна», «Морехідна астрономія», так і дисципліни загального циклу, такі як «Вища математика», «Фізика», «Інформаційні технології». Завдяки сучасному підходу до підготовки спеціалістів морського профілю програми дисциплін загального циклу мають прикладний характер.

Одним з основних завдань судноводія є визначення місця знаходження судна. Будь-які природні чи екстремальні обставини можуть змінити курс судна, а кібератака на судову систему керування – позбавити можливості покладатися на показники приборів. Але судноводій повинен уміти прийняти правильне управлінське рішення та швидко визначитися за всіма необхідними параметрами.

Сьогодні оснащення будь-якого судна сучасним обладнанням, яке максимально автоматизує всі дії, дає змогу це робити швидко та якісно. Але в реальному житті може трапитися будь-яка подія, коли від швидкості прийняття рішення залежить існування як самого судна, так і його екіпажу. Так, досвідчений судноводій має уміти самостійно проводити обсервування місця судна, установити величину відхилення обчислюваного місця судна від істинного та, нарешті, з'ясувати причини цього відхилення й урахувати їх. Таким чином, підготовка офіцерського складу у морському вищому навчальному закладі – це навчання, спрямоване на максимальний розвиток самостійності фахівця, його вміння приймати правильні управлінські рішення та реалізовувати їх, діючи в інтересах компанії, судна та його екіпажу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій

Моніторинг останніх досліджень і публікацій, які стосуються зазначеної тематики, указує на те, що безпека судноплавства значною мірою залежить, по-перше, від оснащеності судна та, по-друге, від кваліфікації його офіцерського складу. Цим питанням приділяли увагу як іноземні дослідники, наприклад Tom Cunliffe [2], Sara Hopkinson [3], Paul Boissier [4], так і вітчизняні науковці. Так, у роботі «Система дипломування судноводіїв» О.С. Кочерев [5] відзначив необхідність удосконалення системи підготовки моряків, акцентувавши увагу саме на їх комплексній підготовці. Використання математичних моделей у задачах судноводіння та їх реалізації методами інформаційних технологій розглядав у дослідженні «Вдосконалення алгоритмів інформаційного забезпечення маневрування суден» Є.В. Калініченко [6] Необхідність володіння методами рішення задач навігації підкреслює у роботі «Розробка способу урахування

траєкторії похибки повороту судна» Ю.В. Казак [7]. Автори даної статті вже кілька років приділяють увагу питанням комплексного підходу до підготовки фахівців морського профілю, акцентуючи увагу на побудові інформаційних моделей технологічних процесів та автоматизації математичних розрахунків [8].

Мета дослідження

Метою дослідження є вивчення специфіки використання інформаційних технологій вирішення професійно спрямованих навігаційних задач методами вищої математики.

Спеціальні професійні дисципліни підготовки фахівців морського профілю, зокрема судноводіїв, містять велику кількість завдань, які потребують вирішення математичними методами, на основі деякої суперпозиції формул. Тому курсант зобов'язаний побудувати алгоритм проведення розрахунків, реалізувати розрахунки за складними формулами, ураховуючи специфіку завдання, та, головне, мати можливість швидко проводити перерахунки за зміни вхідних даних. Тому доцільним є використання інформаційних технологій, наприклад Google tables або електронних таблиць Excel, які дають змогу, змінюючи вхідні дані, миттєво отримувати результат. Показовим із цього погляду прикладом є алгоритм розрахунку всіх показників рейсу на основі відомих координат порту відправлення судна A (широта φ_1 та довгота λ_1) та порту прибуття B (широта φ_2 та довгота λ_2), розмірів судна та його навантаження. До того ж розрахункові формули повинні враховувати напрямки широти (N або S) та довготи (E або W), кліматичні умови регіону, тобто, окрім звичайних математичних формул, використовуються логічні функції та їхні суперпозиції. Заздалегідь підготовлена форма обчислення дає змогу лише змінити вхідні дані та отримати гарантовано правильні результати, причому випускник морського вишу має уміти самостійно будувати такі алгоритми.

