

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ, МОЛОДІ ТА СПОРТУ
УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Методичні вказівки
до практичних робіт з дисципліни „Динаміка прибережної зони”
Напрямок підготовки - гідрометеорологія
Спеціальність – "Гідрографія"

Зміст

1. Обчислення режимних функцій вітру	3
2. Розрахунок заносимости морських підхідних каналів на основі вітроенергетичних методів обчислення руху наносів...7	
3. Розрахунок штормових течій у прибережній зоні	11
4. Визначення коливань рівня води внаслідок вітрового згону та нагону.....	14
Додаток 1	34

Практична робота 1. **Обчислення режимних функцій вітру**

Звернути увагу на такі питання: 1.Визначення кількості та меж градацій.

2.Обчислення повторюваності та забезпеченості. 3.Графічне представлення повторюваності та забезпеченості. 4.Апроксимація кривої забезпеченості на ділянці з малими значеннями. 5.Обчислення повторюваності екстремальних швидкостей вітру.

Перелік питань для самоконтролю: 1.Загальні принципи визначення кількості градацій та їх меж. 2.Методи апроксимації кривої забезпеченості у діапазоні з малими її значеннями. 3.Визначення повторюваності заданих екстремальних швидкостей вітру.

Загальні пояснення

Кожне гідрометеорологічне явище (вітер, хвилювання, рівень, течії) необхідно, при роботах у морі, описати деякими величинами, які можливо урахувати при проектуванні та експлуатації гідротехнічних споруд.

Такими показниками є середні та екстремальні значення, повторюваність і забезпеченість числових параметрів, які дозволяють оцінювати частоту появи того чи іншого параметру у часі: 1 раз у рік, або 1 раз у N років.

Найважливішими характеристиками, які використовуються при роботах у морі, є повторюваність вітру і хвиль по градаціям швидкості вітру та висотам хвиль, а також по напрямкам (румбам); забезпеченість швидкостей вітру і висот хвиль. Забезпеченість означених швидкостей вітру і висот хвиль по конкретним румбам, групування напрямків може виконуватися по 8 румбам, але частіше потрібні більш докладні характеристики, і тоді групування напрямків виконується по 16 румбам.

Розрахунок режимних характеристик необхідних для визначення екстремальних параметрів хвилювання і вітру, які можуть повторюватися 1 раз в 10, 25, 50 і 100 років, а також забезпеченість різних значень параметрів впродовж року, виконується таким чином:

1.Спостереження за увесь період групуються по румбам і градаціям швидкостей вітру або висот хвиль, та записуються у таблицю 1.

Таблиця 1. Групування спостережень по градаціям і румбам.

W м/с, градації.	Кількість випадків по румбам								Σ
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	
0-3									
4-6									
Σ									

При обчисленні повторюваності різних градацій важливо вірно обрати межі градацій, і відповідно, їх кількість. Для цього часто використовується емпіричне правило, яке виглядає так : $N = 5 \lg n$;

де N – кількість градацій;

n – число спостережень.

2. По числу випадків кожної градації у кожному румбовому секторі розраховується повторюваність P від загальної кількості вимірювань, Таблиця 2.

Таблиця 2. Розрахунок повторюваності та забезпеченості.

W м/с, градації	Кількість випадків по румбам								Σ P,%	Забезп. f,%
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW		
0-3										
4-6										
Σ P,%										

Підсумовування виконується знизу вверх, забезпеченість найменших вітрів – 100%. У відповідності з таблицею 2, забезпеченість розраховується по градаціям, незалежно від напрямку.

3. Окрім характеристик, які розраховуються у відповідності з таблицею 2, ті ж характеристики повинні бути розраховані окремо по кожному румбовому сектору, але при умові, що за 100% випадків приймається кількість випадків даного румба. Розрахунок повторюваності по відношенню

до числа випадків у даному румбовому секторі P можливо виконати на основі Таблиці 2, за допомогою співвідношення :

$$P = p / \sum p \cdot 100,$$

де: P – повторюваність в межах даної градації у даному напрямку; p – повторюваність цієї ж градації у загальній сумі по всім напрямкам;

$\sum p$ – повторюваність усіх випадків даного напрямку.

