

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до навчальної практики «Науки про гідросферу»  
(частина 2. Морські гідрологічні прогнози і гідрографія )  
для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 103 « Науки про Землю »  
ОП Гідрометеорологія  
рівень вищої освіти бакалавр

Затверджено  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
103 Науки про Землю  
Протокол № 11  
від « 01 » травня 2023 р.

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до навчальної практики «Науки про гідросферу»  
( частина 2. Морські гідрологічні прогнози і гідрографія )  
для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 103 « Науки про Землю »  
ОП Гідрометеорологія  
рівень вищої освіти бакалавр

Затверджено  
на засіданні групи  
забезпечення спеціальності  
103 Науки про Землю  
Протокол № 11  
від « 01 » травня 2023 р.

Голова групи  Шакірманова Ж.Р.

Затверджено  
на засіданні кафедри океанології  
та морського природокористування  
Протокол № 14  
від « 3 » 04 2023 р.

Зав.кафедрою  Берлінський М.А.

Методичні вказівки до навчальної практики «Науки про гідросферу» (частина 2. Морські гідрологічні прогнози та гідрографія) для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 103 «Науки про Землю», ОП Гідрометеорологія, рівень вищої освіти бакалавр / Гаврилюк Р.В., канд. геогр.наук, доцент, Одеса, ОДЕКУ, 2023. 32 с.

## Зміст

		Стор.
	Передмова.....	5
1	Теоретична частина.....	6
	1.1 Рекомендовані маршрути плавання суден в океані.....	6
	1.2 Термінологія складання прогнозів за маршрутом плавання суден.....	9
	1.3 Оцінка виправданості прогнозів за маршрутом плавання суден.....	11
	1.4 Гідрографічний опис гідрометеорологічних та гідрографічних умов району плавання судна.....	15
2	Практична частина.....	17
	2.1 Вихідні дані.....	17
	2.2 Завдання.....	18
	2.3 Рекомендації та пояснення для виконання завдання.....	18
	2.4 Оцінка ефективності плавання судна рекомендованим маршрутом.....	26
	2.5 Рекомендації до оформлення звіту.....	29
	Література.....	30

## Передмова

Навчальна практика студентів 4-го року навчання за спеціалізацією є останньою на бакалаврському рівні. Практика складається з двох частин: 1. Гідрологічні прогнози. 2. Морські гідрологічні прогнози і гідрографія.

Практика з морських гідрологічних прогнозів і гідрографії має за ціль закріплення теоретичних знань і надбання практичних навичок у аналізі гідрографічних умов морського регіону та у складанні морських гідрологічних прогнозів та оцінки їх здійснення.

Після проходження практики з морських гідрологічних прогнозів і гідрографії студент повинен **знати**:

- інформаційне забезпечення морських гідрологічних прогнозів;
- методи прогнозу окремих елементів по району, або за маршрутом судна;
- методи вибору рекомендованого маршруту плавання суден на основі кліматичних даних і з урахування фактичної і прогностичної інформації;
- методи оцінки морських гідрологічних прогнозів;
- суть гідрографічного опису гідрометеорологічних та гідрографічних умов району досліджень.

На основі набутих знань студент повинен **вміти**:

- складати аналітичний опис гідрометеорологічних і гідрографічних умов району досліджень за літературними джерелами;
- складати морські гідрологічні прогнози за маршрутом судна і за районом;
- виконувати оцінку прогнозів.

Змістом практики є вирішення задачі проведення судна рекомендованим маршрутом плавання. На основі альбому синоптичних карт і за допомогою методичних матеріалів необхідно виконати розрахунки таких елементів: швидкості та напрямку вітру, висоти та напрямку хвиль, швидкості руху судна та відстані, яку проходить судно. В залежності від дискретності карт розрахунки виконуються кожні 12 або 24 години впродовж всього часу руху судна обраним маршрутом. Після закінчення проводки судна необхідно оцінити економічну ефективність вибору маршруту. Необхідно також скласти аналітичний опис гідрометеорологічних та гідрографічних умов району досліджень.

На час закінчення практики студент повинен скласти звіт про практику, який є формою підсумкового контролю.

Навчальна практика оцінюється у кількісному та якісному вигляді як самостійний вид навчання. **Залік** з навчальної практики виставляється

при умові повного виконання завдання, оформлення звіту і його захисту у відомості встановленого зразка. При цьому робота під час практики, оформлення і своєчасне представлення звіту оцінюється у 60% від загальної суми балів, а результати захисту звіту - у 40%.

Контроль поточних та залишкових знань здійснюється на основі усного опитування студентів під час занять з навчальної практики. Наприкінці практики студенти захищають звіти.

Робота під час практики оцінюється за такими показниками: присутність на заняттях, підготовленість до нього, вірність розрахунків, якість оформлення звіту та відповідність його вимогам ДСТУ, своєчасність представлення.

Захист звіту оцінюється за такими показниками: виконання завдання, вміння користуватися методиками, теоретичні знання за темами практики.

Загальна оцінка за практику складає 100 балів. До оцінки за практику входить:

- присутність на практиці - 20
- виконання роботи – 20
- оформлення звіту – 20
- захист звіту, відповідь на контрольні запитання – 40

#### **Шкала відповідності інтегральних оцінок в сумарній атестації по дисципліні у вигляді заліку**

Інтегральна сума балів по дисципліні	Оцінка
< 60% від максимальної суми балів	не зарах
60-100% від максимальної суми балів	зарах

#### **Шкала оцінювання за системою ЄКТАС та системою університету**

За шкалою ECTS	За національною системою	За системою університету (в процентах)
A	5 (відмінно)	90 - 100
B	4 (добре)	82 – 89,9
C	4 (добре)	74 – 81,9
D	3 (задовільно)	64-73,9
E	3 (задовільно)	60-63,9
FX	2 (незадовільно)	35 – 59,9
F	2 (незадовільно)	1 – 34,9

## 1. Теоретична частина

### 1.1 Рекомендовані маршрути плавання суден в океані

З давніх часів моряки були зацікавлені в вирішенні питання про вибір оптимального маршруту плавання в океані. Відомо, що англійські моряки ще в ХУІІ-му столітті при плаванні парусного флоту в Америку скорочували тривалість переходу на два тижні за рахунок пасатних вітрів, які є попутними. При плаванні зворотним напрямом парусні судна ще більше скорочували тривалість за рахунок попутної течії Гольфстрім та переважно західних вітрів.

Після заміни парусного флоту на паровий задача вибору оптимального маршруту не втратила свого значення, тому що була пов'язана з економією пального. Тому вирішення цієї задачі залишається і в теперішній час.

Перші кроки в цьому напрямку було зроблено ще в 30-х роках ХХ-го століття для танкерного флоту Каспійського моря. Ці роботи були пов'язані з ретельним вивченням гідрометеорологічних умов та урахуванням впливу вітру та хвиль на швидкість пересування судна. На основі подальших досліджень було розроблено оптимальні шляхи плавання суден в океані з урахування середніх багаторічних характеристик гідрометеорологічного режиму. Ці шляхи отримали назву **сезонні** або **кліматичні шляхи**, та представляють собою шляхи переходу між найбільш важливими портами світу в різні сезони року [1].

Плавання за сезонними маршрутами міцно увійшло в практику, дало підвищення безпеки, та в середньому дозволило скоротити час переходу в порівнянні з найкоротшими шляхами.

Проте, значна мінливість гідрометеорологічних умов в океані не дозволяє визначити сезонні шляхи найбільш вигіднішими. Продовж рейсу судна завжди існує імовірність зустрічі з несприятливими гідрометеорологічними умовами на сезонному маршруті, в той час як в інших районах океану в цей період може спостерігатися більш сприятлива погода.

Тому, в теперішній час, коли завчасність прогнозів погоди досягає 7 діб, а їх надійність зростає, є можливість розраховувати найбільш оптимальні маршрути на основі реальних гідрометеорологічних умов та прогнозів на час переходу.