Досвід роботи з діючими моряками показує, що використання електронних таблиць часто вирішує проблеми – від розрахункових задач, документування до роботи з базами даних. Тому саме застосування електронних таблиць розглядається у цьому дослідженні.

Завдання дослідження:

- актуалізувати питання створення спеціалізованих інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі проведення розрахунків;
- виконати дослідження стану сучасних наукових розробок, присвячених використанню інноваційних технологій у практиці судноводія;
- розкрити взаємозв'язок дисциплін підготовки судноводія, який забезпечує фундаментальне бачення задач та вміння вирішувати ці задачі, застосовуючи комплексні знання;
- на прикладі конкретної задачі дослідити математичні та спеціальні методи її рішення та надати обґрунтування відмінності результатів, отриманих різними методами;
- створити рекомендації щодо оптимізації процесу проведення розрахунків в електронних таблицях та на підставі отриманих результатів надати рекомендації щодо прийняття управлінських рішень судноводієм із питань вибору методики оцінки параметрів судна.

Виклад основного матеріалу дослідження

Отже, спочатку розглянемо найпростішу задачу: визначення невідомих параметрів сферичного трикутника за відомими вхідними даними.

Сферичний трикутник має шість основних елементів: три кути A , B , C та три сторони a , b , c . Кути позначаються тими ж великими літерами, що й вершини трикутника, а протилежні їм сторони – відповідними малими буквами (рис. 1).

Із рис. 1 видно, що кути сферичного трикутника рівні відповідним двогранним кутам тригранника. Сторони трикутника, визначені у кутовій чи радіанній мірі, дорівнюють відповідним плоским кутам тригранника. Тобто всі шість елементів сферичного трикутника дорівнюють відповідним елементам тригранника.

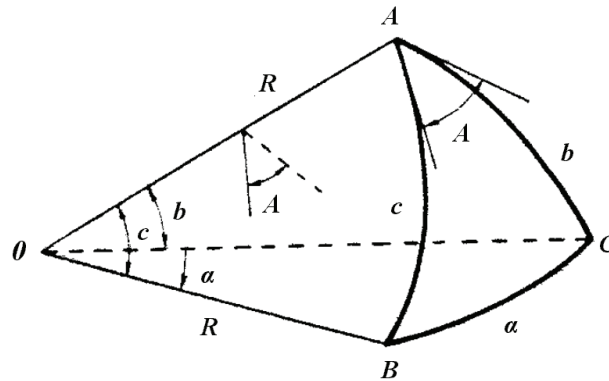


Рис. 1. Означення сферичного трикутника [9]

Розрахункові формули дають змогу за трьома будь-якими параметрами сферичного трикутника знайти останні три. Наприклад, якщо відомі дві сторони a , b та кут між ними C , знаходимо кути A , B та сторону c . Відповідно, формули мають вигляд:

$$\cos C = \cos a \cdot \cos b + \sin a \cdot \sin b \cdot \cos C \quad (1)$$

$$\operatorname{ctg} A = \frac{\operatorname{ctg} a \cdot \sin b - \cos b \cdot \cos C}{\sin C} \quad (2)$$

$$\operatorname{ctg} B = \frac{\operatorname{ctg} b \cdot \sin a - \cos a \cdot \cos C}{\sin C} \quad (3)$$

Але для остаточного знаходження кутів A , B та сторони c треба ще використовувати зворотні тригонометричні функції Arccos , Arctan та Arccot . Отримані результати треба перевести з радіанної міри у градусну та представити їх у звичайній формі. Тобто затрати часу навіть для розв'язання однієї задачі достатньо громіздкі, причому без упевненості в правильності отриманих результатів.

Паралельно цьому розділу курсу вищої математики в курсі інформаційних технологій розглядається тема автоматизації розрахунку завдань сферичної тригонометрії. Алгоритм розв'язання запропонованої найпростішої задачі: за трьома відомими параметрами сферичного трикутника знайти невідомі (рис. 2).

