

Kalinichenko Ye.V., Tomchakovsky G.G., Oberto Santana L.E., Kalinichenko G.Y.
THE IMPACT OF VIRTUAL REALITY TECHNOLOGIES ON THE QUALITY AND EFFECTIVENESS OF NAVIGATORS' TRAINING

This article addresses the topical issue of using virtual reality (VR) technologies in the system of professional training of seafarers. The purpose of the study is to comprehensively analyse the potential and prospects of VR in maritime education to improve the quality and efficiency of the learning process. The relevance of the topic is driven by the rapid technological development of the maritime industry and the need to modernise the training system in line with modern requirements. The paper analyses the current state of the seafarers' education system and identifies the deficit of the practice-oriented component of training, which leads to a lack of applied competencies among graduates. The specifics and key capabilities of VR educational technologies and their potential for solving existing problems of the quality of seafarers' training are revealed. In particular, the author emphasises the ability of VR to significantly expand the possibilities for modelling various professional situations and practicing practical skills. The specific experience of implementing VR in the system of education of seafarers is analysed. The research results demonstrate an increase in motivation, student engagement, quality and speed of professional competence development by 15-25% compared to traditional methods. The positive impact of VR on the development of cognitive abilities is noted. At the same time, a number of barriers to the large-scale integration of VR into maritime education have been identified: significant initial investments, difficulty in integrating into the established educational infrastructure, and potential risks to the health of users. The author emphasises the need for further scientific and practical work to overcome them. The article outlines promising areas for the development of VR technologies in the context of optimising the system of professional education of seafarers. The importance of expanding the range of educational VR modules, creating complex simulation environments, and implementing hybrid learning systems that combine classical methods and VR is emphasised. The need to increase the experimental base for studying the effectiveness of VR is noted. In general, the study demonstrates the significant potential of virtual reality technologies for the qualitative modernisation of seafarers' training in accordance with the requirements of the high-tech maritime industry. The introduction of VR can significantly optimise the educational process, provided that it is well integrated with traditional forms of education.

Keywords: virtual reality, maritime education, professional training, seafarers, competences, practice-oriented, immersive technologies, innovations in education, simulators, modelling, computer simulations.

УДК 551.465.42(264.3)

doi.org/10.33298/2226-8553.2024.2.40.05

Васалатій Н.В.

**РОЗРАХУНКИ ШВИДКОСТІ І НАПРЯМУ ТЕЧІЇ В ФЛОРИДСЬКІЙ ПРОТОЦІ
ТА СИЛИ ЇЇ ДІЇ НА РУХ СУДНА**

Анотація. В роботі проведені дослідження циркуляції вод у Флоридській протоці. Розраховано швидкості геострофічних течій на основі гідрологічних та гідрохімічних елементів. Побудовано карти просторового розподілу солоності та температури води на розрізі та карти швидкостей течій в акваторії Флоридської протоки. Проведено аналіз навігаційно-гідрографічних умов плавання. Обчислення вказують на те, що швидкість течії в Флоридській протоці сягає 60 см/с та повільно знижується з глибиною. Так, у центральній

частині розрізу, на глибині 400 м швидкості течії становить 20 см/с. Фактичні швидкості течії, як на поверхні так і в глибокій частині протоки можуть бути і більшими та досягати 190 см/с (3,7 вузла). Оскільки розрахунки проводились за багаторічний період за осередненими даними, отримані результати децю нижчі, але залишаються значними. Розглянуто вплив вітру та течії на маневрені характеристики судна. Визначені райони, які характеризується великою кількістю даних щодо знесення суден. Розраховано дію траверзної течії на судно у Флоридській протоці, де швидкості течії досягають максимальних значень. Проведена оцінка навантаження, що створюється траверзною течією на судно, при максимальній швидкості течії 190 см/с. Результати розрахунків вказують на те, що на судно в порожньому стані із середнім осадом 27 фут (довжина судна по ватерлінії 994 фут) при глибині моря, що більше осадки в три рази, течія в 3,7 вузла розвиває навантаження 551 тс, а 12-вузловий вітер створює навантаження 9 тс, що в сумі становить поперечне зусилля, яке дорівнює 560 тс. Отримані результати розрахунків швидкостей течії та сили дії бічної течії на судно можуть бути використані при керуванні судами в акваторії Флоридської протоки для забезпечення безпечного маневрування.

