

# ФІЗИКО-МАТЕМАТИЧНІ НАУКИ

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2019-5-69-57>

УДК 656.61.052

Токовило Т.С.

Херсонська державна морська академія

## ФОРМУВАННЯ МАТЕМАТИЧНИХ ЗНАТЬ У МАЙБУТНІХ СУДНОВОДІВ

**Анотація.** В роботі розглянуті головні аспекти формування математичних знань у майбутніх судноводів. Оскільки оточуючий світ є швидкоплинним та сучасним, тому математичні знання активно застосовують, не лише для дослідження природничо-математичних проблем, а й для проблем суспільно-політичного життя. Отже, одним з основних завдань реалізації змісту освітньої галузі «Вища математика» в морських вузах є формування мето-предметної компетентності у майбутніх фахівців річкового та морського транспорту, засобами імітаційного моделювання. Викладачі повинні сформувати у курсантів знання і вміння, достатніх для моделювання реальних ситуацій в мореплавстві і явищ в їх окремих проявах. Тож цей змістовий компонент виступає інтеграційним чинником, пов'язуючи відомості з різних галузей знань та сприяючи створенню природничо-наукової картини світу. В роботі проаналізовано сучасний обсяг наукової інформації. Показано основні методики й напрямки щодо викладання вищої математики в морських вузах. В роботі наведено приклади морських задач.

**Ключові слова:** вища математика, судноводії, сферична тригонометрія, геометрія земного сфероїда, математична картографія, похибка, кут, дуга, навігація, меридіан, сферичний трикутник, геодезична лінія, ймовірність, частота.

Tokovilo Tetyana

Kherson State Maritime Academy

## FORMATING MATHEMATICAL KNOWLEDGE IN FUTURE VESSELS

**Summary.** The paper considers the main aspects of mathematical knowledge formation in future navigators. Since the surrounding world is fast-moving and modern, mathematical knowledge is actively used, not only for the study of natural and mathematical problems, but also for problems of socio-political life. Thus, one of the main tasks of the implementation of the content of the educational field "Higher Mathematics" in marine higher educational institutions is the formation of methodological competence of future specialists in river and sea transport, means of simulation. Teachers must form students with knowledge and skills sufficient to simulate real situations in navigation and phenomena in their individual manifestations. Therefore, this content component acts as an integration factor, linking information from different fields of knowledge and contributing to the creation of a natural science picture of the world. This subject does not replace and does not exclude the main majors, but, on the contrary, presupposes the development and deepening of the issues set forth in it based on special disciplines, such as "Navigation", "Nautical astronomy", "Automation of navigation processes" and partially "Radio navigation systems", etc. The objectives of studying the discipline are to teach students to practice the use of probability theory, to take into account the manifestation of random events and quantities with which it has to deal in practice, and also. To teach a student to use computer technology for navigation purposes. A cadet should know the geometry of a spheroid and the features of solving navigation problems on its surface, be able to practice the theory of probability, take into account the occurrence of random events and quantities with which he has to deal in practice. To master the method of processing navigation observations, with an assessment of their accuracy. The paper analyzes the current amount of scientific information. The basic methods and directions concerning teaching of higher mathematics in marine higher educational institutions are shown. In this work examples of marine tasks are given.

**Keywords:** mathematical cartography, error, angle, arc, navigation, meridian, spherical triangle, geodetic line, probability, frequency.

**Постановка проблеми.** Необхідність формування мето-предметної компетентності у майбутніх фахівців річкового та морського транспорту, відсутність методичних досліджень по даній проблемі, необхідність здійснення сучасної підготовки майбутнього викладача вищої математики. Тому все це визначає актуальність існуючої проблеми формування математичних знань у майбутніх судноводів.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Питання даної статті розглядалися в працях А.М. Жухлина, А.Н. Лукина, В.П. Кожухова, В.Т. Кондрашихіна, В.А. Логіновського та інших.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Незважаючи на наявність істотних досліджень в сфері морського та річкового транспорту, на даний час залишаються деякі нерозглянуті аспекти формування основних методів та форм для формування мета-предметної компетентності у майбутніх фахівців річкового та морського транспорту, засобами імітаційного моделювання.

**Мета і завдання дослідження.** Метою дослідження є розробка науково обумовленого варіанта методики навчання фахівців річкового та морського транспорту в курсі вищої математики.