4. Після розрахунку P та $\sum p$ можливо обчислити забезпеченість різних градацій в межах даного румбу – F ; 5. Після обчислення f та F , потрібно побудувати графіки забезпеченості швидкостей вітру. У більшості випадків графіки уявляють з себе експоненту виду:

$$F = e^{-\alpha w}$$

Примітка : при побудові графіків точки наносяться у відповідності з меншим значенням градації (нижня межа), так як забезпеченістю у даному випадку буде імовірність того, що швидкість не нижче, чим та, котра відповідає нижній межі градації.

Так як функції F та f прийдеться екстраполювати, то краще користуватися не графіками цих функцій, а їх аналітичними виразами. Для цього потрібно знайти показник ступеня α (засобом підбору або логарифмуванням обох частин рівняння). При апроксимації кривих F та f , треба мати на увазі, що для екстраполяції використовується частина кривої, яка відповідає малим забезпеченостям, тому що, якраз цей відрізок кривої повинен відтворюватися з максимальною точністю.

6. Від забезпеченості можливий перехід до числа років, на протязі яких спостерігається особливо велика швидкість вітру, або скільки разів на рік.

Якщо : n – кількість років з спостереженнями m – кількість спостережень на добу, тоді кількість випадків на кожному румбі дорівнює

$$\frac{n \cdot m \cdot 365 \cdot \sum p}{100}$$

Забезпеченість F даної градації отримується шляхом підсумку повторюваностей даної градації, та більш високих, у даному напрямку.

Кількість випадків, відповідне їй, буде

$$\frac{n \cdot m \cdot 365 \cdot \sum p}{100 \cdot 100}$$

Кількість випадків за рік, із забезпеченістю F , дорівнює k :

$$k = \frac{m \cdot 365 \cdot \sum p \cdot F}{100 \cdot 100}$$

Визначити за скільки років один раз буває особливо небезпечне явище з малою забезпеченістю, обчислюється шляхом ділення $1/k$.

Завдання

1. Використовуючи дані спостережень (Додаток 1), обчислити повторюваність та забезпеченість різних градацій швидкостей вітру незалежно від напрямку (задля забезпеченості). Побудувати графіки повторюваності та забезпеченості швидкостей вітру, знайти для f апроксимуючий вираз, (показник α).

2. Обчислити забезпеченість різних градацій для того румбового сектору, який відповідає найбільш значній швидкості вітру, знайти апроксимуючий вираз, побудувати графік.

3. Визначити частоту появи вітру зі швидкістю 28 м/с, 30 м/с, 35 м/с.

4. Проаналізувати графіки повторюваності та забезпеченості швидкостей вітру.

Примітка:

Спостереження, які приведені у таблицях для виконання завдання, виконувались 4 рази на добу, протягом 5 років, (Додаток 1).

Практична робота 2. **Розрахунок заносимости морських підхідних каналів на основі вітроенергетичних методів обчислення руху наносів**

Звернути увагу на такі питання: 1.Обчислення умовної румбової енергії вітру. 2.Обчислення сумарної умовної енергії вітру. 3.Визначення довжини розгону вітру. 4.Визначення наносорушійної сили вітру. 5.Обчислення середньої товщини шару наносів у каналі.

Перелік питань для самоконтролю: 1. Фактори, які визначають румбову енергію. 2.Формула Шишова Н.Д. для оцінки румбової енергії. 3. Поняття про граничну довжину розгону вітру. 4. У яких задачах застосовується векторна сума румбових енергій, а у яких скалярна? 5.Які параметри визначають товщину шару наносів у каналі? 6.Від чого залежить наносорушійна сила вітру? 7.У яких випадках застосовується вітроенергетичний метод обчислення руху наносів?