Ключові слова: Флоридська протока, швидкість течії, солоність води, температура води, напрям, розріз, навантаження.

Постановка проблеми. Флоридська протока є важливою суднохідною ділянкою Світового океану Поряд з цим вона характеризується великими швидкостями течії, які вагомо впливають на маневрені характеристики судна та навігаційні умови. Дуже важливо враховувати швидкість і напрямок течії на кожному курсі і пам'ятати, що її елементи схильні до значних змін. Тому, розрахунки швидкостей і напрямку геострофічних течій потрібно проводити всіма відомими способами, а також розробляти нові, для вдосконалення вже відомих результатів.

Аналіз існуючих літературних джерел. Вивченням гідрометеорологічних умов плавання в Флоридській протоці займається багато, як вітчизняних, так і зарубіжних дослідників і включає в себе різноманітні методи та способи. На доробки наступних науковців спирається автор даної роботи: Богуславский С. Г. [2], Бондаренко А. Л. [3], Гладких І.І. [4], Джиганшин Г. Ф. [5, 6], Михайлов В.І. [7], Bourles В. [12].

Мета статті: За даними температури та солоності морської води побудованих на регулярній сітці з кроком 0,125 градуса по широті та довготі та даних натурних експедиційних досліджень на різних розрізах, розрахувати швидкості течій та побудувати карти просторового їх розподілу в акваторії Флоридської протоки. Оцінити навантаження, що створюється траверзною течією на судно.

Основна частина. В роботі розраховані швидкості течій у Флоридській протоці, яка з'єднує Атлантичний океан з Мексиканською затокою. Фактичні дані про течії деяких районів затоки доповнено аналізом даних про знесення суден та розподілом гідрологічних та гідрохімічних елементів.

Нижче наведені розрахунки швидкостей геострофічних течій, які можуть бути використані при керуванні судами, оскільки вони розраховані по полю щільності і їх можна порівняти зі схемою течій, побудованою на даних вимірюваних значень швидкості і напрямку течій. Для розрахунків у роботі використовувалися матеріали Національного управління океанічних і атмосферних досліджень (NOAA) [13,14,15]. А саме дані про температуру та солоність морської води у період 2005-2012 рр., побудовані на регулярній сітці з кроком 0,125 градуса по широті та довготі, а також дані натурних експедиційних досліджень. Карти просторового розподілу температури, солоності, морської води та просторового розподілу швидкостей течій на розрізах в окремих районах затоки побудовані за допомогою програмного продукту OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017).

Течія впливає на рух судна пропорційно до його швидкості та залежить від курсу судна, щодо напрямку течії. При зустрічній течії, оскільки виникає додатковий тиск на перо керма, судно краще слухається керма. При попутній течії керованість погіршується. Елементи припливно-відливних течій слід розрахувати заздалегідь на час наміченої провідки судна, а її напрямок та швидкість, потрібно вибирати на кожну годину для району плавання. Також

необхідно враховувати бічний знос судна. Особливо небезпечний він є на крутих поворотах фарватера під час руху судна за течією. Відцентрова сила посилює бічне знесення судна, при його повороті, що може призвести до різкого закидання корми судна на зовнішній бік повороту. При посиленні вітру та попутної течії у вузкостях швидкість течії зростає. Тому, швидкість і напрямок течії слід враховувати на кожному курсі і пам'ятати, що її елементи схильні до змін. При плаванні на течії потрібно контролювати своє місце всіма відомими методами. Так як на ній значно змінюються інерційні характеристики судна та крива циркуляції на поворотах.