Як бачимо, алгоритм від вхідних даних (пункт 1 алгоритму розв'язування задачі) до остаточного результату (пункт 7) із погляду розуміння та реалізації не дуже складний, а головне – зміна вхідних даних миттєво призводить до отримання відповідного результату. Як видно з назви аркушів електронної книги, вона містить усі можливі комбінації параметрів сферичного трикутника.

Для майбутнього моряка-судноводія ці задачі мають навчальне значення, тобто розуміння постановки задачі, розрахункових формул, уміння ними користуватися, побудови алгоритму їх використання та оцінки і перевірки отриманого результату. Але це є першим кроком до розв'язання професійно спрямованих задач, таких як визначення місцеположення судна, розрахунків запасу палива з урахуванням погодних умов, дрейфу, обходу підводних рифів, здійснення навігаційної прокладки, визначення проміжних точок траєкторії руху. Наше дослідження стосується повної узгодженості формул сферичної тригонометрії та спеціальних методів проведеного навігаційних розрахунків, а головне – оптимізації цих розрахунків завдяки побудові оптимальних алгоритмів та їх реалізації в електронних таблицях MS Excel.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	
1	ВХІДНІ ДАНІ										
2	Дано		Знайти			4. Знаходження кута у радянній формі					
3	Три сторони		Кути			Arccos A = 1,1316					
4	a, b, c		A, B, C			Arccos B = 2,2418					
5	1. Вхідні дані (сторони сферичного трикутника)					Arccos C = 1,2863					
6	a=70°31' b=125°20' c=88°41'					5. Знаходження кута у градусній десятковій формі					
7	2. Переведення у десяткову форму					A = 64,834					
8		град	хв	град+хв	у радіанах	B = 128,444					
9	a =	70	31	70,52	1,2307	C = 73,699					
10	b =	125	20	125,33	2,1875	6. Перетворення у стандартну форму					
11	c =	88	41	88,68	1,5478	Кути A, B, C		град	хв	7. Остаточно: кути A, B, C сферичного трикутника	
12	3. Проведення розрахунків					A =		64	50	A = 64°50'	
13	cos A =	0,4252	$\cos A = \frac{\cos a - \cos b \cdot \cos c}{\sin b \cdot \sin c}$			B =		128	27	B = 128°27'	
14	cos B =	-0,6218	$\cos B = \frac{\cos b - \cos a \cdot \cos c}{\sin a \cdot \sin c}$			C =		73	42	C = 73°42'	
15	cos C =	0,2807	$\cos C = \frac{\cos c - \cos a \cdot \cos b}{\sin a \cdot \sin b}$								
	<	>	Дано a,b,c, знайти A,B,C		Дано a,b,c, знайти A,B,c		Дано A,B,C знайти a,b,c		найк		

Рис. 2. Розрахунок параметрів сферичного трикутника

Тепер розглянемо основну задачу, на прикладі якої відстежимо взаємозв'язок між різними підходами розв'язування задачі та проведемо аналіз отриманих результатів. Така методика дає змогу курсанту-судноводію осмислити сутність технічної постановки задачі та необхідність користування як математичним апаратом, так і можливостями сучасних засобів проведення розрахунків, які включають уміння структурувати дані та оптимізувати алгоритм реалізації.

Припустимо, що відомі координати порту відправлення судна: широта ϕ_1 та довгота λ_1 та порту прибуття: широта ϕ_2 та довгота λ_2 . Треба визначити відстань між цими портами. Для прикладу, це відстань між портами Маніла та Лісабон.