Загальні пояснення

У тих випадках, коли нема можливості одержати режимні характеристики переміщення наносів шляхом прямих вимірювань напрямку переміщення, концентрації зважених наносів та товщини рухомого прошарку донних наносів, використовують різного роду емпіричні залежності. Такі залежності були одержані різними авторами на основі прямих вимірювань переміщення наносів та заносимости каналів, і характеристик вітру, або хвиль. Ці характеристики повинні урахувувати вплив вітру (хвиль) за достатньо довгі проміжки часу.

На практиці, задля оцінки потоків наносів, широко використовують наближені методи, які дозволяють визначити напрямок потоку в залежності від фізико – географічних умов. Розроблено дві методики, в одній з яких характеристики потоку наносів пов'язують з режимом вітрів, в іншій – з режимом хвилювання.

Головним чинником, який обумовлює концентрацію наносів та товщину прошарку, утягнутого у рух, є хвилювання. Однак параметри хвиль визначаються не завжди і не всюди, тому часто доводиться користуватися тільки спостереженнями за швидкістю та напрямком вітру, який спричиняє

розвиток хвиль.

Сутність вітроенергетичних методів полягає у тому, що виконується підсумовування енергії вітру, що передається водному середовищу, і розподіленого по румбам. Складова повного потоку, енергія по кожному румбу обчислюється по формулі:

$$e = pW^n D^m$$

де: p - повторюваність вітру у межах даного румбу у частках одиниці, або в %; W – середня по румбу швидкість вітру в м/с; D – довжина розгону вітру над поверхнею води, у кілометрах; m та n – показники ступеня, які визначені емпірично.

Геометричне (векторне) підсумування складових, підрахованих за визначений період (рік, півроку) дає сумарну енергію вітру, яка передається поверхні води за відповідний період:

$$\bar{E} = \Sigma e = \Sigma pW^n D^m$$

(Енергія у даному випадку поняття умовне, хоча величина \bar{E} повинна бути пропорційною енергії вітру, що передається водному середовищу. Виражається \bar{E} в умовних одиницях).

У системі СоюзморНДДпроекту часто використовують формулу Шишова для визначення румбової енергії:

$$e_p = \Sigma p_i W_i^2 \sqrt[3]{D} k / 1000$$

У цій формулі p_i – повторюваність вітру даного румбу і даної градації; W – швидкість вітру даної градації (середня у градації – або спостережена, якщо градації зроблені через кожний ms^{-1}).

Спочатку знаходиться W_i^2 , потім добуток $p_i W_i^2$. Сума додатків по кожному румбу $\Sigma p_i W_i^2$ множиться на $\sqrt[3]{D} k$, де k – ступінь відкритості румбу; k змінюється від 0 до 1, причому, значення 1 відповідає повністю відкритому румбу. Ділення e_p на 1000 виконується для зручності використання отриманих результатів.

У зв'язку з тим, що довжина розгону D впливає на параметри хвиль тільки до визначеного критичного розгону, після чого зростання хвиль припиняється, то Шишов запропонував вводити у розрахункові формули величину $D_{\text{граничне}} = 0.8W_i^2$, а на мілізні – $D_{\text{граничне}} = 0.8W_i^2 \times 0.18\sqrt{H}$, де H глибина моря. У тих випадках, коли фактичний розгін перевищує граничний, тоді у розрахунок уводиться $D_{\text{граничне}}$, якщо ж фактичний розгін менший граничного, тоді у формулу підставляється фактичний розгін.

Сумарна енергія при розрахунку наносорухійної сили визначається як геометрична сума румбових енергій: $\bar{E} = \Sigma e_p$, а при розрахунках заносимости каналів – арифметична сума (без урахування напрямку), так як канал поглинає наноси з усіх напрямків: $E = \Sigma e_p$.