Флоридська протока розташована в Північній півкулі і з'єднує Атлантичний океан з Мексиканською затокою. Вона відокремлює півострів Флорида від острова Куба. Довжина Флоридської протоки становить 651 кіломет. Найбільша ширина 150 км (найменша – 80 км). Глибина Флоридської протоки в її судноплавній частині складає від 150 до 2085 метрів. При цьому переважаючи у ній глибини від 500 до 700 метрів. Ділянка між дрібними островами архіпелагу Флорида-Кіс та островом Куба є найвужчою. Головні порти протоки – Гавана та Майамі. У 1977 році між США та Кубою було підписано угоду, яка регулює межі протоки для цих двох держав. Згідно з нею, кордон між цими державами проходить посередині Флоридської протоки [9, 10, 11].

У Флоридській протоці нараховується велика кількість випадків щодо знесення суден. Більшість з них, зазнали аварій на рифах біля півострова Флорида, тримаючи курс Флоридською протокою. Причиною аварій, на сам перед, була недооцінка швидкості зустрічної течії при курсі судна в південному напрямку та переоцінка швидкості попутної течії при курсі судна в північному напрямку. При курсі в південному напрямку від 25°35' пн.ш. 80°06' з.д. до 24°38' пн.ш., 81°07' з.д. судно потрапляє під дію зустрічної течії, що має швидкість 3- 4 вузла, тому його курс має систематично контролюватися по маяках та інших берегових орієнтирах. Судна, що йдуть Флоридською протокою курсом на північ від порту Гавана, іноді сідають на рифи, це відбувається при зниженні видимості, або при перетині течії.

З Мексиканської затоки основний потік води прямує у Флоридську протоку досягаючи максимальної швидкості 190 см/с (3,7 вузла). У материковій мілини Флоридського півострова швидкості течії досягають 130 см/с (2,5 вузла). Розрахунки швидкості течій проводились з використанням програмного продукту OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017). Вихідними даними для обчислень є осереднені дані температури та солоності морської води за період 2005-2012 рр. (березень місяць) на розрізі з кроком 0,125 градуса по довготі (рис.1,2). Обчислення вказують на те, що швидкість течії в Флоридській протоці сягає 60 см/с (рис.3) та повільно знижується з глибиною. Так, у центральній частині розрізу, на глибині 400 м швидкості течій становить 20 см/с. Фактичні швидкості течії, як на поверхні так і в глибокій частині протоки можуть бути і більшими, оскільки розрахунки проводились за багаторічний період за осередненими даними, отримані результати дещо нижчі, але залишаються значними (рис. 3).

Флоридську протоку характеризують, як протоку зі значними швидкостями течій та великою кількістю даних про знесення суден, тому доречно розглянути дію бічної течії на рух судна.

Нижче розглянуто силу дії бічної течії на судно дедвейтом 90 тис.т. у водах Флоридської протоки, при швидкості течії 190 см/с (3,7 вузлів) і траверзного вітру 12 вузлів.

$$C = f * L * d * v^2_T$$

C – навантаження, що створене течією та виражене в "коротких" тонах (907,2 кг);

f – фактор, який залежить від запасу води під кілем, та змінюється від 0,0015, при умові, що глибина в 3 рази більша осадки, до 0,0036, коли глибина дорівнює 1,1 осадки; при показниках глибини в 2 рази більшої за осадку, фактор дорівнює 0,0018;

L – довжина судна по ватерлінії, фути;

d - середня осадка, фути;

V_T – швидкість течії, у вузлах.

На судно в порожньому стані із середнім осадом 27 фут (довжина судна по ватерлінії 994 фут) при глибині моря, що більше осадки в три рази, течія в 3,7 вузлів розвиває навантаження 551 тс, а 12-вузловий вітер створює навантаження 9 тс, яке в сумі становить поперечне зусилля, що дорівнює 560 тс.

