

результаты исследований осесимметричных потоков и будет способствовать развитию теории замкнутых течений.

Перелік посилань

1. Беляев Н.М., Уваров Е.И. Пневмо-гидравлические системы космических аппаратов. Расчет и проектирование.- М.: Высшая школа, 1988.- 322 с.
2. Богомаз Г.И., Сирота С.А. Колебания жидкости в баках. Методы и результаты экспериментальных исследований.- Днепропетровск: НАН Украины, Ин-т техн. механики.- 2002.- 306 с.
3. Зельдович Я.Б., Мышкис А.Д. Элементы прикладной математики, - М.: Наука, 1967. - 646 с.
4. Ковалев В.А. Экспериментальный стенд для моделирования гидродинамического воздействия жидкости в ограниченных объемах //«Промислова гідроліка і пневматика», Всеукр. науч.-техн. журнал, Вінниця, 2005, вып.4 (10), стр.68-71.
5. Ковалев В.А. Физическая модель нестационарного инерционного потока жидкости в сферическом сосуде // Вестник Нац. Техн. Ун-та Украины «КПИ», Машиностроение, вып.46, 2005, стр. 119-123.

УДК 628 162.94

А.В.МІШИН, док.техн.наук, **Е.А.ГОЛОВАШ**, **Ю.М.МАСЛАЧКОВ**,
канд.п.наук.

МИНУЛЕ І МАЙБТНЄ ОСТРОВА ТУЗЛА

Розглянута проблема захисту від руйнування морськими хвилями острова тузла, який є штучно відділеним від головної частини кавказької коси Тузла.

Рассмотрена проблема защиты от разрушения морскими волнами острова Тузла, который является искусственно отделенным от головной части кавказской косы Тузла.

The problem of protection from destruction by sea waves of the island of Tuzla, which is artificially separated from the head of the Caucasian Tuzla Spit.

В даний час проходять процеси інтенсивного розмиву острова Тузла, в результаті чого скорочується його площа. Природні процеси, які впливають на зміну обрисів морських берегів на теперішній час досліджені і описані [1], що дозволяє прогнозувати ці зміни, використовуючи дані натурних спостережень, які проводились протягом тривалого періоду, а також історичні відомості щодо конкретної ділянки берега.

Ділянка, що розглядається в статті, розташована на північному сході Чорного моря, для якого є геологічний літопис і карти змін берегової лінії з часів Сарматського моря і дотепер.

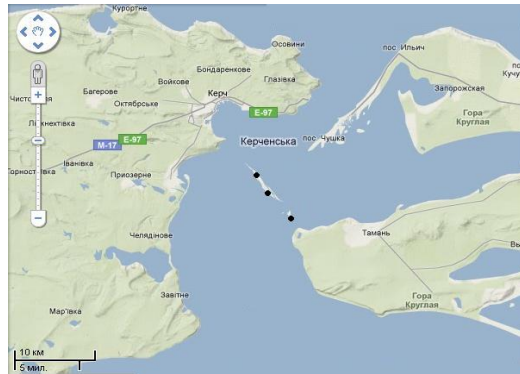


Рис. 1. Карта - схема Керченської протоки: 1- о. Тузла; 2 - підводна середня частина коси о.Тузла; 3 - відновлена середня частина коси о.Тузла

Ці карти наведені в [2] і наочно показують, як зменшувалась площа Сарматського моря, утворювався Кримський півострів, який поділив Сарматське море на дві частини – Чорне і Азовське моря і як відбувались подальші зміни обрисів цих морів.

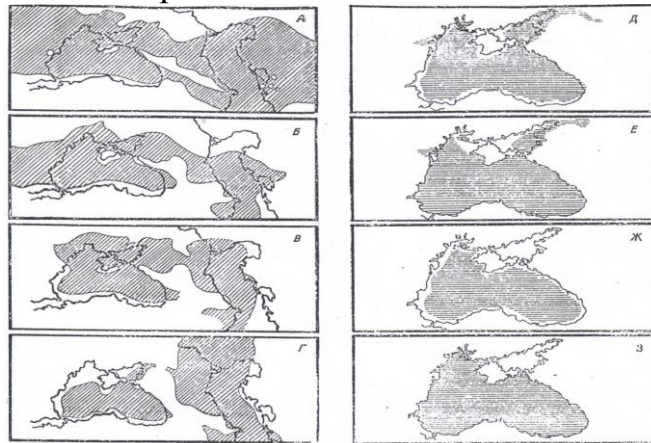


Рис. 2. Геологічний літопис і карти зміщення берегової лінії (на схемах заштрихована поверхня води): А – Сарматське море; Б – Меотичне море; В – Понтійське море; Г – Чаудинське море; Д – Давньоевропейський басейн; Е – Карангатське море; Ж- Новоросійське море; З – Чорне море.