Заносимость каналу визначається за формулою:

$$\Delta h = \alpha \left(1 - \frac{H_m}{H_0}\right),$$

де: Δh – середній для усього каналу шар наносів, в см;

H_m – середня глибина моря на трасі каналу в м;

H_0 - проектна глибина каналу в м,

$$\alpha = 10E^2$$

Завдання

1. Обчислити річний шар наносів у каналі, використовуючи формули Шишова і задані таблиці з даними спостережень за вітром, Додаток 1. Середня глибина моря за напрямком розгону вітру (H), середня глибина моря по трасі каналу (H_m), і проектна глибина каналу (H_0) задані у таблицях для кожного варіанту задачі, Додаток 1.

2. Проаналізувати отримані результати і порівняти їх з даними натурних спостережень.

Етапи роботи

1. На підставі таблиці спостережень, в якій дано число випадків вітру по кожному румбу і кожній градації, обчислити повторюваність кожної градації від загального числа випадків – Р.

2. Скласти таку ж таблицю для $p_i W_i$, де W_i – середня швидкість вітру у даній градації.

3. Визначити граничну довжину розгону по заданій глибині Н, обчислити $\sqrt[3]{D}$ для кожного румбу (і градації, якщо море мілке і гранична довжина розгону залежить від швидкості вітру).

4. Визначити для кожного румбу

$$e_p = \sum p_i W_i \sqrt[3]{D} k$$

5. Визначити $E = \sum |e_p|$, $\alpha = 10 E^2$, $\Delta h = \alpha (1 - \frac{H_m}{H_0})$.

Практична робота 3. **Розрахунок штормових течій у прибережній зоні**

Звернути увагу на такі питання: 1.Формування прибережної циркуляції під час шторму. 2.Залежність швидкості вздовж берегової течії від характеристик вітру та гідрографічних умов. 3.Поняття про штормові протитечії. 4.Відносний внесок компонентів штормових течій у переміщення наносів.

Перелік питань для самоконтролю: 1.Масштаби швидкості штормових течій. 2.Вплив штормових течій на гідрографічні умови на шельфі та у прибережній зоні. 3.Від яких факторів залежить напрямок розповсюдження штормових течій? 4. Напрямок розповсюдження штормових протитечій. 5.Якими факторами визначається швидкість вздовж берегової течії?

Загальні пояснення

Штормові течії, які виникають поблизу берега при руйнуванні та накаті хвиль, та припливні, являють із себе найважливіші гідрологічні елементи прибережної зони моря. Від потужності штормових та припливних течій дуже залежить рух наносів, заносимість каналів та переформування відмілини у цілому.

Коли хвилі підходять до берега під косим кутом, завжди помітне не дуже швидке вздовж берегове зміщення усієї маси води та предметів, які плавають на поверхні. Цей рух направлений у напрямку накату хвиль.

На деяких узбережжях буває чітко визначений головний напрямок вітрів та хвилювання. В бік цього напрямку і будуть зміщуватися продукти розмиву. Оскільки напрямок хвилювання залежить від напрямку лінії берега та від рельєфу дна моря, то на деяких ділянках узбережжя буде переважати розмив, а на інших – намив. Якщо вздовж берегові течії можуть змінювати свій напрямок, то штормові протитечії завжди спрямовані в бік моря. Можна припустити, що і продукти розмиву, які можуть переноситися протитечіями, завжди повинні зміщуватися в більш глибокі місця. Однак дія донних компонентів швидкостей хвильового руху, які спрямовані до берега, на канал, звичайно бувають більші дії сумарної швидкості протитечії і згаданих компонентів, спрямованих в бік моря. Тому цілком можливий і результируючий

перенос в бік берега.

Напрямок і потужність штормових течій залежить від характеру рефракції хвиль, від обрисів берегової лінії і від ступеню хвилювання.

Розрахункова частина

1. Швидкість вздовж берегової течії визначається за формулою:

$$V_6 = \frac{1}{2\tau k_T' l} [H_k^2 \cos \alpha + \sqrt{(H_k^2 \cos \alpha)^2 + 2H_k^2 k_T' \lambda l \sin 2\alpha}]; \text{ мс}^{-1}$$

де: τ - період хвилі; k_T' - коефіцієнт турбулентного тертя; l - відстань від берега, де руйнуються хвилі; λ - довжина хвилі; α - кут підходу хвиль до берега.