Отже, при значних швидкостях течій особливу увагу потрібно приділяти бічному зносу судна при плаванні фарватерами, а саме при подорожі під мостами та підході до причалів.

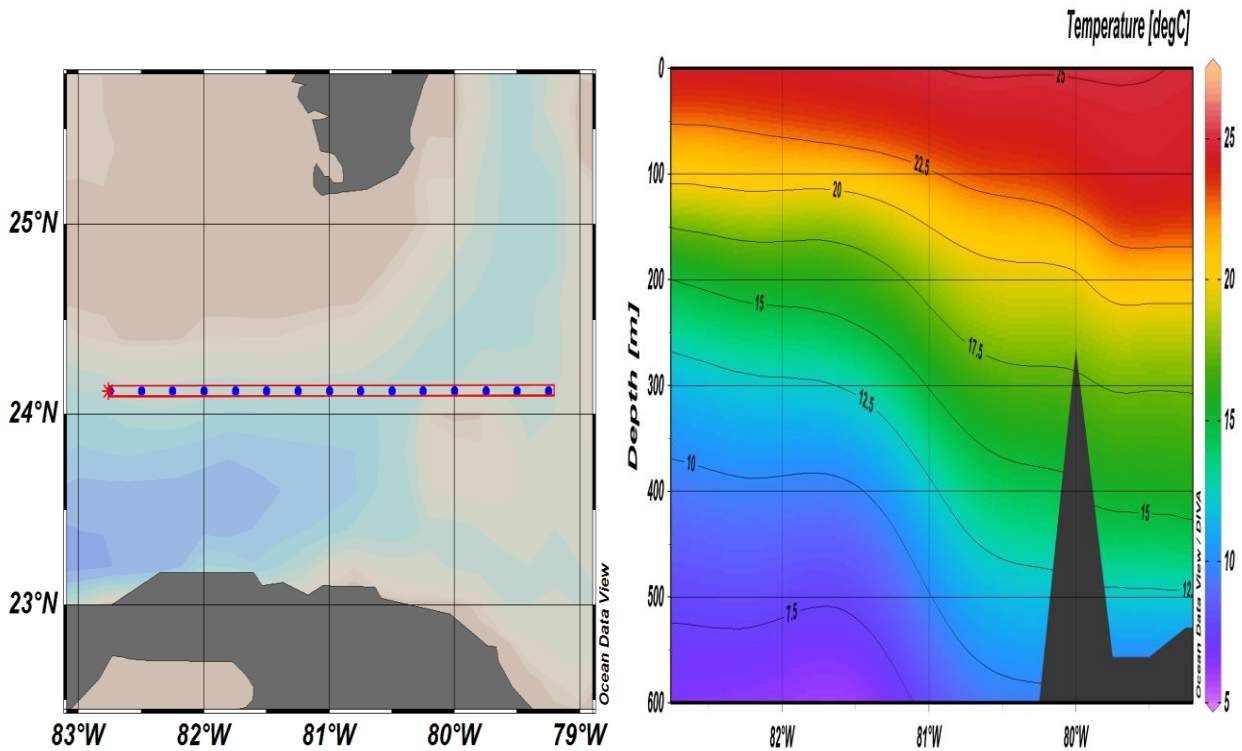


Рисунок 1. Карта просторового розподілу температури морської води на розрізі у Флоридській протоці (березень, 2005-2012 рр).
(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