Сучасний стан ділянки наведено на рис.1. Острів Тузла розташований на схід від більш глибокої судноплавної частини Керченської протоки і є головною частиною коси о.Тузла, що простягнулася на північний захід як продовження Таманського півострова. „Коса низкая, в форме сабли. Между юго-восточной оконечностью Тузлинской косы и материковым берегом в 1925 году во время шторма образовалась мелководная промоина, которая под влиянием штормов к концу 1970 года увеличилась до 4 км и продолжает увеличиваться.

Размыв косы Тузла, увеличивает перетоки воды между морями, повышая соленость вод Азовского моря, особенно у восточного российского берега моря. В сентябре 2003 г. российская сторона сделала попытку восстановить Тузлинскую косу, но из-за разногласий с Украиной эти работы были прекращены” [6].

Причиною утворення коси Тузла є абразійний процес, який відбувається на північно-східному узбережжі Чорного моря (з Таманським півостровом включно). Внаслідок чого продукти абразії, які приносяться панівними течіями, у східній частині Чорного моря утворюють вихор, що діє проти годинникової стрілки [3] до кінцевої частини Таманського півострова. Це призводить до їх активного осадження, акумуляції на кордоні змішування солоних морських і прісних вод Таманської затоки.

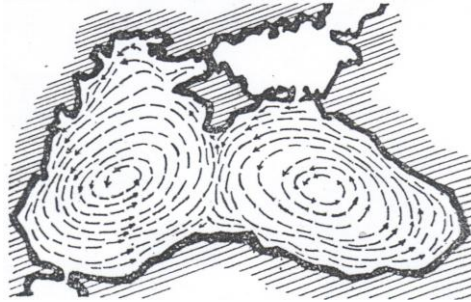


Рис. 3. Напрями течій (на схемі заштрихована поверхня суходолу)

Зазначені вище процеси відбуваються протягом тисячоліть, нарощувалась коса і формувалась пологий морський укіс, на якому навіть найбільші з хвиль, що накочувались на нього, повністю втрачали енергію. Накат хвилі останнього обрушення формує висоту гребеня коси та її профіль відносно динамічної рівноваги.

На ділянках коси, де такий профіль сформувався, береговий потік наносів без втрат рухався далі, нарощуючи довжелезну косу. Коса вже простягнулася в бік протоки на десятки кілометрів, захищаючи Таманську протоку від надходження солоних морських вод потоку. Однак люди (зокрема, рибалки) втрутилися у природний процес, прокопавши в середній частині коси протоку для шлюпок. З того часу хвилі стали розмивати гребінь коси, зробивши його підводним у середній частині і цей розмив розповсюдився в бік голови коси, перетворившись Тузлу на острів, довжина якого зменшувалась внаслідок розмиву та припинення надходження наносів. Крім того ці процеси активізували руйнування берегів біля м.Тамань. І нині територія піщаного острова Тузла, площею близько 10 га, швидко зменшується. Острів приречений на зникнення.

Запобігти негативному розвитку цих процесів можна тільки шляхом відновлення надводного гребеня коси (див. рис.1). Без завершення цього заходу загроза розмиву острова залишається, тому що його розмив продовжується, а наноси зі східного боку не надходять.

Зникненню острова можуть перешкодити берегозахисні укріплення, зведені з боку моря та Керченської протоки. Для цього можна застосувати різні варіанти пасивного захисту укосів (монолітні, збірні, накидні конструкції і їх поєднання) в межах усього їх профілю на глибинах, де можливі максимальні хвильові швидкості перевищують величини нерозмиваючих для часток ґрунту укосів (рис. 2-3).