Для більшості типів суден отримані кількісні залежності між швидкістю руху судна та висотою хвилі при різних курсових кутах [2]. Ці залежності мають вигляд:

$$V = V_0 - (aH - bH^2) + cqH, \quad (1.1)$$

де  $V$  - швидкість судна, вузли

$V_0$  - технічна швидкість судна, або швидкість судна на спокійній воді, вузли

$H$  – висота хвилі, м

$q$  – курсовий кут хвилі (кут між напрямом руху судна та напрямом хвиль, змінюється від 0 до 180 градусів),

$a, b, c$  – емпіричні коефіцієнти, які ураховують тип судна.

Для зручності розрахунків фактичної швидкості руху судна з урахуванням напрямку та висоти хвиль в оперативній практиці використовують допоміжний графік, якій буде наведено далі.

Таким чином, використовуючи прогнози погоди (характеристики вітру та хвилювання), можна обрати такий маршрут руху судна, який буде найбільш оптимальним. В якості критерію оптимальності застосовують різні характеристики, наприклад: обмеження за висотою хвилі (для танкерів висота хвилі менш 4 метрів), мінімальність часу пересування, безпека руху, витрата пального, дотримання розкладу руху, запобігання бортові качки та інші. Але ж всі ці критерії пов'язані з очікуваним характером погоди на період руху судна.

Існують декілька засобів вибору оптимального маршруту руху судна, описання яких можна знайти в [3,4].

Для оцінки ефективності вибору рекомендованого маршруту плавання судна використовують такі засоби:

1) зіставляють результати плавання судна по рекомендації з результатами плавання контрольного судна аналогічним маршрутом в той же час без рекомендації ;

2) зіставляють результати плавання судна по рекомендації з результатами плавання фіктивного судна по кліматичному маршруту, або по дуги великого кола (ДВК),

3) порівнюють коефіцієнт безпеки плавання судна фактичним маршрутом та кліматичним маршрутом.

Для отримання кількісних оцінок розраховують такі характеристики:

- час переходу (в годинах) судна обраним маршрутом по рекомендації,
- середню фактичну швидкість плавання судна,
- коефіцієнт безпеки плавання судна, який розраховується за формулою:

$$K_b = (h_{\max} / h_{\text{обм}}) \cdot [(1 + \tau_1) \cdot (1 + 2\tau_2)], \quad (1.2)$$

де  $h_{\max}$  - максимальна висота хвилі на маршруті плавання судна за весь період,

$h_{\text{обм}}$  - максимально допустима висота хвилі для даного судна, яка задається,

$\tau_1$  - повторюваність хвиль, які перевищують значення  $h_{\text{обм}}$ ,



$t_2$  - повторюваність хвиль, які більш або дорівнюють 8м ( особливо небезпечна висота хвилі в океані).

Час переходу суден та коефіцієнти безпеки при плаванні кліматичними маршрутами в різні місяці року розраховані раніш та опубліковані в довідковій літературі [2.5].

Якщо фактичний час переходу судна менш, ніж час переходу за кліматичним маршрутом, (тобто швидкість більше) - отримаємо вигреш в часі ( $\Delta T$ ), при зворотних умовах – програш .

Якщо коефіцієнт безпеки  $K_6$  плавання судна менш, ніж кліматичний коефіцієнт . – умови плавання вважаються сприятливими. При зворотних умовах – несприятливими.

При інтерпретації  $K_6$  рекомендується застосовувати наступні правила:

- якщо  $K_6 \leq 1$ , умови безпечні для судна;
- якщо  $K_6 \leq 2$ , умови допустимі для плавання судна;
- якщо  $K_6 > 2$ , умови небезпечні .

В разі виграшу в часі, розраховують також економічну ефективність – Е. Для цього перемножують вигреш в часі ( $\Delta T$ ) на собівартість експлуатації судна за годину (С), яка також відома , та отримують економічну ефективність в грошових одиницях:

$$E = \Delta T \cdot C. \quad (1.3)$$

Таким чином, використовуючи карти погоди можна провести судно по одному з кліматичних маршрутів плавання і оцінити ефективність проводки. Наприклад для північної частини Атлантичного океану прокладено 9 шляхів, при цьому для деяких з них є декілька варіантів для різних сезонів року. В методичних вказівках далі буде використовуватися шлях від протоки Кабота до скелі Бішоп ( протока Ла-Манш). Цей шлях обрано для зручності, так як він є незмінним у всі сезони року.

## **1.2 Термінологія складання прогнозів за маршрутом плавання судна**

Термінологія складання прогнозів і їх оцінка за маршрутом плавання суден викладено в [6,7,8,9]. Прогнози по найвигіднішому шляху складаються на найближчі дві доби. Прогнози на першу і другу добу складаються окремо, причому за початок і кінець доби береться термін 00 годин середнього Грінвічеського часу. Якщо протягом перших і других діб прогнозується однаковий характер погоди і стану моря і все елементи

можуть бути охарактеризовані однаковими термінами, то допускається складання загального тексту прогнозу на дві доби.

Основними прогнозованими елементами є вітер (напрямок і швидкість), хвилювання (напрямок і висота хвиль, причому напрямок тільки для хвиль брижі). Крім того, прогнозуються видимість, льодові умови, обмерзання.

У прогнозах вказуються значення елементів, які будуть переважати протягом доби. Якщо протягом доби очікується суттєва зміна значення того чи іншого елемента, що виходить за межі використовуваних градацій, то в прогнозі це значення вказується стосовно тієї половини доби, коли воно очікується. Якщо здійснення даного значення елемента очікується протягом періоду часу менше 6 годин, допускається застосування терміну "короткочасний".

**Вітер.** У прогнозах вказуються напрямок і швидкість вітру.

Напрямок вітру прогнозується по 8 основним румбам: Пн, ПнСх, Сх, ПдСх, Пд, ПдЗх, Зх, ПнЗх. Допускається вказувати в тексті прогнозу двох сусідніх румбів (наприклад, вітер Зх, ПнЗх). При зміні протягом доби напрямку вітру в межах, перевищуючих межі двох сусідніх румбів, в прогнозі зазначається перехід напрямку вітру на новий румб із зазначенням відповідної половини доби.

Якщо очікується слабкий вітер (швидкість не більше  $5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ ), то його напрямок може не вказуватися. При цьому використовується формулювання: "вітер слабкий". При швидкості вітру більш  $33 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  допускається застосування терміну "ураган".

Швидкість вітру вказується в метрах за секунду в наступних градаціях: 0-3 (слабкий), 3-5 (слабкий), 6-8, 8-11, 11-14, 14-17, 17-21, 21-24, 24-28, 28-33, 33 та більше ( ураган).

При очікуваних швидкостях вітру до  $11 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  включно допускається використання в прогнозі двох сусідніх градацій.

Якщо в прогнозі очікуються окремі значення, які виходять за межі переважних швидкостей не менше, ніж на  $2 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$ , ці значення характеризуються термінами "посилення" або "ослаблення" швидкостей до відповідного крайнього значення.

**Хвилювання.** У прогнозах вказуються параметри наступних видів хвилювання: вітрового хвилювання, змішаного хвилювання і брижі. При прогнозі тільки вітрового хвилювання слово "вітрове" у тексті опускається. У випадках прогнозу брижі одночасно вказуються параметри вітрового

хвилювання, які в тексті ставляться перед параметрами брижі. Прогнозованими параметрами є напрямок (лише для хвиль брижі) і висота хвиль. Для напрямку хвиль використовується така ж сама термінологія і формулювання, що і для напрямку вітру.

Висота хвиль вказується в метрах у наступних градаціях

менш, ніж 1 м	3-4	7-9
1-2	4-5	9-12
2-3	5-7	12 та більше

По можливості допускається вказувати в тексті прогнозу висоти хвилі однією цифрою (наприклад, хвилювання 2 м).

Якщо в прогнозі передбачаються окремі значення, що виходять за межі ніж на 2 метри для висот більше 5 м, ці значення характеризуються термінами "збільшення" або "зменшення" висот до відповідного крайнього значення.