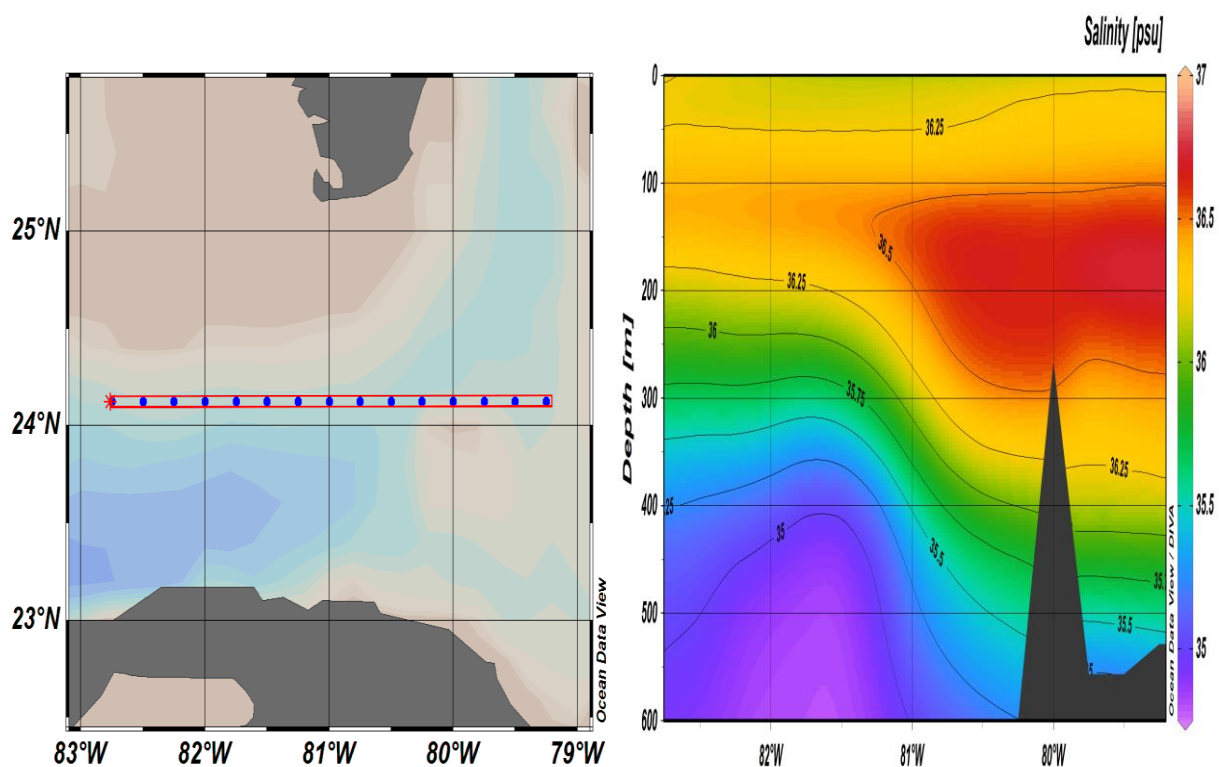


Рисунок 2. Карта просторового розподілу солоності морської води на розрізі у Флоридській протоці (березень 2005-2012 рр).
(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