Нагадаємо, що широтою пункту M земної поверхні називається величина кута, що створюється радіусом OM , де O – центр Землі, з площиною екватору, причому до півночі від екватору широта вважається додатною, а до півдня – від'ємною. Довгота пункту M є величина двогранного кута між площинами SOM і SON , де S – Північний полюс Землі, а N – точка, яка відповідає Гринвічській обсерваторії: до сходу від гринвічського меридіану довгота вважається додатною, до заходу – від'ємною.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
1	ВХІДНІ ДАНІ ЗА УМОВАМИ ЗАДАЧІ										
2	Маніла	14° 35' N		120° 58' E							
3	Лісабон	38° 41' N		9° 09' W							
4	ПЕРЕВЕДЕННЯ У ДЕСЯТКОВУ ТА РАДІАННУ ФОРМУ										
5	ШИРОТА, ϕ					ДОВГОТА, λ					
6		град	хв	напряма	ДЕСЯТКОВА	РАДІАННА	град	хв	напряма	ДЕСЯТКОВА	РАДІАННА
7	Маніла	14	35	N	14,58	0,25	120	58	E	120,97	2,11
8	Лісабон	38	41	N	38,68	0,68	9	9	W	9,15	0,16
9	Дуга МЛ (Маніла-Лісабон): центральний кут										
10	$\cos a = \sin \phi_2 \cdot \sin \phi_1 + \cos \phi_2 \cdot \cos \phi_1 \cdot \cos(\lambda_1 + \lambda_2)$.										
11											
12	cos a =	-0,329408			a =	1,906					
13	Найкоротша відстань між Манілою та Лісабоном										
14	R Земної кулі, км		12144,2		6557,9						
15	6370										
16			км		мор. миль						
	<	>	найкоротша відстань		навігація		локсодромія		+		

Рис. 3. Розрахунок відстані між портами методами сферичної тригонометрії

Вхідні дані: Маніла (14°35' N, 120°58' E); Лісабон (38°41' N, 9°09' W). Спочатку вирішимо цю задачу методами сферичної тригонометрії (рис. 3). На рис. 3 добре видно, як можна структурувати розрахунки, щоб алгоритм був оптимальним та зрозумілим.

Як бачимо, найкоротша відстань між Манілою та Лісабоном становить 12144,2 км, або 6557,9 морської милі (1 морська миля = 1,852 км).

Тепер будемо користуватися формулами навігаційної прокладки:

$$\operatorname{tg} K_i = \frac{PD_i \cdot \cos(\varphi_{cp_i})}{PШ_i} \tag{4}$$

$$S = \sqrt{PШ_i^2 + PD_i^2 \cdot \cos(\varphi_{cp})^2} \tag{5}$$

де K_i – курс, яким прямує судно, $PШ$ та PD – відповідно різниця широт та довгот портів відходу та приходу, φ_{cp} – середня широта між портами (рис. 4).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	Перехід судна Маніла-Лісабон											
2	Координати											
3	Точки переходу	широта, φ			довгота, λ							
4		градуси	хв.	напря	градуси	хв.	напря	Широта	Довгота	РД	Середня широта	РШ
5	Маніла	14	35	N	120	8	E	14,58	120,13			
6	Лісабон	38	41	N	9	9	W	38,68	-9,15	-129,3	26,63	24,10
7												
8		Модуль курсу		78,22			$\operatorname{tg} K_i = \frac{PD_i \cdot \cos(\varphi_{cp_i})}{PШ_i}$					
9		Відстань		7083,1		МІЛЬ		$S_i = \sqrt{(\varphi_{i+1} - \varphi_i)^2 + ((\lambda_{i+1} - \lambda_i) \cdot \cos(\varphi_{cp}))^2}$				
10				13117,9		КМ						

Рис. 4. Розрахунок відстані між портами навігаційними методами

За розрахунками відстань між Манілою та Лісабоном становить 13 118 км, або 7 083 милі. Цей результат майже на тисячу кілометрів перевищує попередній, але він ураховує саме протяжність морського шляху з урахуванням особливостей рельєфу. До того ж розраховується так званий істинний курс судна, який у даному разі дорівнює 78,22°.

Але наступний підхід дає змогу виконати повну прокладку.

Постановка задачі. Відомі географічні координати портів A і B земної поверхні: широти φ_1, φ_2 та довготи λ_1, λ_2 . Треба знайти відстань між портами A і B , значення проміжних широт дуги великого кола для нанесення на меркаторську карту та виконати навігаційну прокладку.

Для отримання відповідей на поставлені питання потрібно визначити деякі важливі поняття.

Локсодромія – лінія постійного курсу. У морській навігаційній карті в проєкції Меркатора – пряма лінія, що перетинає меридіани під одним і тим же кутом.