ки, орієнтованого на формування мето-предметної компетентності курсантів, засобами імітаційного моделювання.

Подальшими перспективними напрямками дослідження запропонованої проблеми є відбір змісту вищої математики та розбір методики її формування в курсантів у контексті змісту діючих підручників вищої математики для мореплавців, все це дозволить покращити якість математичних знань, умінь та навичок курсантів. Дана методика буде сприяти активному розвитку інтелектуальних здібностей курсантів, посиленню мотивації до навчання.

Для досягнення мети необхідно було розв'язати такі завдання:

- провести аналіз теорії та практики вивчення вищої математики в нашій країні та за її кордонами;
- дослідити доцільність, можливості вивчення вищої математики в морських ВНЗ;
- визначити зміст вищої математики, які включаються в навчальний курс в рамках діючих програм;
- розробити відповідні методичні рекомендації з формування мето-предметної компетентності у майбутніх фахівців річкового та морського транспорту засобами імітаційного моделювання та експериментально перевірити їх ефективність;
- розробити модель проходження судна від пункту А до пункту Б, та розглянути, які задачі судноводії вирішує, під час проходження шляху.

**Виклад основного матеріалу.** Вища математика, як і всі прикладні науки, розвивалася з потреб суспільного виробництва. Значення вищої математики росло в міру розвитку виробництва і океанських плавань, а вдосконалення її перебувало в тісному зв'язку з ростом науки і техніки [1, с. 117].

Для вирішення поставлених задач візьмемо, для прикладу, судно контейнеровоз, який буде слідувати з одного порту до іншого. Під час проходження цього шляху на судні буде вирішуватись судноводієм найрізноманітніші математичні задачі, які вивчаються курсантами в морських ВНЗ [2, с. 63]. Взагалі всі математичні знання який використовує штурман, для проходження судном із точки А в точку Б поділимо на розділи:

Розділ 1. Допоміжні відомості з математики.

Розділ 2. Сферична тригонометрія.

Розділ 3. Геометрія земного сфероїда.

Розділ 4. Основи математичної картографії.

Розділ 5. Похибки навігаційних вимірів.

Розглянемо більш детально застосування математичних знань, умінь та навичок на судні в вище зазначених розділах.

Розділ 1. Допоміжні відомості з математики:

- Похибки обчислювальних операцій

Судноводіям постійно доводиться виконувати різного роду обчислення. Числа, що лежать в основі цих обчислень, бувають отримані зі спостережень і вимірювань, обрані з різного роду таблиць або можуть бути результатом попередніх обчислень. Всі ці числа можуть вважатися наближеними, тобто мають деяку похибка [4, с. 16].

- Вимірювання кутів і дуг

Для вимірювання кутів і дуг застосовують дві системи одиниць. В одній з них одиниці виражають кут або дугу в частинах кола; в другій – в частинах радіуса кола.

- Основи матричного обчислення

Алгоритм методу кількісної оцінки впливу людського фактора навігаційну безпеку плавання судна, заснований на матриці екстремальності, дає можливість інтегрувати його у багато процесів, пов'язані з судноводіння і містять ризик надзвичайної ситуації. Крім прогнозування часу початку маневру останнього моменту, оцінка ймовірності виникнення промаху у визначенні пеленга, визначення межсигнального періоду, матриця екстремальності має потенціал і в багатьох інших секторах мореплавання.

- Лінійна інтерполяція і екстраполяція

При вирішенні штурманських завдань судноводії доводиться користуватися різного роду таблицями, в яких даються дискретні значення функції  $f(x)$ , відповідні аргументу  $x_i$ . Відшукування значень функції за значеннями аргументу заданим в таблиці, не складно. Однак, як правило, доводиться вирішувати задачу відшукування значення функції, яке безпосередньо не дається в таблиці, а знаходиться між двома заданими значеннями функції. Це і є інтерполяція. Екстраполяція може давати великі похибки. У судноводінні вона використовується, наприклад, для обчислення поправки хронометра на момент астрономічних спостережень.