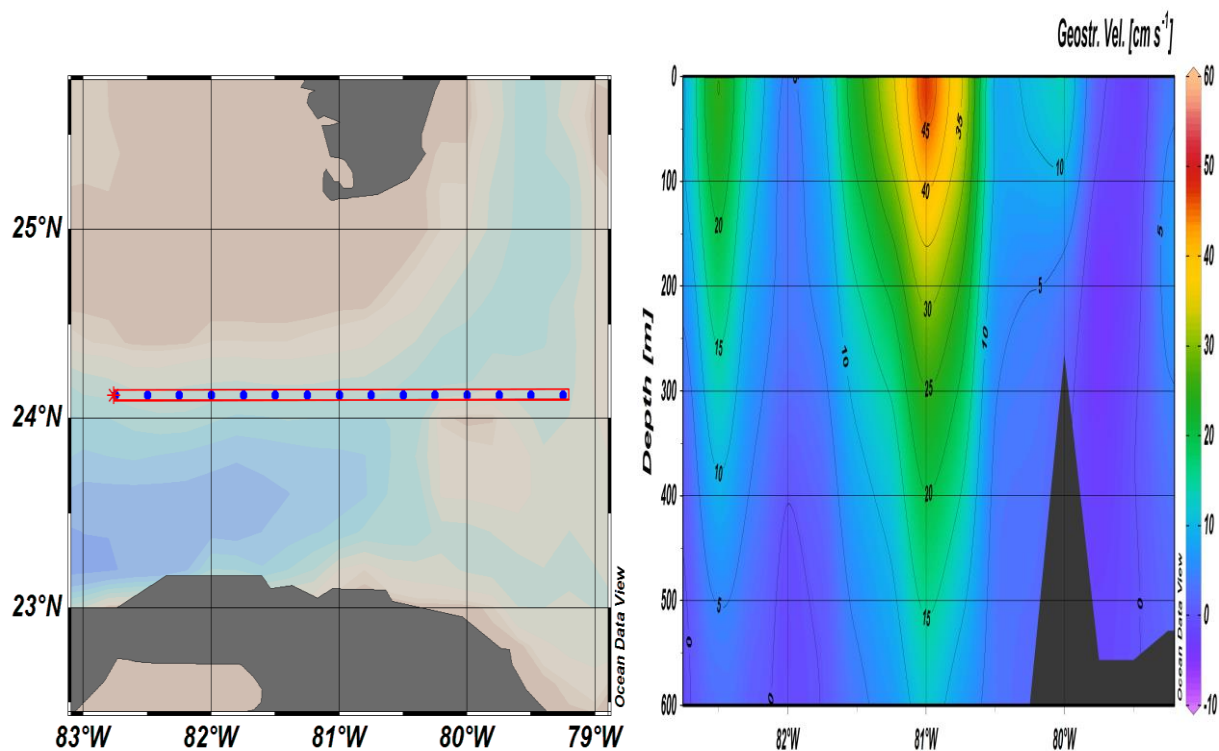


Рисунок 3. Карта просторового розподілу швидкостей течій на розрізі у Флоридській протоці (березень 2005-2012 рр).
(виконано автором, програмний продукт OCEAN DATA VIEW (Version 4.7.10 - 2017))

Висновки. В роботі проведені дослідження циркуляції вод у Флоридській протоці, а саме розраховано швидкість течії на основі гідрологічних та гідрохімічних елементів і проаналізовано вплив течії на маневрені характеристики судна.

Флоридська протока характеризується достатньо великою кількістю даних щодо знесення суден. Аналіз даних показав, що основною причиною аварій є недооцінка швидкості зустрічної течії при прямуванні судна в південному напрямку та переоцінка швидкості попутної течії при прямуванні його в північному напрямку.

Обчислення вказують на те, що швидкість течії в Флоридській протоці сягає 60 см/с (рис.3) та повільно знижується з глибиною. Так, у центральній частині розрізу, на глибині 400 м швидкості течій становить 20 см/с. Фактичні швидкості течії, як на поверхні так і в глибокій частині протоки можуть бути і більшими та досягати 190 см/с (3,7 вузла). Оскільки розрахунки проводились за багаторічний період за осередненими даними, отримані результати дещо нижчі, але залишаються значними.

Розрахована сила дії траверсної течії на судно у Флоридській протоці, при максимальній швидкості течії 190 см/с. За результатами розрахунків можна зробити висновок, що на судно в порожньому стані із середнім осадом 27 фут (довжина судна по ватерлінії 994 фут) при глибині моря, що більше осадки в три рази, течія в 3,7 вузла розвиває навантаження 551 тс, а 12-вузловий вітер створює навантаження 9 тс, що в сумі становить поперечне зусилля, яке дорівнює 560 тс.

Таким чином, отримані в роботі розрахунки швидкостей течій можуть бути використані при керуванні судами, а також на основі отриманих результатів можна проводити розрахунки навантаження бічної течії, що має вплив на швидкість, поворотливість судна та викликає його бічний знос.