Проведені нами дослідження дозволяють стверджувати, що, з одного боку, час проектування і будівництва будь-якого із варіантів захисних покриттів виявиться більшим, ніж час розмиву острова, а з іншого боку, вартість робіт буде в сотні разів більшою від вартості нарощування надводної частини коси (довжиною близько 200 м) до з'єднання її з островом.

У засобах масової інформації висловлювались пропозиції щодо прокладання судноплавного каналу в обхід острова. Це думка політика, а не інженера: по-перше, з урахуванням глибин біля острова довжина каналів складе десятки кілометрів, а об'єми, вартість і терміни виконання робіт (проектування, будівництво і обладнання) – будуть надто великими; по-друге, експлуатація каналу вимагатиме витрат на підтримання його глибини (він буде інтенсивно заноситись з боку моря) і на проведення суден (траса не пряма, можливі тумани, крига); по-третє, наявність такого каналу повністю перекриватиме рух наносів до острова, надасть можливість підходити до нього (по широкому морському прорізу шельфової частини каналу) більш великим хвилям, що прискорить процес розмиву острова. Неспроможність згаданої ідеї з технічного точки погляду очевидна.

На думку авторів статті, єдиний шлях вирішення проблеми – відновлення надводного гребеня коси, возз'єднання її з островом (головною частиною), що може бути здійснено з мінімальними витратами за один теплий сезон і вирішить всі екологічні та інженерно-захисні задачі. Методи захисту берегів наведені в [4-5]. Запобігти негативному розвитку цих процесів можна тільки шляхом відновлення підводного гребеня коси, що частково виконано в її кореневій та середніх частинах дна схилу (рис.4). Без виконання цього заходу загроза розмиву острова продовжується, а наноси зі східного боку не надходять. Для захисту о.Тузла фахівці Кримдипроводгоспу запропонували укладати морські плити на диодимінові сітки, що не дає належного ефекту. Останнім часом висловлюється також пропозиція щодо будівництва мосту через Тузлу. Однак це, на думку фахівців, не вирішить проблему острова і не захистить його від розмиву. Захист голови острова можна здійснити затопленням завантажених старих, непрацюючих суден та катерів, як це вже було зроблено біля міст Находка та Невельськ.

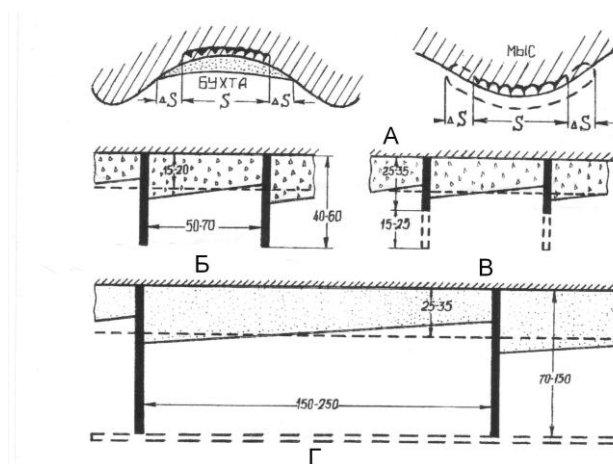


Рис. 4. Буни та схеми активного захисту берегів: А – характерні схеми активного захисту берегів; Б – буни повного профілю для утримання штучних (з гальки) пляжів; В – буни із затопленою головною частиною; Г – підводні хвилерізи з траверсами повного профілю, що застосовуються для утримання штучних (піщаних) пляжів

Наші методи розв'язування більш досконалі [7]. Нами довгий час проводились теоретичні розробки та експериментальні дослідження, по результатам яких визначено висоту нахату хвилі на ламаний укіс при m_1 від 2.5 до 20.30 та більше, та m_2 - ті ж самі значення, де m_1 та m_2 - котангенси кута укосу до горизонту; m_1 та m_2 - закладення нижньої та верхньої частин укосу до та після перелому.

Формула для визначення висоти нахату хвилі на прямолінійний укіс:

$$h_H = \frac{2kh^3\sqrt{\lambda_0}}{m}, \quad (1)$$

де h_H - висота нахату хвилі на укіс; h - висота хвилі; m - котангенс кута, $m = \text{ctg}\alpha$; λ_0 - відносна висота хвилі; $\lambda_0 = \frac{\lambda}{h}$, λ - довжина хвилі; k - коефіцієнт покриття укосу.