2. Швидкість штормових протитечій визначається за формулою:

$$V_{\text{пр}} = \frac{1}{2\tau k_T' l} [H_k^2 \cos \alpha + \sqrt{(H_k^2 \cos \alpha)^2 + 2H_k^2 k_T' \lambda l \sin 2\alpha}]; \text{ мс}^{-1}$$

Значення параметру k_T' :

крупний камінь та валуни – 0.45-0.30;

гравій, пісок при наявності жмурів – 0.30-0.25;

мілко зернисті ґрунти – 0.25-0.20

Завдання

1. Обчислити середнє значення швидкості вздовж берегової штормової течії і протитечії для кутів: 0^0 , 45^0 , 90^0 , та для різних значень коефіцієнту турбулентного тертя.

2. Проаналізувати отримані результати з точки зору впливу початкових умов на величини швидкості течій.

3. Оцінити відносний вплив вихідних параметрів на величину швидкості течії.

Вихідні дані
(за варіантами)

Варіант	τ	H_k	λ	l	k_T
1	6.7	4.0	40	80	0.45
2	6.5	3.5	35	70	0.45
3	6.2	3.0	30	60	0.45

Практична робота 4. **Визначення коливань рівня води внаслідок вітрового згону та нагону**

Звернути увагу на такі питання: 1. Коливання рівня вітрового походження з урахуванням вітрових течій. 2. Оцінка величини ухилу водної поверхні за рахунок вітру. 3. Формування підйому або зниження рівня моря в залежності від напрямку вітру відносно берега.

Перелік питань для самоконтролю: 1. При яких атмосферних процесах над морем спостерігаються інтенсивні коливання рівня? 2. Як впливе глибина моря у шельфовій зоні на формування згону-нагону вітрового походження? 3. Які фактори, крім вітру, визначають ухил поверхні води? 4. Від чого залежить величина нагону на мілкому шельфі?

Загальні пояснення

Положення рівня моря поблизу берегів у значній мірі залежить від напрямку та швидкості вітру. При дії вітру у бік берега водні маси, які жене вітер, переміщуються до берегової зони і викликають підйом рівня. Згін мас води та зниження рівня спостерігається при вітрах зворотного напрямку. Для глибоких прибережних зон моря нагонним напрямком вітру є вздовж берегове, при цьому у північній півкулі берег повинен zostаватися відносно напрямку вітру праворуч. Протилежний вздовж береговий напрямок вітру буде спричиняти згін та зниження рівня.

При періодичній мінливості атмосферної циркуляції, яка спостерігається, наприклад, у зоні мусонного режиму вітрів, виникають коливання вітру з таким же періодом. Незважаючи на велику тривалість мусонних вітрів і значну, іноді, швидкість бризових вітрів, вони, звичайно, не спричиняють значних нагонів або згонів.

Спостереження виявили, що значні зміни рівня відбуваються при проходженні циклонів. Якщо циклон швидко переміщується паралельно берега, то у тому чи іншому його місці буде спостерігатися зміна напрямку вітрів. Така зміна вітрів посилює коливання рівня, наприклад, у Таганрозькій затоці Азовського моря, різниця між найбільшим та найменшим рівнем досягає 670 см.

Коливання рівня вітрового походження неможливо дослідити без

одночасного дослідження вітрових течій. У найпростішому випадку, коли турбулентний потік води переміщується під впливом сили тяжіння та вітру рівномірно і прямолінійно, його рух описується рівнянням:

$$\gamma i + \frac{d}{dz} [(A_1 + A_2) \frac{dv}{dz}] = 0,$$

де: γ - об'ємна вага рідини; i – ухил водної поверхні потоку; v – середня (у часі) швидкість течії; A_1, A_2 – коефіцієнти турбулентного обміну, які характеризують відповідно вплив вітру і дна (ці коефіцієнти є функціями координати z , спрямованої від поверхні вертикально вниз, розмірність – $\text{г} \cdot \text{сек} \cdot \text{м}^2$).