ЛІТЕРАТУРА

1. Безруков Ю. Ф. Океанология. Часть I. Физические явления и процессы в океане. Симферополь: Таврический национальный университет им. В. И. Вернадского, 2006. 159 с.
2. Богуславский С. Г., Казаков С. И., Берестовая Е. В. и др. Особенности температурного поля поверхности Тропической Атлантики // Мор. гидрофиз. журн. 2007. № 6. С. 39–47.
3. Бондаренко А. Л., Жмур В. В. Настоящее и будущее Гольфстрима // Природа. 2007. № 7. С. 29–37.
4. Гладких І.І., Капочкін Б.Б., Кучеренко Н.В., Лісоводський В.В., Формування погодних умов в морських та прибережних районах. – монографія. – Одеса, 2007. - 242 С.
5. Джиганшин Г. Ф., Крашенинникова С. Б., Полонский А. Б. Межгодовая изменчивость характеристик внутригодового цикла Флоридского течения // Системы контроля окружающей среды : сб. науч. тр. Севастополь: НПЦ «ЭКОСИГидрофизика», 2009. С. 314–317.
6. Джиганшин Г. Ф., Крашенинникова С. Б., Полонский А. Б. Низкочастотная изменчивость расхода Флоридского течения // Экологическая безопасность прибрежной и шельфовой зон и комплексное использование ресурсов шельфа. 2009. Вып. 19. С. 415–421.
7. Михайлов В.И., Капочкина А.Б., Капочкин Б.Б. Взаимодействие в системе «литосфера-гидросфера», Одесса, 2010, 154 с.
8. Михайлов В.І., Кучеренко Н.В. Спеціальні розділи фізичної океанології / Одеса, Екологія, 2011. - 238 с.
9. Суховій В.Ф. Основні риси гідрологічного режиму Атлантичного і тихоого океанів / Суховій В.Ф. – К.: УМК ВО, 1992. – 218с.
10. Суховій В.Ф. Фізична океанологія/Суховій В.Ф.–Одеса:АОБАХВА, 2001. – 315 с.
11. Учитель И.Л., Дорофеев В.С., Ярошенко В.Н., Капочкин Б.Б., Геодинамика. Основы динамической геодезии, Одесса, 2008, 311 с.
12. Bourles V., Molinari R. L., Johns E., et. al. Upper layer currents in the western tropical North Atlantic // J. Geophys. Res. 1999. Vol. 104, iss. C1. P. 1361–1375.

13. National Centers for Environmental information [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncei.noaa.gov/>
14. National Centers for Environmental information. Ocean Physics. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://www.ncei.noaa.gov/products/ocean-physics>
15. Chart Sources [Електронний ресурс].- Режим доступу: <https://opencpn.org/OpenCPN/info/chartsources.html>