Висоту нахату на укіс можна визначити по нормам і по американським монограммам.

Відносна висота нахату по вітчизняній та американській літературі буде дорівнювати $h_H' = \frac{h_H}{h}$. Розглянемо чому дорівнює відносна висота нахату. Вона буде дорівнювати:

$$h_H' = \frac{h_H}{h} = \frac{k^3\sqrt{\lambda_0}}{m} \quad (2)$$

Співставимо накат хвилі на укоси m_1 та m_2 . В першому випадку буде

$$h_{H1}' = \frac{h_{H1}}{h} = \frac{k^3\sqrt{\lambda_0}}{m_1} \quad (3)$$

в другому

$$h_{H2}' = \frac{h_{H2}}{h} = \frac{k\sqrt{\lambda_0}}{m_2}, \quad (4)$$

а їх співвідношення буде

$$\frac{h_{H2}'}{h_{H1}'} = \frac{m_1}{m_2},$$

тобто, співвідношення відносних накатів зворотно пропорційно укосів. Таке співвідношення підтверджується і американськими монограмами [7].

Це співвідношення показує, наскільки закладання першого укосу більше закладання другого, настільки відносна величина накату другого укосу більше відносної величини накату першого укосу:

$$h_{H2}' = h_{H1}' \frac{m_1}{m_2}.$$

Розглянемо випадки: коли точка перелому знаходиться нижче зрізу води, на зрізі та вище зрізу. Коли частина укосу із закладанням m_2 знаходиться нижче зрізу на висоту хвилі, при цьому h' складного укосу буде дорівнювати:

$$h_{H1}' = h_{H2}' = h_{H1}' \frac{m_1}{m_2}.$$

Хвильові параметри беруться до останнього обвалення перерахунком елементів хвилі з вихідної до необхідної глибини. Ми бачимо, що співвідношення знаходиться у першому ступені. Коли лінія перелому знаходиться вище зрізу води, та верхня частина укосу знаходиться на висоті накату нижньої частини укосу і накат досягає лінії перелому і не переходить через нього, то $h_{скл}$ буде дорівнювати:

$$h_{скл}' = h_{H2}' = h_{H1}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^0 = h_{H1}'.$$

Значення відносної величини накату на складний укіс змінюється від

$$h_{H2}' = h_{H1}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^1, \text{ до } h_{H1}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^0.$$

У першому випадку, перелом знаходиться на глибині рівній висоті хвилі h та $h'_{н\text{скл}} = h'_{н2}$, а в другому випадку $h'_{н\text{скл}} = h_{н1}$, тобто ступень відношення $\left(\frac{m_1}{m_2}\right)$ коливаються від 0 до 1.

Розглянемо проміжний випадок, коли зріз води співпадає з лінію перелому. В цьому випадку позначимо ступень відношення $\frac{m_1}{m_2}$ через x . Тоді висота накат хвилі на складний укіс буде:

$$h_{H2}' = h_H' \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^x$$

Опишемо рух лінії перелому від зрізу води до висоти накату хвилі на нижній укіс, а саме. 1) $t'_1 = 0$; 2) $t'_2 = h_{н1}$ де $t' = \frac{t}{h}$, де t' - відносна різниця точки перелому та зрізу води, t - різниця між лінією перелому та зрізом води.

$$h_{нск}' = h_{H1}' \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{x \left(1 - \frac{t'_1}{t_{H1}'}\right)} \quad (5)$$

де t - різниця між лінією перелому та зрізом води.
При $t'_1 = h_{H1}'$

$$h_{нск}' = h_{H1}' \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{x \left(1 - \frac{t'_1}{t_{H1}'}\right)} = h_{H1}' \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{x(1-1)} = h_{H1}' \quad (6)$$

коли співпадають співпадають уріз води та лінія перетину, при цьому $t'_1 = 0$,

$$h_{скл}' = h_{H1}' \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{x \left(1 - \frac{0}{t_{H1}'}\right)} = h_{H1}' \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^x \quad (7)$$

Опишемо рух лінії перелому від зрізу води до висоти накату хвилі на нижній укіс.