**Видимість.** Видимість вказують в км в таких градаціях: менш 1 км, 1-2, 2-4, більш 4 км (видимість добра).

**Льодові умови.** Вказуються границі поширення дрейфуючого льоду та айсбергів.

**Обмерзання.** В прогнозах вказується можливість обмерзання судна і його інтенсивність. Інтенсивність характеризується такими термінами:

- повільне (інтенсивність відкладання льоду до 0,6 см за годину),
- швидке (інтенсивність від 0,7 до 1.3 см за годину)
- дуже швидке (інтенсивність 1см за годину т більше),

Для прогнозу інтенсивності обмерзання різних типів суден використовується методика, викладена в [4].

### **1.3 Оцінка виправданості прогнозів за маршрутом плавання судна**

Оцінка виправданості прогнозів виконується окремо для кожної доби за одною з характеристик: «прогноз виправдався» або «прогноз не виправдався».

Вихідними матеріалами для оцінки прогнозів служать: а) інформація з судна, що рухається за рекомендацією за строки 00 і 12 годин середнього Грінвічеського часу, б) карти аналізу погоди, хвилювання і інших

елементів по району плавання судна за всі доступні строки. Оцінка прогнозів виконується для кожного прогностичного елемента окремо.

### Вітер. Напрямок вітру.

При швидкості вітру не більше  $5 \text{ м}\cdot\text{с}^{-1}$  прогнозований напрямок вітру не оцінюється. Оцінка прогнозу напрямку вітру проводиться у відповідності до табл. 1.1. ( Позначка «+» означає, що прогноз виправдався, позначка «-» - не виправдався)

Таблиця 1.1- Оцінка прогнозу напрямку вітру

Дано у прогнозі	Фактично переважаючі напрямки															
	Пн	ПнПнСх	ПнСх	СхПнСх	Сх	СхПдСх	ПдСх	ПдПдСх	Пд	ПдПдЗх	ПдЗх	ЗхПдЗх	Зх	ЗхПнЗх	ПнЗх	ПнПнЗх
Пн	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+
ПнСх	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Сх	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
ПдСх	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Пд	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-
ПдЗх	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-	-	-
Зх	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+	-	-
ПнЗх	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	+	+	+

Якщо у прогнозі напрямок вітру вказувалося двома сусідніми румбами, а фактичний напрямок вітру стримувався в межах виправданості для одного румба, при оцінці ставиться знак плюс. Якщо у прогнозі вказувався перехід напрямку вітру на інший румб, а перехід не відбувся, при оцінці ставиться знак мінус.

**Швидкість вітру.** Оцінка прогнозу швидкості вітру проводиться по табл. 1.2.

Таблиця 1.2 - Оцінка прогнозу швидкості вітру

Дано у прогнозі, м·с <sup>-1</sup>	Прогноз виправдався, якщо фактична швидкість вітру утримувалась у межах, м·с <sup>-1</sup>
0-8	0-5
3-5	1-7
6-8	4-10
8-11	6-13
11-14	9-16
15-17	11-20
17-21	14-24
21-24	17-28
24-28	20-33
28-33	23-38
33 та більше	27 та більше

**Хвилювання. Напрямок хвиль** Оцінка виправданості прогнозів напрямку хвиль брижі проводиться таким же чином, що і для прогнозу напрямку вітру.

**Висота хвиль.** Оцінка виправданості прогнозів висоти хвиль проводиться за табл. 1.3

Таблиця 1.3 - Оцінка прогнозу висоти хвиль

Дано у прогнозі, м	Прогноз виправдався, якщо фактична висота хвиль утримувалась у межах, м
менш, ніж 1	0 - 1,5
1 - 2	0,5 - 2,5
2 - 3	1,5 - 3,5
3 - 4	2,5 - 5,0
4 - 5	3,0 - 6,0
5 - 7	4,0 - 8,5
7 - 9	5,5 - 11,0
9 - 12	7,0 - 15,0
12 та більше	9,0 та більше

**Видимість.** Оцінка виправданості прогнозів видимості проводиться за табл. 1.4

Таблиця 1.4 - Оцінка прогнозу видимості

Дано у прогнозі, км	Фактично переважна видимість, км				
	0,5	1	2	4	Більше 4
Менш ніж 1	+	+	-	-	-
1-2	-	+	+	-	-
2-4	-	+	+	+	-
Більше 4	-	-	-	+	+

**Льодові умови.** Прогноз льодових умов вважається виправданим, якщо наявність прогнозованих параметрів було зафіксовано спостереженнями хоча б в один строк продовж доби.

**Обмерзання.** Оцінка виправданості прогнозу обмерзання проводиться за табл. 1.5

Таблиця 1.5 - Оцінка прогнозу обмерзання

Дано у прогнозі	Обмерзання спостерігалось хоча б в один строк спостережень продовж доби		
	Повільне	Швидке	Дуже швидке
Повільне	+	-	-
Швидке	+	+	-
Дуже швидке	-	+	+

### Обчислення загальних оцінок прогнозів

Обчислення загальних оцінок для кожного рейсу судна проводиться шляхом ділення числа прогнозів, що отримали оцінку «Виправдався» на загальну кількість складених прогнозів і визначається у процентах.

### 1.4 Гідрографічний опис гідрометеорологічних та гідрографічних умов району плавання судна

Описання гідрометеорологічних та гідрографічних умов плавання суден за будь яким маршрутом в Атлантичному, Тихому та Індійському океанах можна знайти в [1]. Фактично це джерело є «Настановою» для вибору шляху руху суден між найбільш важливими портами Світу в залежності від сезону року, гідрометеорологічних умов і експлуатаційних характеристик судна. Також в [1] дається опис океанських та деяких морських шляхів і наведено відомості навігаційного характеру. Видання складається з трьох розділів і восьми додатків, які представлені каталогом карт, де показані основні океанські шляхи для різних частин

Світового океану. Ці шляхи отримали назву **сезонні або кліматичні шляхи**.

Перший розділ видання має назву «Гідрометеорологічний огляд» і містить загальні відомості про циркуляцію атмосфери над Світовим океаном і коротку характеристику погоди. Дається також загальна характеристика океанічних течій і льодових умов.

Другий розділ видання має назву «Шляхи суден» і в ньому наведено описання шляхів між найбільш важливими портами Світу для Атлантичного, Тихого, Індійського океанів і окремо для Середземного і Чорного морів.

Представлено описання гідрометеорологічних умов району, коротка характеристика окремих гідрометеорологічних елементів – вітру, хвиль, течій, туманів та інших елементів, а також попередження навігаційного характеру на кожному з шляхів.

Третій розділ видання має назву «Довідковий» і містить перелік всіх географічних об'єктів і їх координати, а також вісім карт: дві кліматичні карти Світу (для січня і липня), карта течій Світового океану, дві карти трансокеанських шляхів північної частини Атлантичного океану і карти шляхів Атлантичного, Індійського і Тихого океанів.

При виконанні навчальної практики необхідно ознайомитись зі змістом видання [1], з картами сезонних шляхів, а також знайти географічні координати початкової та кінцевої точок руху судна конкретним шляхом. Згідно з завданням на практику необхідно скористатися картами сезонних шляхів і перенести конкретний шлях (задається в заданні) на карту косої гномонічної проекції, яка в подальшому буде використовуватися для нанесення розрахункових гідрометеорологічних елементів за весь період пересування судна.

При підготовці звіту з навчальної практики обов'язково дати розділ по гідрографічному опису гідрометеорологічних та гідрографічних умов плавання судна конкретним шляхом в конкретний період року (задається викладачем при формулюванні завдання на практику). Для цього необхідно скористатися відомостями з розділу 2 з [1]. В розділі звіту з практики необхідно вказати гідрометеорологічні умови, які впливають на рух судна конкретним шляхом, а саме: в якій зоні переважних вітрів проходить шлях судна, яка повторюваність штормів, яка погода переважає і яка видимість переважає. Також необхідно вказати які течії (географічні назви) зустрічаються на шляху судна, вказати їх напрями і швидкості. В виданні [1] наведено відомості про льодові умови, описання яких також необхідно відобразити в розділі звіту з практики.