Під час плавання судна на невеликі відстані (сотні миль) та ведення графічного числення шляху судна на карті в проєкції Меркатора зручно виконувати це плавання по локсодромії – лінії постійного курсу, незважаючи на те що це й не найкоротша відстань між двома заданими точками.

Ортодромія – дуга великого кола (ДВК) – найкоротша відстань між двома точками на земній сфері – крива, звернена (на МНК у проєкції Меркатора) опуклістю до найближчого полюсу. За курсу судна 0° (180°) локсодромія і ортодромія «зливаються» в одну лінію, збігаються з географічним меридіаном.

За курсу судна 90° (270°) при $\varphi = 0^\circ$ також «зливаються» в одну лінію, збігаються із земним екватором.

Під час плавання судна на великі відстані (тисячі миль) доцільно рухатися за ортодромією, бо це найкоротша відстань між заданими точками.

На наступному малюнку добре видно, як визначається відстань між портами за локсодромією та ортодромією.

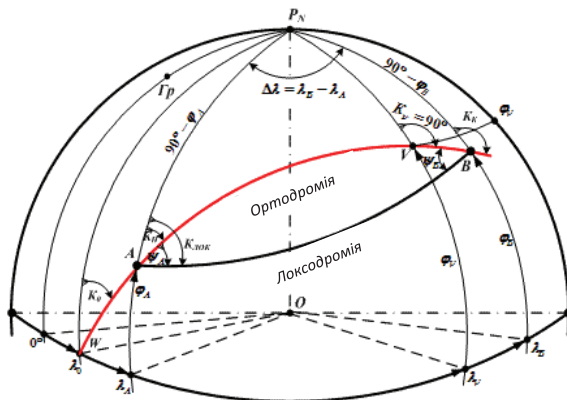


Рис. 5. Ортодромія та локсодромія як відстань між портами [http://www.ni.biz.ua]

Наведемо розрахункові формули завдання.

Плавання вздовж дуги великого кола (довжина ортодромії):

$$S_{орт} = \arccos(\sin \varphi_n \sin \varphi_k + \cos \varphi_n \cos \varphi_k \cos(\lambda_k - \lambda_n)) \tag{6}$$

де $\varphi_n, \varphi_k, \lambda_n, \lambda_k$ – координати початкової і кінцевої точок.

Довжина локсодромії:

$$S_{локс} = \frac{\varphi_k - \varphi_n}{\cos \left(\arctg \frac{(\lambda_n - \lambda_k) \cdot \cos \left(\frac{\varphi_n + \varphi_k}{2} \right)}{\varphi_k - \varphi_n} \right)} \tag{7}$$

Різниця плавачь:

$$\Delta S = S_{локс} - S_{орт} \tag{8}$$

Широти проміжних точок дуги великого кола для нанесення на меркаторську карту можна знайти за формулою:

$$\varphi_i = \arctg \frac{\sin(\lambda_i - \lambda_0)}{tgK_0} \tag{9}$$

де λ_i – довгота проміжної точки;

λ_0 – довгота точки перетину екватора ортодромії;

K_0 – кут між меридіаном та ортодромією у точці перетину екватора.

$$\lambda_0 = \frac{\lambda_n + \lambda_k}{2} - \arctg \left[\frac{\sin(\varphi_n + \varphi_k)}{\sin(\varphi_n - \varphi_k)} \cdot tg \frac{\lambda_k - \lambda_n}{2} \right] \tag{10}$$

$$K_0 = \operatorname{arctg} \frac{\sin(\lambda_n - \lambda_0)}{\operatorname{tg} \varphi_n} \quad (11)$$

Алгоритм розв’язування даної задачі пов’язаний із формалізацією умови, побудовою математичної моделі і використанням інформаційних технологій для подальшого дослідження. Такі завдання, як правило, вимагають значного часу для розв’язування, системного підходу під час розроблення, мають великий обсяг обчислень. У процесі роботи з інформаційними технологіями курсанти відпрацьовують навички побудови комп’ютерних моделей, розроблення алгоритмів розв’язування, оцінки отриманих результатів, відчують якісно новий соціально значимий рівень компетентності, розвивають професійні якості особистості. Застосування методів математичного (інформаційного) моделювання, прогнозування результатів прийняття рішень у різних сферах діяльності вимагають від фахівців володіння відповідним математичним апаратом (рис. 6).