$$h_{нскл}' = h_n' \left(\frac{m_1}{m_2}\right)^{x \left(1 + \frac{t'}{h'}\right)} \quad (8)$$

Коли зріз співпадає з перелому, $t' = 0$.

$$h_{\text{нскл}}' = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{x \left(1 + \frac{0}{h'} \right)} = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^x$$

А коли перелому на глибині, рівній висоті хвилі $t' = h'$,

$$h_{\text{нскл}}' = h_{2\text{н}}' = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{x \left(1 + \frac{t'}{h'} \right)} = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{x(1+1)} = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{2x}$$

Ми також знаємо, що в цьому випадку

$$h_{\text{нскл}}' = h_{2\text{н}}' = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{2x}$$

В той же час $h_{2\text{н}}'$, як ми бачили раніше,

$$h_{\text{нскл}}' = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^1 = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{2x} \quad (9)$$

З останньої формули випливає, що $1 = 2x$, або $x = 0.5$.

Нами знайдені три випадки розташування перелому укусу від зрізу води [8-10]. Коли зріз води співпадає з переломом, формула висоти нахату хвилі на укіс (рис. 1, а)

$$h_{\text{нскл}}' = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{0,5} \quad (10)$$

Коли перелом вище лінії зрізу води (рис. 1, б)

$$h_{\text{нскл}}' = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{0,5 \left(1 - \frac{t'}{h_H'} \right)} \quad (11)$$

Коли перелом нижче лінії зрізу води (рис. 1, в)

$$h_{\text{нскл}}' = h_{\text{н}}' \left(\frac{m_1}{m_2} \right)^{0,5 \left(1 + \frac{t'}{h'} \right)} \quad (12)$$

Даний розв'язок використовується при m_1, m_2 від 2.5 до 30 і більше. Та цей розв'язок можна використовувати, коли закладання укосу до перелому та після перелому $m_1 > m_2$ і поки $m_1 < m_2$. Це підтвердили наші дослідження в Інституті гідромеханіки НАН України. Подальші дослідження виявили, що бувають випадки, коли накат хвилі на складні споруди більше, ніж на прямолінійні існуючі формули, і норми ці випадки не враховують, наприклад, коли укіс закінчується вертикальною стінкою.

Знаючи, що співвідношення $\frac{h_{H2}'}{h_{H1}'} = \frac{m_1}{m_2}$ [9], можна сказати, що

$$h_{H2}' = h_{H1}' \frac{h_{H2}'}{h_{H1}'}. \text{ Замість співвідношення } \frac{m_1}{m_2} \text{ ставимо } \frac{h_{H2}'}{h_{H1}'}.$$

Тоді формули будуть:

$$h_{Hc}' = h_{H1}' \left(\frac{h_{H2}'}{h_{H1}'} \right)^{0,5} \quad (\text{рис. 1, а}), \quad (13)$$

$$h_{Hc}' = h_{H1}' \left(\frac{h_{H2}'}{h_{H1}'} \right)^{0,5 \left(1 - \frac{t'}{h_{H1}'} \right)}, \quad (\text{рис. 1, б}), \quad (14)$$

$$h_{Hc}' = h_{H1}' \left(\frac{h_{H2}'}{h_{H1}'} \right)^{0,5 \left(1 + \frac{t'}{h_{H1}'} \right)}, \quad (\text{рис. 1, в}). \quad (15)$$

Після визначення h_{Hc}' знаходимо $h_{Hc} = h_{Hc}' h$. Ці розв'язки дозволяють розширити можливість визначення накату до $m_2 \geq 2$ та будь-яких m_1 на будь-яку споруду, в тому числі і на вертикальну стінку.

Ці формули дозволяють також визначити накат хвиль при екстремальних випадках, наприклад при укосі, який закінчується вертикальною стінкою, розташований на зрізі води і нижче її, а також визначити, коли накат хвилі на складні споруди більше ніж на прямолінійний укіс.

Накат хвилі на круті укоси визначається за формулою

$$h_n = \frac{h_{HB}}{\sin \alpha}$$

де α – кут нахилу стінки до горизонту.