## 2. Практична частина

### 2.1 Вихідні дані

1. Задається тип судна і його технічні характеристики: водотоннажність судна -  $D$  (в тонах), технічна швидкість -  $V_{\text{тх}}$  (вузли), обмеження по хвилюванню -  $h_{\text{обм}}$  ( висота хвиль в м ), собівартість експлуатації судна -  $C$  ( в тисячах умовних одиниць на добу).

2. Задається кліматичний маршрут плавання судна з [1], координати початкової і кінцевої точки, ( наприклад від протоки Кабота до скелі Бішоп-протока Ла-Манш), дата і час виходу судна.

3. Задається архів синоптичних карт ( поля приземного атмосферного тиску над північною частиною Атлантичного океану) за 00 і 12 годин середнього Грінвічеського часу за кожен добу ( приблизно 20-25 карт). Можна також самостійно створити архів синоптичних карт, користуючись сайтом [10], де представлено карти приземних баричних утворень над Європою і Північною Атлантикою за будь які дати.

4. Задаються допоміжні матеріали:

- номограма для розрахунків швидкості вітру і висоти хвиль по синоптичній карті ( рис. 2.1),

- схема визначення курсового кута хвилювання відносно курсу судна (рис. 2.2),

- номограма для розрахунків швидкості судна в залежності від курсового кута і висоти хвиль ( рис. 2.3),

- таблиця для розрахунків відстані ( в градусах і хвилинах меридіану) , що проходить судно при різних швидкостях, ( табл. 2.1),

- графік для визначення кліматичного часу плавання судна, ( рис. 2.4),

- графік для визначення кліматичного показника безпеки плавання судна, ( рис. 2.5),

- бланк карти гномонічної проекції для північної частини Атлантичного океану. Гномонічна проекція використовується для зручності, так як найкоротша відстань між двома точками ( початкової та кінцевої точки руху судна) відображається на карті гномонічної проекції як пряма лінія.

### 2.2 Завдання

Провести судно **кліматичним** маршрутом плавання від початкової до кінцевої точки з урахуванням фактичних даних про погоду на основі архіву синоптичних карт. Виконати розрахунки таких елементів: швидкості та напрямку вітру, висоти та напрямку хвиль, швидкості руху судна та відстані, яку проходить судно за 12 годин. Розрахувати час руху

судна, показник важкості плавання і порівняти їх з кліматичними характеристиками. В разі виграшу в часі розрахувати економічну ефективність провідки судна. Зробити висновки. Оформити звіт з практики відповідно до вимог.

### **2.3 Рекомендації та пояснення для виконання завдання**

Перш за все, за допомогою карт з [1] знайти кліматичний маршрут плавання судна і прокласти його на бланку карти гномонічної проекції. В початковій точці вказати час і дату виходу судна. В подальшому на цьому маршруті необхідно відображати за кожен строк (за 00 і 12 годин кожної доби) всі розрахункові характеристики ( швидкість і напрям вітру, висоту хвиль і курсовий кут хвиль, швидкість руху судна і його курс). Всі розрахунки і їх зображення на бланку карти виконуються до тих пір, поки судно не досягне кінцевої точки маршруту. Так як відстані, які проходить судно за відрізки часу 12 годин розраховуються в градусах і хвилинах меридіану, при роботі з картами необхідно використовувати циркуль-вимірювач.

#### **Розрахунки швидкості вітру і висоти переважних хвиль**

Номограма для розрахунків швидкості вітру і висоти переважних хвиль показана на рис 2.1, а на рис. 2.1 а - фрагмент карти і приклад визначення градієнту атмосферного тиску.

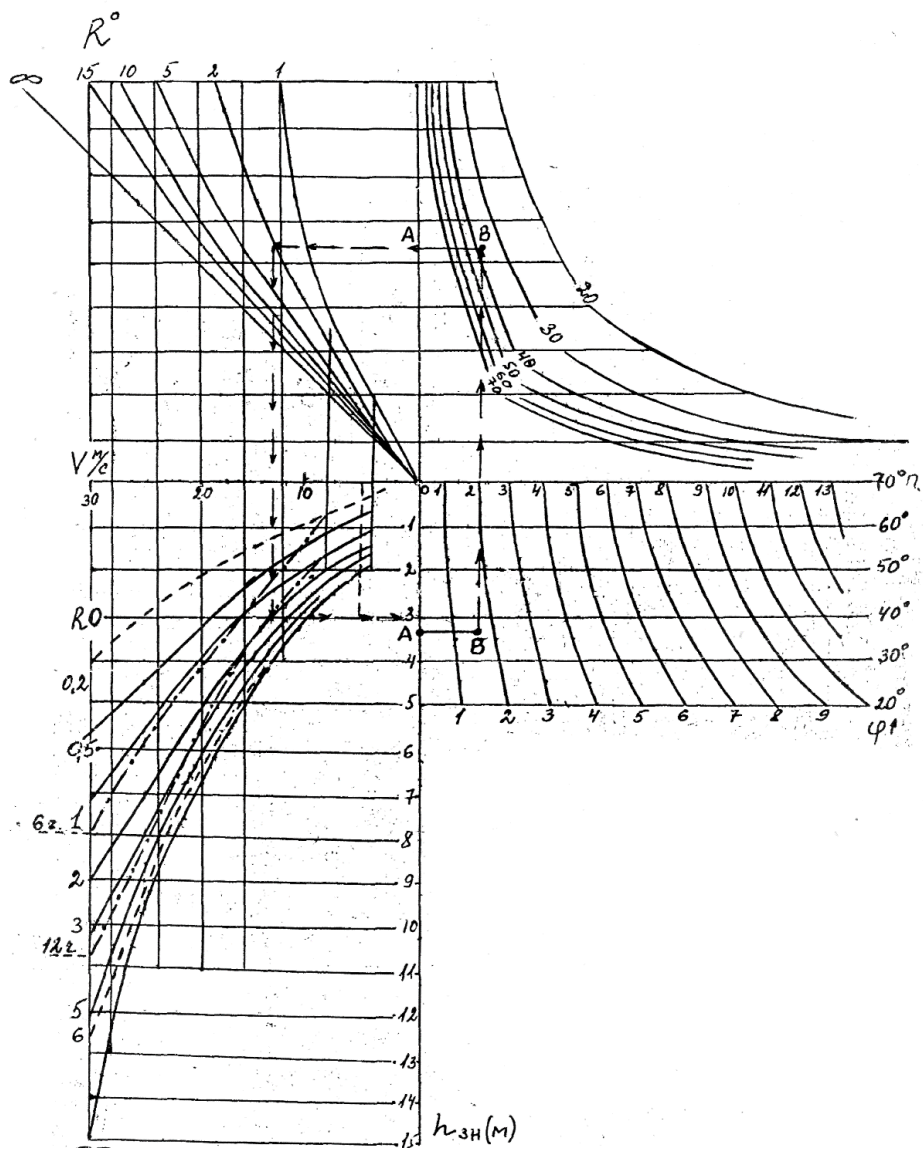


Рис. 2.1- Номограма для розрахунків швидкості вітру та висоти хвилі

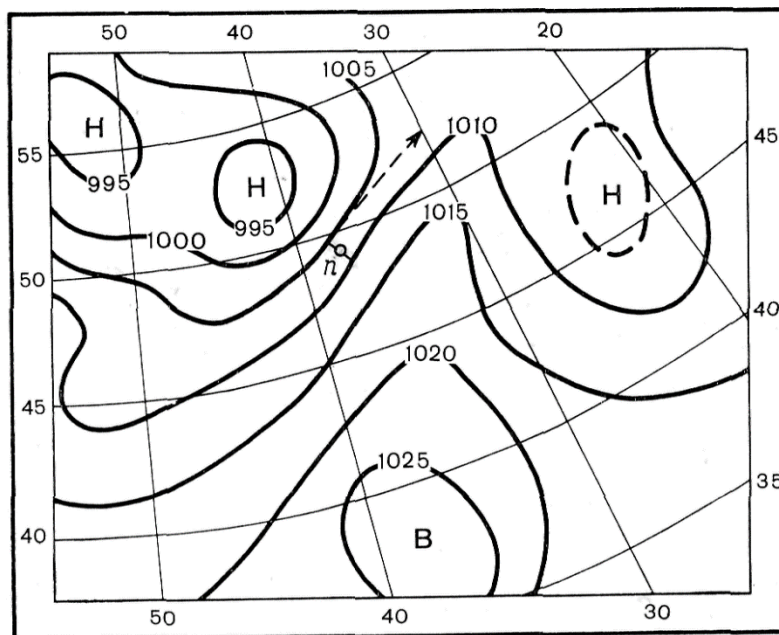


Рис.2.1.а - Фрагмент карти і приклад визначення градієнту атмосферного тиску

Всі вимірювання на картах необхідно робити за допомогою циркуля-вимірювача. Градієнт атмосферного тиску ( $n$ ) вимірюється циркулем, виставляється на меридіан на даній широті і визначається скільки градусів меридіану він становить. ( В даному випадку градієнт становить 1 градус меридіану на широті 49 градусів). Ця величина є вихідною для подальшого входу в номограму ( рис.2.1).