Розділ 2. Сферична тригонометрія:

- Основні поняття сферичної тригонометрії

Судно ходить по водній поверхні, що представляє собою частину поверхні Землі, яка приблизно є сферою. У процесі плавання судноводії вирішують завдання визначення місця судна, розрахунків пройденої відстані, розмірів дуг великих кіл і ін. Всі завдання морехідної астрономії вирішуються для поверхні небесної сфери. Очевидно, що для вирішення всіх цих завдань недостатньо знання геометрії і тригонометрії для площини. Необхідно досконало володіти математичним апаратом сферичної тригонометрії, яка є розділом сферичної геометрії, що вивчає геометричні форми, що знаходяться на сфері. Сферична тригонометрія вивчає метричні властивості сферичних трикутників і методи їх вирішення [5, с. 89].

- Основні формули сферичної тригонометрії

Виникнення і розвиток сферичної тригонометрії нерозривно пов'язані з розвитком астрономії і сягають корінням у часи давнини і середньовіччя, коли сферична тригонометрія розглядалася як складова частина астрономії. У самостійну науку сферична тригонометрія виділяється в XVII ст., коли вона отримує подальший розвиток у зв'язку із запитом мореплавання, геодезії та картографії. У цьому розділі розглядаються елементи сферичної тригонометрії, знання яких необхідно сучасному судноводію.

- Додаткові формули для косокутних сферичних трикутників

Аналогії Непера. Для знаходження невідомих елементів сферичного трикутника в судноводінні в основному застосовуються детально розглянуті вище основні формули сферичної тригонометрії. Однак в деяких висновках формул, необхідних в навігації, а також для спрощення розрахунків застосовуються так звані додаткові формули. Розглянемо ті з них, які зустрічаються при вивченні курсу судноводіння і при користуванні деякими зарубіжними навігаційними посібниками.

- Правила Модюї-Непера для прямокутних сферичних трикутників

При вирішенні прикладних задач судноводіння, а також при виведенні багатьох формул навігації і морехідної астрономії часто доводиться мати справу з елементарними прямокутними сферичними трикутниками. Це такі трикутники, у яких один катет і протилежний йому кут – величини малі. Їх не можна вирішувати, як плоскі трикутники, але можна отримати ряд спрощених формул для вирішення [5, с. 109].

Прямокутні сферичні трикутники можна вирішувати за основними формулами сферичної тригонометрії. Однак більш раціонально користуватися особливими правилами, які значно спрощують і прискорюють рішення. Вони виводяться з чотирьох основних формул сферичної тригонометрії.

- Розв'язання косокутних, четвертих і елементарних сферичних трикутників

Рішення сферичного трикутника зводиться до відшукування невідомих його елементів за трьома заданими. По розташуванню цих заданих елементів все косокутні сферичні трикутники можна розділити на шість типів, так як кожен трикутник містить шість елементів.

Розділ 3. Геометрія земного сфероїда

- Геоїд, земний сфероїд, референц-еліпсоїд

Все, що вивчається в цьому розділі потрібно знати судноводю, котрий користується в своїй практиці морськими картами, які можуть бути видані в різних країнах і, отже, віднесені до різних референц-еліпсоїдам, не узгодженим між собою [3, с. 29].

Щоб уникнути можливих помилок через цю неузгодженість, існує гарне морське правило – переносити точку з карти на карту не за координатами точки, а по азимуту і відстані, знятому з карти між яку переносять точкою і будь-яким найближчим до неї орієнтиром, зображеним на обох картах.

- Прямокутні координати точок на сфероїді, головні радіуси кривизни, довжини дуг меридіанів і паралелей

Якщо задано перетин сфероїда по меридіану, то становище точок на цьому перетині можна визначити плоскими прямокутними координатами  $x$  або  $y$ , початок яких віднесено до центру сфероїда.

- Геодезична лінія, пряма і зворотні геодезичні задачі

Взаємні нормальні перетину в двох точках на поверхні сфероїда в загальному випадку не зливаються в одну лінію, а утворюють дві криві. Розбіжності між кривими тим помітніше, чим більше відстань між крайніми точками кривих. Така подвійність створює великі труднощі в рішенні задач на сфероїді. Щоб уникнути цієї подвійності, потрібно перейти від нормальних перетинів до інших ліній, які б цілком однозначно визначалися двома точками на поверхні сфероїда незалежно від того, з якої точки робиться побудова лінії. Крім того, кути, утворені цими лініями з нормальними перетинами, повинні бути по можливості малі, щоб були малі поправки для переходу від виміряних на місцевості кутів до кутів сферичного трикутника.