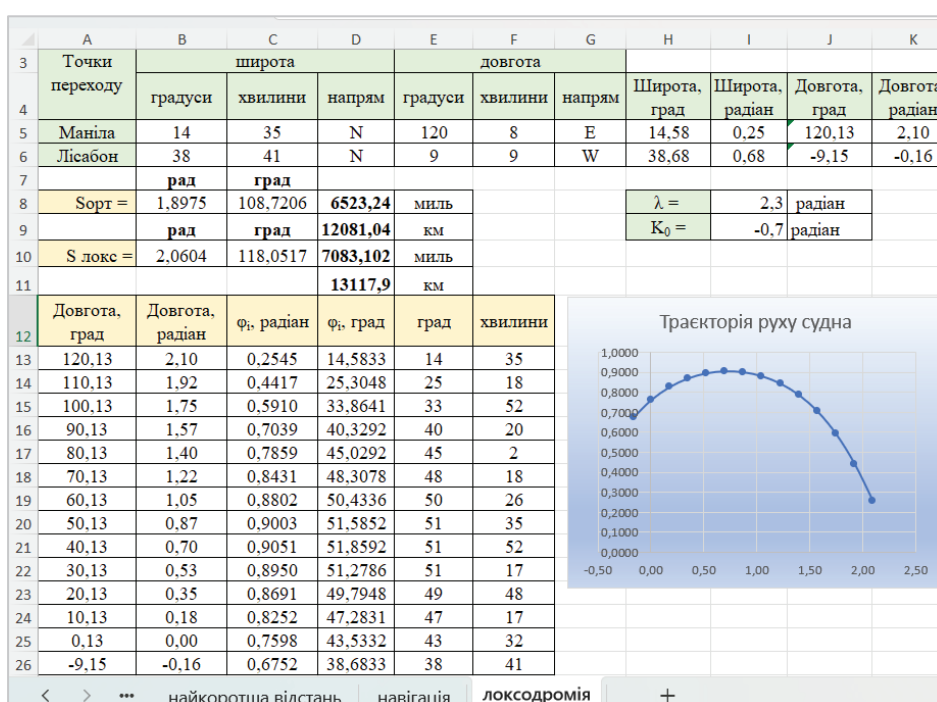


Рис. 6. Розрахунок траєкторії руху судна

Висновки

Ціна помилки в завданнях судноплавства може бути непомірно висока, оскільки тягне за собою не лише ризик величезних економічних утрат, нанесення шкоди навколишньому середовищу, а й загрозу життю членів екіпажу судна. Так, якщо допустити помилку у визначенні координат точки приходу судна лише на один градус, судно опиниться за 60 миль від запланованого пункту. Також якщо помилитися в розрахунках так званого штормового запасу палива, можна просто «не дотягнути» до порту. Похибки в оцінці остійності судна можуть призвести до неприпустимого крену судна та його затоплення. Недооцінка важливості розрахункових показників приборів, наприклад гірокомпасу, призведе до неможливості користування цим обладнанням і, як наслідок, до проблем управління судном. Тому під час підготовки фахівців морського профілю питанням проведення професійних розрахунків, у тому числі роботі з базами даних, приділяється максимальна увага.

Як приклад розглядався рух судна від порту Маніла до порту Лісабон. Розрахунки, виконані різними методами, підтвердили гіпотезу про те, що результат за навігаційними формулами

враховує саме протяжність морського шляху з урахуванням особливостей рельєфу, а за формулами сферичної тригонометрії – відстань «по прямій». Але він також важливий для майбутнього судноводія, тому що дає змогу отримати оцінку шляху та зробити висновки про взаємне розташування портів. До того ж розраховуються так звані істинний курс судна, а також проміжні точки дуги великого кола (за ортодромією).