В першому квадраті (нижній праворуч) номограми горизонтальні лінії відповідають географічній широті розрахункової точки ( від  $20^0$  до  $70^0$ ), а криві лінії ( від 1 до 13 ) - градієнту атмосферного тиску в градусах меридіану на даній широті . Кожне ділення по горизонталі відповідає одному градусу меридіану на широтах від 20-го до 70-ого градусів північній півкулі.

В другому квадраті (верхній праворуч) наведено криві, які характеризують залежність швидкості вітру від баричного коефіцієнту та широти міста, тобто необхідно знайти точку перетину перпендикуляру з першого квадрату до кривої, яка відповідає широті розрахункової точки.

В третьому квадраті (верхній ліворуч) ураховується залежність між кривизною ізобар та швидкістю вітру. Кривизна ізобар визначається як відстань від розрахункової точки до центру циклону. Радіус кривизни ( $R$ ) підбирають таким чином, щоб окружність, наведена з центру циклону співпадала з даним відрізком ізобари. Відстань вимірюють циркулем, виставляють на меридіан і визначають в градусах меридіану на даній

широті. Для антициклонічної циркуляції радіус кривизни береться рівним  $\infty$ . З другого квадрату необхідно виставити горизонталь до перетину з радіусом кривизни, а далі виставляється перпендикуляр до висі, де зображена шкала швидкості вітру в  $\text{м}\cdot\text{с}^{-1}$ .

В четвертому квадраті (нижній ліворуч) наведено криві (суцільні лінії), що відповідають тому ж самому радіусу кривизни ( $R$ ), що і в третьому квадраті. З висі шкали швидкості вітру виставляють перпендикуляр до перетину з кривими відповідного радіусу і далі - горизонталь на вертикальну шкалу висот хвиль.

Напрямок вітру і напрям розповсюдження хвиль співпадають з дотичної, проведеній до ізобари в точки (на рис. 2.1 а показано стрілкою і відповідає південно-західному вітру і напрямку хвиль від південного заходу).

### Розрахунки швидкості руху судна в залежності від висоти хвиль і їх напрямку ( курсовий кут )

Курсовий кут хвиль – це кут між напрямом руху судна і напрямом хвиль, який змінюється від  $0^{\circ}$  до  $180^{\circ}$  за схемою ( рис. 2.2 )

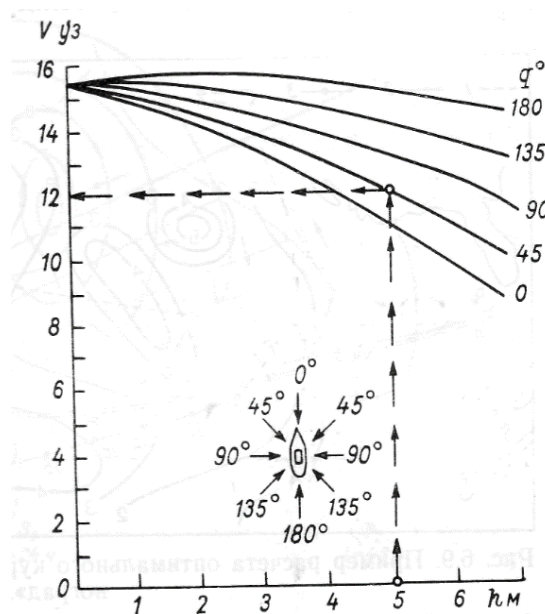


Рис. 2.2- Схема визначення курсового кута хвиль відносно курсу судна.

Так як попередніми розрахунками визначаються напрям вітру і напрям хвиль і є відомим курс судна ( по лінії, яка відповідає кліматичному маршруту), в будь-якій точці можна визначити курсовий кут хвиль за наведеною схемою.

Розрахунки швидкості судна виконуються за допомогою номограми (рис.2.3).

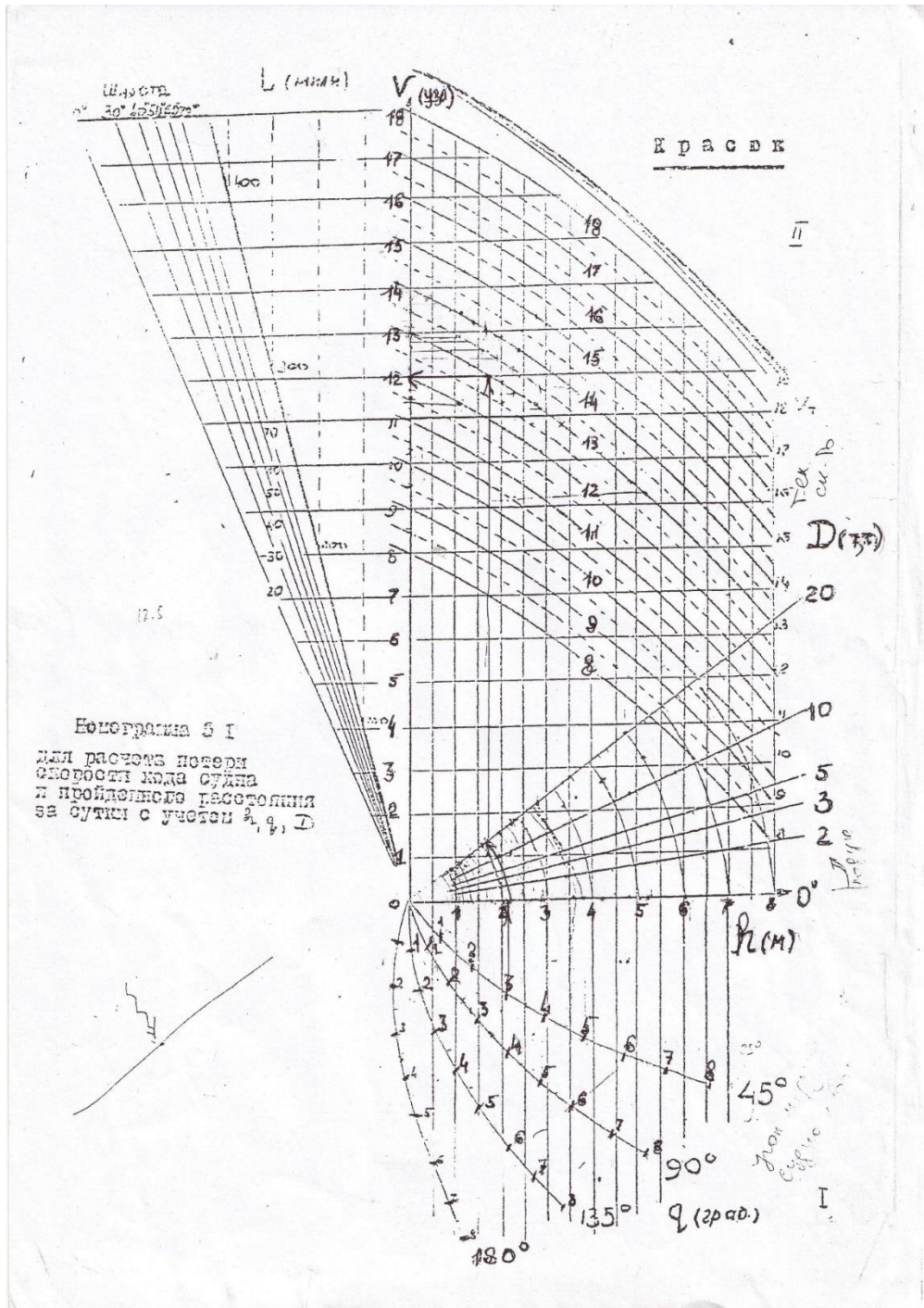


Рис. 2.3 - Номограма для визначення швидкості руху суден різної тоннажності в залежності від висоти та напрямку хвиль

Вхідними параметрами до номограми є висота і курсовий кут хвиль ( від  $0^\circ$  до  $180^\circ$  ), водотоннажність судна -  $D$  ( в тонах ) і технічна швидкість судна -  $V_{ТХ}$  (вузли).