- Сферичне сходження меридіанів

Кутом сходження меридіанів в двох точках на земній поверхні називається різниця колійних кутів ортодромії, що проходить через ці точки.

У навігаційних розрахунках цей кут часто називають азимутальною поправкою. При вирішенні багатьох завдань часто самі путні кути не потрібні, а потрібна тільки їх різниця.

Розділ 4. Основи математичної картографії

- Основні поняття і визначення математичної картографії

У своїй практичній діяльності судноводій постійно має справу з морськими навігаційними картами, тому йому необхідно знати основні відомості по картографії, що вивчає складання, виготовлення і використання карт і планів. Картографія підрозділяється на математичну картографію, картометрію, картознавство і інші розділи [3, с. 58].

- Масштаби планів і карт

Розгляд картографічних проєкцій почнемо з тісно пов'язаних з ними питань про масштаби. При складанні планів невеликих ділянок місцевості зображення об'єктів, що знімаються робиться з повним збереженням подібності, але зі зменшенням розмірів.

В силу неминучих спотворень на карті приватний масштаб змінюється при переході від однієї точки до іншої і в загальному випадку в одній і тій же точці при переході від одного напрямку до іншого. Тим часом на картах завжди є підписаний масштаб, який носить назву головного масштабу карти. Він являє собою деякий середній масштаб в межах карти, дотримуваний тільки в деяких точках або по деяких лініях. На морських навігаційних картах нашої країни він зазвичай дається за певною паралеллю, значення якої вказано в заголовку. При цьому сама паралель може перебувати за межами даної карти і бути загальною для декількох карт певного географічного району. Це значно полегшує роботу судноводія при переході з карти на карту в певному районі зі збереженням подібності, але зі зменшенням розмірів.

- Елементи теорії зображення

Встановимо деякі загальні властивості, притаманні всім способам зображення земної поверхні на площині. Будь-яке зображення прагнуть отримати так, щоб воно якомога точніше виражало характерні риси оригіналу. Якщо говорити про зображення земної поверхні на площині, яке неможливо отримати зі збереженням подібності оригіналу, слід виставити таку вимогу, яке було б досяжним і разом з тим досить загальним і об'єднуючим різні способи зображення. В якості такого вимоги виставляється вимога безперервності зображення, з якого слід афінність зображень нескінченно малих фігур.

Розділ 5. Похибки навігаційних вимірів

- Ймовірність і частота

Ніякі вимірювання, в тому числі і навігаційні, не можуть бути абсолютно точними. Будь-які вимірювання неминуче супроводжуються похибкою похибок.

Похибки навігаційних вимірювань, а отже, визначень місця судна і поправок приладів, проявляються як випадкові величини, вивчення та врахування яких вимагають застосування методів теорії ймовірностей і математичної статистики. Ці дві дисципліни тісно взаємопов'язані: теорія ймовірностей, як і взагалі математика, оперує з абстрактними поняттями і залежностями, а математична статистика – з їх емпіричними

ми аналогами, які отримуються за результатами спостережень. Тому методи оцінювання та обліку похибок відносять до ймовірно-статистичними, що описує випадкові події [4, с. 73].

- Випадкові похибки
- Основи розподілу
- Системи випадкових величин і функцій
- Класифікація вимірів і похибок

Вимірювання полягає в отриманні значення фізичної величини дослідним шляхом за допомогою технічних засобів. Якщо при цьому значення вимірюваної величини знаходять безпосередньо, то такі вимірювання називають прямими, наприклад вимір глибини ручним лотом. У судноводінні частіше застосовуються непрямі вимірювання, коли шукану величину визначають, використовуючи залежність її від прямо вимірюваних величин. Наприклад, визначення широти по вимірюваній висоті Полярної зірки можна вважати непрямым виміром широти. Формально так можна називати будь-які визначення місця судна, але це не прийнято в судноводінні. Більш того, багато непрямих по суті вимірювання сприймаються як прямі, якщо градування приладів (ехолога, лага, радіолокатора), і використання обчислювальної техніки дозволяють отримувати відразу шукану величину [4, с. 61].