Вирішення цього рівняння дозволяє визначити ухил водної поверхні i :

$$i = \frac{3T_1}{2H} .$$

Згідно з А.В. Караушевим:

$$T_1 = \frac{(0.0003 + 0.001h)v_v^2}{773g} , \text{ м}$$

27

де: v_v - швидкість вітру в мс^{-1} ; h – висота хвиль в м; H – глибина моря в метрах.

Підйом рівня води або зниження (залежить від напрямку вітру відносно берега), приблизно можна обчислити за співвідношенням:

$$\Delta h = ix ,$$

де x – довжина ділянки вітрового переносу маси води, спрямованого за нормаллю до берега.

Якщо вітер дме під кутом до лінії берега, величина нагону буде менше. При вздовж береговому вітрі у мілкому морі нагону зовсім не буде – уся маса води без перешкод буде рухатися у напрямку дії вітру.

Завдання

1. Визначити величини граничного нагону або згону мас води в залежності від фізико-географічних та гідрометеорологічних умов у районі дослідження.

2. Проаналізувати отримані результати й оцінити достовірність величин згону та нагону у порівнянні з даними натурних спостережень у мілководних районах моря (наприклад Чорного).

(Припустиме відхилення вітру від нормалі до берега не більш 45°).

Вихідні дані

(за варіантами)

Вар.	Вітер з моря				Вітер з берега			
	V_B	x	h	H	V_B	x	h	H
1	20	50	4.0	10	25	30	2.5	10
2	25	60	4.5	11	22	25	2.3	10
3	30	70	4.8	13	28	30	2.7	10

Варіант 1

W	Кількість випадків по румбам								
м/с	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW	
0-3	1388	585	130	88	57	145	321	307	
4-6	1094	730	162	80	73	169	292	277	
7-9	468	181	66	44	16	44	73	110	
10-12	109	73	7	7	-	7	15	29	
13-15	35	15	-	-	-	-	6	7	
16-18	21	15	-	-	-	-	-	-	
19-21	15	7	-	-	-	-	-	-	
22-24	8	-	-	-	-	-	-	-	
25-26	1	-	-	-	-	-	-	-	
H _м	10					8	15	100	100
K	0.5	0	0	0	0.5	1	1	1	
D _{факт.}	50					50	100	500	500
H _м = 7м; H ₀ = 10м.									

Варіант 2

W	Кількість випадків по румбам							
м/с	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0-3	1388	585	130	88	57	145	321	307
4-6	1094	730	162	80	73	169	292	277
7-9	468	181	66	44	16	44	73	110
10-12	109	73	7	7	-	7	15	29
13-15	35	15	-	-	-	-	6	7
16-18	21	15	-	-	-	-	-	-
19-21	15	7	-	-	-	-	-	-
22-24	8	-	-	-	-	-	-	-

25-26	1	-	-	-	-	-	-	-
H,м	100	100	20	10				15
K	1	1	1	0.5	0	0	0	0.5
D _{факт.}	500	500	100	40				50
H _м = 7м; H ₀ = 10м.								

Варіант 3

W м/с	Кількість випадків по румбам							
	N	NO	O	SO	S	SW	W	NW
0-3	57	88	130	585	1388	307	321	572
4-6	73	80	162	730	1094	277	292	73
7-9	16	44	66	182	468	110	73	16
10-12	-	7	7	73	109	29	15	-
13-15	-	-	-	15	35	7	6	-
16-18	-	-	-	15	21	-	-	-
19-21	-	-	-	7	15	-	-	-
22-24	-	-	-	-	8	-	-	-
25-26	-	-	-	-	1	-	-	-
H, м	100	200	300	300	100			50
K	1	1	1	1	0,5	0	0	0,5
D _{факт.}	50	300	500	700	100			50
H _м = 6м; H ₀ = 9м.								