Курсові кути хвиль зображено в нижній частині номограми у вигляді дуг. Кожна дуга відображає відповідний курсовий кут, а цифри 1,2,3..... – висота хвиль в м.

Прямі лінії, наведені як радіуси, відображають водотоннажність судна. Кожна лінія відповідає певній тоннажності ( 2, 3, 5, 10, 20 тон).

Дугові лінії в верхній частині номограми відображають технічну швидкість судна, і кожна лінія відповідає певному значенню ( 8, 9,10.....18 вузлів).

Для визначення реальної швидкості руху судна певної тоннажності в залежності від характеристик хвиль необхідно увійти в номограму зі значенням висоти хвилі і курсовим кутом ( визначається по номограмі 2.1 і за схемою рис. 2.2).

На відповідній дуговій лінії виставляється точка, яка ураховує висоту хвилі і її курсовий кут. З цієї точки проводиться перпендикуляр до перетину з горизонтальною лінією ( вісь X), і з точки перетину проводиться дуга окружності до перетину з лінією водотоннажності. Далі з цієї точки проводиться перпендикуляр до перетину з дуговою лінією, що відповідає технічній швидкості судна, після чого з точки перетину проводиться горизонталь до вертикальної шкали ( вісь Y) зі значеннями реальної швидкості судна. Таким чином визначається реальна швидкість судна.

### **Розрахунки відстані, яку проходить судно за 12 або 24 години при фактичній швидкості**

Розрахунки відстані, яку пройде судно за 12 годин, або за добу виконується за допомогою табл. 2.1. Для зручності відстані представлено в градусах і хвилинах меридіану. Це дозволяє відкласти цю відстань на карті на лінії, яка відображає шлях судна і визначити координати ( широту і довготу) положення судна через проміжок часу 12 або 24 години.

Таблиця 2.1- Відстані ( в градусах і хвилинах меридіану ) , що проходить судно за добу і за 12 годин при різних швидкостях ( вузли)

Швидкість судна (вузли)	Відстань за добу (градуси, хвилини)	Відстань за 12 годин (градуси, хвилини)
12.0	4 <sup>0</sup> 42'	2 <sup>0</sup> 21'
12.1	4 <sup>0</sup> 48'	2 <sup>0</sup> 24'
12.2	4 <sup>0</sup> 54'	2 <sup>0</sup> 27'
12.3	5 <sup>0</sup> 00'	2 <sup>0</sup> 30'
12.4	5 <sup>0</sup> 00'	2 <sup>0</sup> 30'
12.5	5 <sup>0</sup> 02'	2 <sup>0</sup> 31'
12.6	5 <sup>0</sup> 04'	2 <sup>0</sup> 32'
12.7	5 <sup>0</sup> 06'	2 <sup>0</sup> 33'
12.8	5 <sup>0</sup> 10'	2 <sup>0</sup> 35'
12.9	5 <sup>0</sup> 11'	2 <sup>0</sup> 36'
13.0	5 <sup>0</sup> 12'	2 <sup>0</sup> 36'
13.1	5 <sup>0</sup> 15'	2 <sup>0</sup> 37'
13.2	5 <sup>0</sup> 18'	2 <sup>0</sup> 39'
13.3	5 <sup>0</sup> 20'	2 <sup>0</sup> 40'
13.4	5 <sup>0</sup> 22'	2 <sup>0</sup> 41'
13.5	5 <sup>0</sup> 24'	2 <sup>0</sup> 42'
13.6	5 <sup>0</sup> 27'	2 <sup>0</sup> 43'
13.7	5 <sup>0</sup> 30'	2 <sup>0</sup> 45'
13.8	5 <sup>0</sup> 33'	2 <sup>0</sup> 46'
13.9	5 <sup>0</sup> 35'	2 <sup>0</sup> 47'
14.0	5 <sup>0</sup> 37'	2 <sup>0</sup> 48'
14.1	5 <sup>0</sup> 40'	2 <sup>0</sup> 50'
14.2	5 <sup>0</sup> 42'	2 <sup>0</sup> 51'
14.3	5 <sup>0</sup> 44'	2 <sup>0</sup> 52'
14.4	5 <sup>0</sup> 47'	2 <sup>0</sup> 53'
14.5	5 <sup>0</sup> 50'	2 <sup>0</sup> 55'
14.6	5 <sup>0</sup> 52'	2 <sup>0</sup> 56'
14.7	5 <sup>0</sup> 54'	2 <sup>0</sup> 57'
14.8	6 <sup>0</sup> 56'	2 <sup>0</sup> 58'
14.9	6 <sup>0</sup> 58'	2 <sup>0</sup> 59'
15.0	6 <sup>0</sup> 00'	3 <sup>0</sup> 00'



## Порядок виконання завдання

1. На всіх синоптичних картах (приблизно за 12-14 діб) необхідно прокласти маршрут і показати початкові і кінцеві точки. На карті гномонічної проекції знайти координати початкової і кінцевої точки і також прокласти кліматичний маршрут.
2. За даними про технічну швидкість судна з таблиці 2.1 визначається максимальна відстань, яку може пройти судно за 12 годин – **в градусах і хвилинах меридіану**. Цю відстань виставляють **на 2-й синоптичній карті** з початкової точки і отримують можливе положення судна через 12 годин при умовах, що воно рухається з технічної швидкістю. На цьому відрізку маршруту виставляють середню точку, для якої спочатку визначають широту, градієнт атмосферного тиску і радіус кривизни і за рис. 2. 1 визначають швидкість вітру, його напрям і висоту хвиль. Напрям вітру і напрям розповсюдження хвиль співпадають з дотичної, проведеній до ізобари в точки. Курсовий кут хвиль визначають як кут між напрямом руху судна і напрямом хвиль (рис. 2.2.)
3. По рис. 2.3 входять в номограму зі значенням висоти хвилі і її курсовим кутом і визначають **реальну** швидкість судна у вузлах за перші 12 годин.
4. По таблиці 2.1 визначають відстань ( в градусах і хвилинах меридіану), яку пройде судно в перші 12 годин. Цю відстань виставляють циркулем на карті **гномонічної проекції** на меридіан і на лінію маршруту і отримують фактичне положення судна через перші 12 годин, **тобто знімають координати - широту і довготу в градусах і хвилинах**.
5. Ці координати будуть початковими для розрахунків на наступні 12 годин. **На карті гномонічної проекції в кожній точки позначають час і дату і всі розрахункові характеристики – швидкість і напрям вітру, висоту і курсовий кут хвиль, а також курс судна в градусах. Всі подальші розрахунки виконують аналогічно.**
6. Процедуру повторюють до тих пір, поки судно не досягне кінцевої точки маршруту.
7. Всі розрахунки необхідно заносити в табл. 2.2. ( Координати судна заносяться в таблицю в останню чергу після того, як на лінії маршруту виставлено відстань).