- Випадкові похибки

Аналіз процедури будь-яких вимірювань виявляє безліч причин виникнення похибок. Розглянемо, наприклад, такі причини при пеленгацією орієнтира пеленгатором гірокомпасу: зіницю ока спостерігача дещо зміщений від центру окуляра, нитка пеленгатора наведена на орієнтир неточно, люфт пеленгатора допускає зміщення його оптичної осі від центру картушки, неминучі нахили казанка репитера з пеленгатором, відлік пеленга знімають з округленням, зміна щільності повітря уздовж лінії візування викликає бічну рефракцію, що стежить система і дистанційна передача гірокомпас мають обмежену точність, зубчаста передача всередині репитера вносить похибки, головна вісь гідросфери робить випадкові коливання близько меридіана.

- Оцінка точності вимірів

- Систематичні та взаємозалежні похибки
- Похибки неперервних вимірів
- Апріорні оцінки точності вимірювань

Основними в практиці судноводіння є апріорні оцінки точності вимірювань, отримані узагальненням виконувалися досліджень і накопиченого досвіду таких же вимірювань в подібних умовах. Апріорні оцінки не потребують будь-яких обчислень і застосовні до одиночних вимірювань. Не менш важливо, що вони можуть бути застосовані до вимірювань, які тільки намічаються при плануванні основних і резервних визначень місця судна при навігаційної підготовці до переходу.

- Похибки функцій вимірів величин

**Висновки.** Для експлуатації морських суден потрібні високо кваліфікаційні фахівці-професіонали, здатні керувати судном в різноманітних ситуаціях. Частина ситуацій стандартна, їх штурман повинен аналізувати досить швидко і також швидко приймати рішення. Значне ж число ситуацій носить нестандартний характер, і саме в них першорядне значення набувають теоретична і практична підготовка судноводія, його загальний рівень розвитку і професійна культура. Така підготовка незначуща без знань теорії судноводіння, традиційно спирається на велику математичну базу.

Майбутньому судноводію необхідні перш за все знання тих розділів математики, які мають безпосереднє ставлення до навігації, дозволяють розглядати прикладні теоретичні завдання. Наприклад, такі розділи математики, як сферична тригонометрія, математична статистика і елементи теорії наближення функцій, утворюють єдиний теоретичний базис визначення координат місця судна з оцінкою його точності. Різноманітність математичних прийомів при обґрунтуванні навігаційних завдань і методів їх вирішення вимагає наповнення загальної інженерної математичної підготовки прикладним змістом. Саме ця мета переслідується в курсі «Вища математика». Для поглибленого опрацювання матеріалу курсантам корисно звертатися до робіт основоположників теорії морської навігації.

## Список літератури:

1. Алексішин В.Г., Долголюб В.Т., Белов А.В. Практическое судовождение : учебное пособие. Одесса, 2005. 376 с.
2. Борисенко А.К., Ефимов С.Л. Навигация : учебное пособие. Москва, 2004. 176 с.
3. Алексішин В.Г., Козырь Л.А. Навигационное планирование перехода : методика выполнения курсовой работы по навигации. Одесса, 2001. 72 с.
4. Волошенко А.Б., Джалладова І.А. Теорія ймовірностей та математична статистика : навч. метод. посібник для самостійного вивчення дисципліни. Київ, 2003. 256 с.
5. Тарасенкова Н.А., Петрова Є.В. Вступ до сферичної геометрії. Черкаси, 2008. 80 с.

## References:

1. Aleksishin V.G., Dolgouchub V.T., Belov A.V. (2005). Prakticheskoe sudovozhdenie : uchebnoe posobie [Practical navigation : Tutorial]. Odessa : Phoenix. (in Ukrainian)
2. Borisenko A.K., Efimov S.L. (2004). Navigacziya : uchebnoe posobie [Navigation: text book]. Moscow : Vneshtorg. (in Russian)
3. Aleksishin V.G., Kozyr L.A. (2001). Navigaczionnoe planirovanie perekhoda : metodika vypolneniya kursovoj raboty po navigaczi. [Navigational planning of the transition: method of course work on navigation]. Odessa : Lattan. (in Ukrainian)
4. Voloshenko A.B., Dzhalladova I.A. (2003). Teoriya jmovirnostej ta matematichna statistika : navch. metod. posibnik dlya samostijnogo vivchennya disciplini [Probability theory and mathematical statistics : teaching. method. a manual for independent study of discipline]. Kiev : KNEU. (in Ukrainian)
5. Tarasenkova N.A., Petrova Ye.V. (2008). Vstup do sferichnoyi geometriyi [Introduction to spherical geometry]. Cherkasy : ChNU. (in Ukrainian)