Основною перевагою проведеного дослідження є активне використання сучасних інформаційних технологій, а саме оптимізація проведення навігаційних розрахунків. Такий підхід, окрім наявних результатів, дає змогу краще розуміти зміст складних математичних формул, набути навички їх застосування.

Відповідно до теми, об'єкта і предмета дослідження, у роботі отримано такі результати:

- актуалізовано питання створення спеціалізованих інтелектуальних систем підтримки прийняття рішень на основі проведених розрахунків;
- виконано дослідження стану наукових розробок, присвячених використанню інноваційних технологій у практиці судноводія;
- проведено формалізацію можливих ризиків під час рейсу;
- розкрито взаємозв'язок дисциплін підготовки судноводія, які забезпечують фундаментальне бачення задач та вміння вирішувати ці задачі, застосовуючи комплексні знання;
- на прикладі конкретної задачі досліджено математичні та спеціальні методи її рішення та надано обґрунтування відмінності результатів, отриманих різними методами;
- створено рекомендації щодо оптимізації процесу проведення розрахунків в електронних таблицях та на підставі отриманих результатів надано рекомендації щодо прийняття управлінських рішень судноводієм із питань вибору методики оцінки параметрів судна.

Сьогодні управління морськими суднами спирається на використання сучасного навігаційного обладнання, яке орієнтовано на цифрову обробку інформації. На ринку морських перевезень постійно відбувається введення нових морських суден, оснащених сучасним обладнанням усіх модулів, а також оновлення суден попереднього покоління. Підготовка фахівців відповідного напрямку повинна враховувати будь-які зміни, стежити за процесом упровадження найновітніших технологій, що відбуваються на борту сучасного морського судна, для досягнення основної мети – підготовки конкурентоспроможних на світовому ринку праці фахівців морської галузі.

У роботі розглянуто лише один із багатьох модулів підготовки, а саме рішення професійно спрямованих навігаційних задач на базі інформаційних технологій із використанням математичних методів.

Застосування пропонованих підходів, побудованих на теоретичних засадах, розглянутих у роботі, на судах, а також на практичних заняттях у процесі підготовки морських спеціалістів призведе до зменшення інформаційного навантаження на судноводія під час прийняття рішень, зниження впливу чинників суб'єктивності під час аналізу поточної ситуації, скорочення часу, необхідного для вибору керуючого впливу.

Список використаної літератури

1. Горбов В.М., Ратушняк І.О., Горбова Г.О. Стандарти компетентності персоналу морських суден та захисту його прав. Миколаїв : НУК, 2023. 180 с.
2. Cunliffe T. 200 Skipper's Tips. England: Fernhurst Books, 2010. 112 p.
3. Hopkinson S. Navigation: A Newcomer's Guide: Learn How to Navigate at Sea Paperback (4th ed.). England : Fernhurst Books Limited, 2023. 96 p.
4. Boissier P. Mastering Navigation At Sea. England : Fernhurst Books, 2020. 208 p.
5. Кочерев О.С. Система дипломування судноводіїв у галузі морського, зокрема річкового, судноплавства України. *Південноукраїнський правничий часопис*. 2021. № 3(1). С. 77–81.

6. Калініченко Є.В. Удосконалення алгоритмів інформаційного забезпечення маневрування суден : автореф. дис. ... канд. наук із навігації та управління рухом : 05.22.13. Одеса, 2017. 26 с.
7. Казак Ю.В. Розробка способу урахування траєкторної похибки повороту судна при оцінці безпеки судноводіння : автореф. дис. ... канд. наук із навігації та управління рухом : 05.22.13. Одеса, 2020. 23 с.
8. Зайцева Т., Кравцова Л., Терещенкова О. Використання імітаційного моделювання при підготовці судноводіїв: вплив зовнішніх факторів на характеристики руху судна. *Information Technologies in Education (ITE)*. 2021. № 47. С. 17–34.
9. Данилевський М.П., Колосов А.І., Якунін А.В. Основи сферичної геометрії та тригонометрії. Харків : ХНАМГ, 2011. 94 с.
10. Безлуцька О.П., Бенъ. А.П., Колегаєв М.О. Менеджмент морських ресурсів. Херсон : ХДМА, 2014. 100 с.