Слід звернути увагу на те, що всі розрахункові елементи в табл.2.2 пов'язані між собою: висота хвиль і їх напрямок повинні

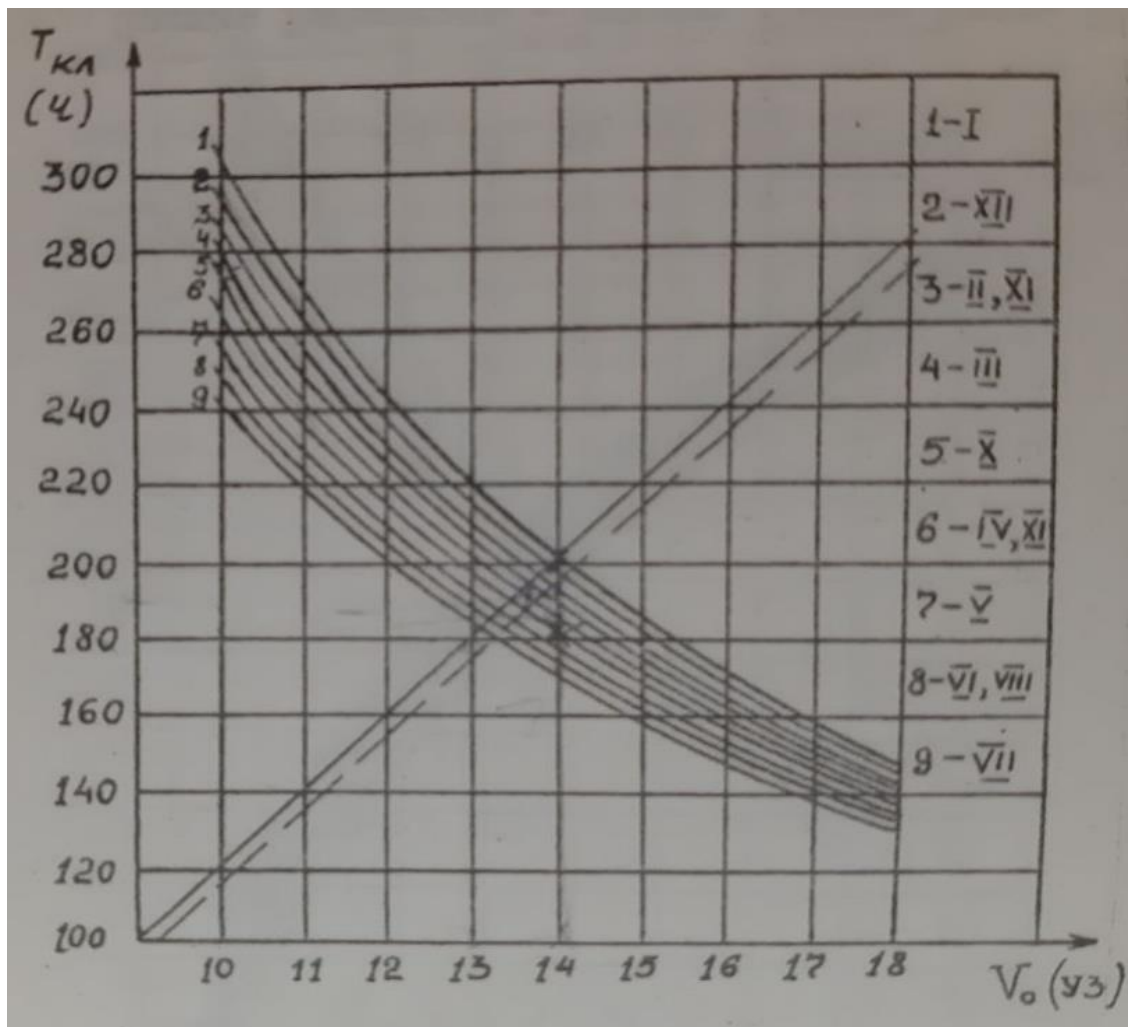
відповідати напрямку і швидкості вітру, швидкість судна відповідає висоті і напрямку хвиль, а відстань за проміжок часу 12 годин – швидкості судна.

Таблиця 2.2 - Характеристики руху судна за маршрутом: Протока Кабота – Скеля Бишоп за період 12.00.07.04.1987 - 12.00.19.04.1987р.р.

Дата і строк		Координати		Характеристики вітру		Характеристики хвиль		Швид. судна, вузли	Курс судна, Градуси	Відст. за 12 годин, градуси і мінути меридіан.
Дата	Строк	Широта	Довгота	Напря м, румб	Швидкість м·с <sup>-1</sup>	Курсо вий Кут, граду си	Висота, м			
07.04.1987	12:00	пр.Кабота 47°20'п.ш.59°40'з.д		-	-	-	-	-	-	-
08.04.1987	00:00	47°	56°3'	Пд.Сх	12	45	2,5	13,4	130	2°41'
08.04.1987	12:00	45°3'	52°4'	Пд.Сх	7	45	1,7	13,8	120	2°46'
09.04.1987	00:00									
09.04.1987	12:00									
....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....	.....
19.04.1987	12:00	Бішоп 49°52' п.ш.	6°27'з.д.							

## 2.4 Оцінка ефективності плавання судна рекомендованим маршрутом

Після закінчення всіх розрахунків визначають за якої час судно пройшло весь маршрут в годинах ( $T_{\phi}$ ). Для кліматичних маршрутів час руху судна технічною швидкістю (кліматичний час) в різні місяці року розраховано і опубліковано в [2,5] у вигляді допоміжних графіків. Для прикладу на рис 2.4 наведено графік для розрахунку кліматичного часу на маршруті ск. Бішоп – пр. Кабота і в протилежному напрямку.



**Рис. 2.4** -Графік для визначення часу переходу судна за кліматичним маршрутом пр. Кабота – ск.Бішоп

Якщо судно прямує в західному напрямку, то необхідно увійти на вісь  $X$  зі значенням технічної швидкості судна і провести вертикальну лінію до перетину з лініями, які відносяться до різних місяців року (показані римськими цифрами). З точки перетину провести горизонталь до вертикальній висі  $Y$ , де позначено кліматичний час (в годинах).

Якщо судно прямує в східному напрямку, то з знайденої таким же чином, як і в першому випадку, точки на кривій слід провести горизонтальну лінію до перетину з суцільною допоміжною, а потім піднятися, або опуститися по вертикалі до перетину з пунктирною лінією і провести горизонталь до осі ординат  $Y$ , на якій зняти кліматичний час переходу.

Виграш у часі визначається як різниця між фактичним і кліматичним часом:

$$\Delta T = T_{\text{ф}} - T_{\text{кл}} \quad (2.1)$$

де  $T_{\text{ф}}$ - фактичний час переходу судна по рекомендованому шляху, в годинах,  $T_{\text{кл}}$  – кліматичний час.

Економічна ефективність використання рекомендацій розраховується за формулою. :

$$\Xi = \Delta T * C, \quad (2.2)$$

де  $C$  – собівартість експлуатації судна в грошових одиницях.

Оскільки обов'язковим критерієм при виборі найвигіднішого шляху судна служить безпека плавання, при розрахунку економічної ефективності застосування рекомендацій необхідна також оцінка важкості переходу і зрівняння на її основі умов плавання на різних шляхах. В якості кількісної міри безпеки плавання суден рекомендованими шляхами використовується показник важкості (безпеки) плавання, запропонований В.С. Красюком [2,5]:

$$K_{\text{ф}} = h_{\text{м}}/h_{\text{обм}} \cdot [(1+\tau_1)(1+2 \tau_2)] \quad (2.3)$$

де  $h_{\text{м}}$  - максимальна висота хвилі за час проходу,  $h_{\text{обм}}$  - максимальна допустима висота хвилі,  $\tau_1$  та  $\tau_2$  - відношення числа випадків відповідно небезпечних ( $h_{\text{обм}}$ ) і особливо небезпечних (8 м) для судна висот хвиль до числа всіх спостережень в стандартні терміни на даному переході судна через океан. Значення  $h_{\text{обм}}$  для різного типу суден є різними, наприклад для танкеру обмеження по висоті хвиль становить 4 м.