REFERENCES

1. Bezrukov YU. F. Okeanologiya. Chast' I. Fizicheskiye yavleniya i protsessy v okeane. Simferopol': Tavricheskiy natsional'nyy universitet im. V. I. Vernadskogo, 2006. 159 s.
2. Boguslavskiy S. G., Kazakov S. I., Berestovaya Ye. V. i dr. Osobennosti temperaturnogo polya poverkhnosti Tropicheskoy Atlantiki // Mor. gidrofiz. zhurn. 2007. № 6. S. 39–47.
3. Bondarenko A. L., Zhmur V. V. Nastoyashcheye i budushcheye Gol'fstrima // Priroda. 2007. № 7. S. 29–37.
4. Gladkikh Í.Í., Kapochkin B.B., Kucherenko N.V., Lisovods'kiy V.V., Formuvannya pogodnikh umov v mors'kikh ta priberezhnikh rayonakh. –monografiya. – Odesa, 2007. - 242 S.
5. Dzhiganshin G. F., Krashennnikova S. B., Polonskiy A. B. Mezhhodovaya izmenchivost' kharakteristik vnutrigodovogo tsikla Floridskogo techeniya // Sistemy kontrolya okruzhayushchey sredy : sb. nauch. tr. Sevastopol': NPTS «EKOSIGidrofizika», 2009. C. 314–317.
6. Dzhiganshin G. F., Krashennnikova S. B., Polonskiy A. B. Nizkochastotnaya izmenchivost' raskhoda Floridskogo techeniya // Ekologicheskaya bezopasnost' pribrezhnoy i shel'fovoy zon i kompleksnoye ispol'zovaniye resursov shel'fa. 2009. Vyp. 19. C. 415–421.
7. Mikhaylov V.I., Kapochkina A.B., Kapochkin B.B. Vzaimodeystviye v sisteme «litosfera-gidrosfera», Odessa, 2010, 154 s.
8. Mikhaylov V.Í., Kucherenko N.V. Spetsial'ni rozdíli fizichnoí okeanologíi / Odesa, Yekologiya, 2011. - 238 s.
9. Sukhoviy V.F. Osnovní risi gidrologíchnogo rezhimu Atlantichnogo í tikhogo okeanív / Sukhoviy V.F. – K.: UMK VO, 1992. – 218s.
10. Sukhoviy V.F. Fizichna okeanologiya/Sukhoviy V.F.–Odesa:AObAKHVA, 2001. – 315 s.
11. Uchitel' I.L., Dorofeyev V.S., Yaroshenko V.N., Kapochkin B.B., Geodinamika. Osnovy dinamicheskoy geodezii, Odessa, 2008, 311 s.
12. Bourles B., Molinari R. L., Johns E., et. al. Upper layer currents in the western tropical North Atlantic // J. Geophys. Res. 1999. Vol. 104, iss. C1. P. 1361–1375.
13. National Centers for Environmental information [Yeletkronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://www.ncei.noaa.gov/>
14. National Centers for Environmental information. Ocean Physics. [Yeletkronniy resurs]. – Rezhim dostupu: <https://www.ncei.noaa.gov/products/ocean-physics>
15. Chart Sources [Yeletkronniy resurs].- Rezhim dostupu: <https://opencpn.org/OpenCPN/info/chartsources.html>

Vaslatii N.V.

CALCULATIONS OF THE SPEED AND DIRECTION OF THE CURRENT IN THE FLORIDA STRAIT AND ITS EFFECT ON THE MOVEMENT OF THE SHIP

Abstract. In the work, studies of water circulation in the Florida Straits were carried out. The velocities of geostrophic currents were calculated on the basis of hydrological and hydrochemical elements. Maps of the spatial distribution of salinity and water temperature on the section and maps of current velocities in the water area of the Florida Straits were constructed. An analysis of the navigational and hydrographic conditions of sailing was carried out. Calculations indicate that the

current velocity in the Florida Strait reaches 60 cm/s and slowly decreases with depth. So, in the central part of the section, at a depth of 400 m, the current velocity is 20 cm/s. Actual current speeds, both on the surface and in the deep part of the channel, can be higher and reach 190 cm/s (3.7 knots). Since the calculations were carried out over a multi-year period based on averaged data, the results obtained are somewhat lower, but still significant. The influence of wind and currents on the maneuvering characteristics of the ship is considered. Areas characterized by a large amount of data on shipwrecks have been identified. The effect of the transverse current on the vessel in the Florida Strait, where the current velocities reach maximum values, is calculated. An assessment of the load created by the transverse current on the ship was carried out at a maximum current speed of 190 cm/s. The results of the calculations indicate that on an empty ship with an average draft of 27 feet (the ship's waterline length is 994 feet) at a sea depth three times greater than the draft, a current of 3.7 knots develops a load of 551 tons, and 12- the nodal wind creates a load of 9 ts, which in total is a transverse force equal to 560 ts. The obtained results of calculations of current velocities and the force of the transverse current on the ship can be used in the management of ships in the waters of Florida to ensure safe maneuvering.

Keywords: Florida Strait, current speed, water salinity, water temperature, direction, cut, load.