References

1. Horbov, V.M., Ratushniak, I.O., & Horbova, H.O. (2023). *Standarty kompetentnosti personalu morskikh suden ta zakhystu yoho prav [Standards of competence of personnel of sea vessels and protection of their rights]*. Mykolaiv: NUK [in Ukrainian].
2. Cunliffe, T. (2010). *200 Skippers Tips*. England: Fernhurst Books [in English].
3. Hopkinson, S. (2023). *Navigation: A Newcomers Guide: Learn How to Navigate at Sea Paperback* (4th ed.). England: Fernhurst Books Limited [in English].
4. Boissier, P. (2020). *Mastering Navigation At Sea*. England: Fernhurst Books [in English].
5. Kocheriev, O.S. (2021). Systema dyplomuvannia sudnovodiiv u haluzi morskoho, zokrema richkovoho, sudnoplavstva Ukrainy [The system of certification of shipmasters in the field of maritime, in particular river, shipping of Ukraine]. *Pivdennoukrainskyi pravnychyi chasopys*, 3(1), 77–81 [in Ukrainian].
6. Kalinichenko, Ye.V. (2017). Vdoskonalennia alhorytmiv informatsiinoho zabezpechennia manevruvannia suden [Improvement of algorithms for information provision of ship maneuvering]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Odesa Maritime Academy National University. Odesa [in Ukrainian].
7. Kazak, Yu.V. (2020). Rozrobka sposobu urakhuvannia traiektornoj pokhybky povorotu sudna pry otsyntsi bezpeky sudnovodinnia [Development of a method of taking into account the trajectory error of the ship's turn when assessing the safety of navigation]. *Extended abstract of Candidate's thesis*. Odesa Maritime Academy National University. Odesa [in Ukrainian].
8. Zaitseva, T., Kravtsova, L., & Tereshchenkova, O. (2021). Vykorystannia imitatsiinoho modeliuvannia pry pidhotovtsi sudnovodiiv: vplyv zovnishnikh faktoriv na kharakterystyky rukhu sudna [The use of simulation modeling in the training of ship drivers: the influence of external factors on the characteristics of the ship's movement]. *Information Technologies in Education (ITE)*, 47, 17–34. doi: 10.14308/ite000742 [in Ukrainian].
9. Danylevskiy, M.P., Kolosov, A.I., & Yakunin, A V. (2011). *Osnovy sferychnoi heometrii ta tryhonometrii [Basics of spherical geometry and trigonometry]*. Kharkiv. KhNAMH [in Ukrainian].
10. Bezlutska, O.P., Ben, A.P., Koliehaiev, M.O. (2014). *Menedzhment morskikh resursiv [Management of marine resources]*. Kherson, KSMA [in Ukrainian].

Кравцова Людмила Володимирівна – к.т.н., доцент, Херсонська державна морська академія. E-mail: limonova@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0152-635X.

Зайцева Тетяна Василівна – к.пед.н., доцент, доцент кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння Херсонської державної морської академії. E-mail: zaytseva1966sunny@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6780-719X.

Камінська Наталія Геннадіївна – викладач кафедри інноваційних технологій та технічних засобів судноводіння Херсонської державної морської академії. E-mail: kam_natali@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9975-7403.

Kravtsova Lyudmyla Volodymyrivna – PhD in Technical Sciences, Associate Professor, Kherson State Maritime Academy. E-mail: limonova@ukr.net, ORCID: 0000-0002-0152-635X.

Zaytseva Tatyana Vasylivna – PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor, Senior Lecturer of the Innovative Technologies and Technical Means of Navigation Department of the Kherson State Maritime Academy. E-mail: zaytseva1966sunny@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6780-719X.

Kaminskaya Natalia Hennadiivna – Teacher of Chair the Innovative Technologies and Technical Means of Navigation Department of the Kherson State Maritime Academy. E-mail: kam_natali@gmail.com, ORCID: 0000-0002-9975-7403.