Чим більше значення  $K$ , тим більш важкі і небезпечні умови плавання. При інтерпретації  $K$  рекомендується застосовувати наступні правила:

якщо  $K_{\text{ф}} \leq 1$ , умови безпечні для судна;

якщо  $K_{\text{ф}} \leq 2$ , умови допустимі для плавання судна;

якщо  $K_{\text{ф}} > 2$ , умови небезпечні .

Для всіх кліматичних маршрутів плавання суден в різні місяці року були розраховані кліматичні показники важкості плавання ( $K_{\text{кл}}$ ) і опубліковані у вигляді допоміжних графіків в [2.5]. На рис. 2.5. показано графік для визначення кліматичного показника важкості на маршруті ск. Бішоп – пр. Кабота.

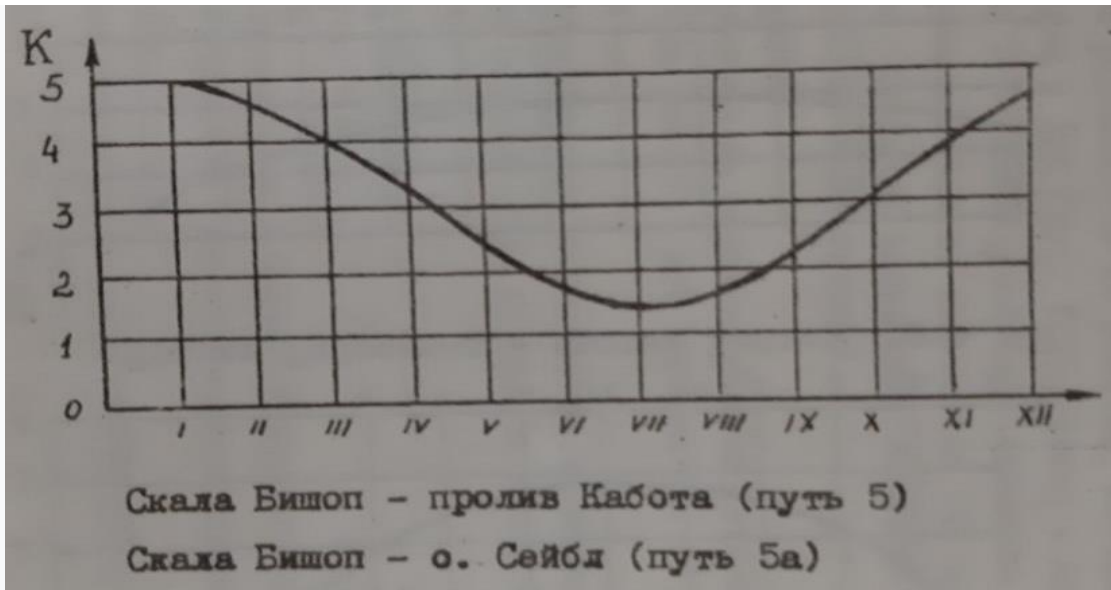


Рис. 2.5- Графік для розрахунку кліматичного коефіцієнту безпеки ( $K_{кл}$ ) плавання судня за маршрутом ск.Бішоп – пр. Кабота

Якщо порівняти показник важкості плавання судна на рекомендованому маршруті з його кліматичним значенням, можна отримати відносну ефективність з точки зору безпеки плавання ( $K_v$ ):

$$K_v = K_f / K_{кл} \quad (2.4)$$

Чим менше  $K_v$ , тим вище ефективність рекомендації.

## 2.5. Рекомендації до оформлення звіту

Звіт з практики складається з передмови, двох розділів (теоретичного і практичного), висновків і переліку посилань:

В передмові обов'язково необхідно вказати мету практики - знайомство з інформаційним забезпеченням морських гідрологічних прогнозів, з термінологією складання прогнозів за маршрутом плавання судна і їх оцінкою, скласти аналітичний опис гідрометеорологічних та гідрографічних умов району досліджень, а також вирішення задачі проведення судна рекомендованим (кліматичним) маршрутом плавання з урахуванням фактичних даних про погоду.

Перший розділ (теоретична частина) рекомендується дати такого змісту:

1. Рекомендовані маршрути плавання суден в океані,
2. Термінологія складання прогнозів за маршрутом плавання суден,
3. Оцінка виправданості прогнозів за маршрутом плавання суден,
4. Гідрографічний опис гідрометеорологічних та гідрографічних умов району плавання судна.

В другому розділі (практична частина) необхідно вказати завдання: тип судна і його технічні характеристики (водотоннажність, технічну швидкість, обмеження по висоті хвиль, собівартість), маршрут судна і час виходу.

Всі розрахунки представити таблицею і картою гномонічної проекції з нанесеними розрахунковими елементами. В разі економії часу руху судна дати оцінки економічної ефективності провідки і оцінки безпеки плавання судна.

В висновках вказати, які гідрометеорологічні умови переважали на маршруті плавання судна (значення швидкості вітру і висот хвиль, з якою швидкістю рухалось судно продовж всього періоду в порівнянні з технічною, якщо були випадки штормових хвиль) і наскільки ці умови відрізнялися від кліматичних.

Перелік посилань наводять у кінці тексту звіту з нової сторінки в тому порядку, в якому вони вперше згадуються в тексті з оформленням літературних джерел відповідно державного стандарту.

Оформлення звіту повинно відповідати встановленим вимогам [11,12]

## Література

1. Океанские пути мира. Л., Управление гидрографической службы ВМФ, 1962, 295 с.
2. Методические указания по оценке оправдываемости и эффективности рекомендаций по выбору наивыгоднейших и безопасных путей плавания судов в океанах. Москва: Гидрометцентр СССР, 1977. 41 с.
3. Абузьяров З.К., Думанская И.О., Нестеров Е.С. Оперативное океанографическое обслуживание. Москва, Обнинск: ИГ-СОЦИН, 2009, 275 с.
4. Гаврилюк Р.В. Морські гідрологічні прогнози: конспект лекцій. Одеса, 2017. 159 с.
5. Оценка экономической эффективности плавания судов по рекомендациям Гидрометслужбы СССР. Методические указания по курсу „Морские гидрологические прогнозы”. / Составитель Варецкая Н.Ф. Одесса: ОГМИ, 1986, 30 с.

6. Наставление по службе прогнозов. Р.3, ч. 3. Служба морских гидрологических прогнозов. Ленинград: Гидрометеиздат, 1982. 120 с.
7. Руководство по морским гидрологическим прогнозам. Санкт-Петербург: Гидрометеиздат, 1994. 240 с.
8. Керівництво з морського гідрометеорологічного забезпечення. Видання офіційне. Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів. Одеса, 2020, 66 с.
9. Настанова з морського гідрометеорологічного прогнозування. Видання офіційне. Гідрометеорологічний центр Чорного та Азовського морів. Одеса, 2019, 43 с.
10. [www.wetterzentrale.de/reanalysis.php](http://www.wetterzentrale.de/reanalysis.php)
11. Електронна бібліотека ОДЕКУ [www.library-odeku.16mb.com](http://www.library-odeku.16mb.com)
12. Методичні вказівки з організації самостійної роботи студента при вивченні навчальної дисципліни «Гідрологічні та морські прогнози», для студентів IV-го курсу навчання спеціальності 103 «Науки про землю» спеціалізації «Науки про гідросферу». Укладачі: Шакірманова Ж.Р., Гаврилюк Р.В. Одеса: ОДЕКУ, 2017. 56 с.

## **МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**

до навчальної практики «Науки про гідросферу»  
(частина 2. Морські гідрологічні прогнози і гідрографія )

для студентів денної та заочної форм навчання  
спеціальності 103 « Науки про гідросферу »  
ОП Гідрометеорологія  
рівень вищої освіти бакалавр

### ***Укладач:***

Гаврилюк Р.В., канд. геогр. наук, доцент

Підп. до друку

Формат

Папір

Умовн. друк. арк.

Тираж

Зам. №

Надруковано з готового оригінал-макета

---

Одеський державний екологічний університет