Якщо стінка вертикальна, матимемо:

$$h_{\text{нв}} = h + h_0, \quad (16)$$

де $h_0 = \frac{\pi h^2}{\lambda} \operatorname{cth}\left(\frac{2\pi H}{\lambda}\right)$ - підняття середньої лінії хвилі над зрізом води; H – глибина води перед стінкою.

Розглянемо приклад для укосу з вертикальною стінкою (рис. 1, д). Нехай $m_2=5$, $\lambda_0 = 10$, $h'_g = 1,4$, $h'_h = 0,7$. Тоді

$$h'_c = 1,4 \cdot \left(\frac{0,7}{1,4}\right)^{0,5} = 0,9 > 0,7$$

Інші приклади з похилою стінкою зведемо до таблиці.

Таблиця № 1 Приклади розрахунку нахату хвилі

M_1	m_2	λ_0	h'_{n_1}	h'_{n_2}	h'_{n_c}
2	3	10	1,8	1,2	1,47 > 1,2
3	6	10	1,2	0,55	0,81 > 0,55

Коли перетин укосів розташовується нижче глибини води більше ніж на $1,5h$, накат хвилі визначається за інтерполяцією між результатом за формулою та нормами.

Дані формули рекомендується приймати при закладенні укосу від $m_1=2,5\dots 30$ і більше та $m_2=2,5\dots 30$ і більше, незалежно від того, який укос більш крутіший.

Коли рівень зрізу води співпадає з першою лінією перетину:

$$h_{\text{нс1}} = h_{\text{н1}} \left(\frac{h_2}{h_1}\right)^{0,5} \quad (17)$$

Коли рівень зрізу води співпадає з лінією перетину и котангенси закладання частин укосу до і після лінії перетину $m < 2$, висота нахату хвилі по лінії укосу визначається за формулою:

$$h_H = [1 + 0,1(m_1 - m_2)] h_{\text{норм.}}, \quad (18)$$

де, m_1 - котангенс закладання кута укосу нижче лінії перетину;

m_2 - котангенс закладання кута укосу вище лінії перетину;

$h_{\text{норм.}}$ – висота нахату хвилі, яку беруть згідно норм при $m=2$.

У випадку, коли розташований нижче укос більше m_2 , ми приводимо визначення нахату хвилі на другий укос при $m=2$.

$$h_{H2(m=2)} = h_{H1} \left(\frac{h_{H2(\text{при } m=2)}}{h_{H1}} \right); \quad (19)$$

Після цього вважаємо, що котангенс закладання кута нижче розташованого укусу рамен 2, і визначаємо за формулою:

$$h_H = [1 + 0,1(m_1 - m_2)] h_{H(m=2)} \quad (20)$$

Коли лінія має кілька перетинів, висота накату хвилі у випадку, коли лінія перетину співпадає з лінією зрізу води у точці перетину 3-го укусу и I визначається за формулою:

$$h_{Hc} = h_{H1} \left(\frac{h_{H3}}{h_{H1}} \right)^{0,5} \quad (21)$$

В подальшому, при русі третього укусу по другому:

$$h_{Hc2} = h_{Hc1} \left(\frac{h_{H3}}{h_{Hc1}} \right)^{0,5} \left(1 - \frac{k}{h_{Hc1}} \right), \quad (22)$$

де k- різність рівнів першого і другого перетинів.
У випадку, коли 2-й укус вище рівня води

$$h_{Hc} = h_{H1} \left(\frac{h_{H2}}{h_{H1}} \right)^{0,5} \left(1 - \frac{t}{h_H} \right), \quad (23)$$

де t- різність зрізу води і лінії перетину.
При співпаданні зрізу води і 2 лінії перетину:

$$h_{Hc2} = h_{Hc1} \left(\frac{h_{H3}}{h_{Hc1}} \right)^{0,5}, \quad (24)$$

Коли зріз води вище лінії перетину:
При одному перетині:

$$h_{Hc1} = h_1 \cdot \left(\frac{h_{H2}}{h_{H1}} \right)^{0,5 \left(1 + \frac{t}{h_{\hat{a}}} \right)}, \quad (25)$$

де $h_{\hat{a}}$ - висота хвилі.

При двох перетинах:

$$h_{Hc2} = h_{H3} \left[\frac{h_{H1} \left(\frac{h_{H2}}{h_{H1}} \right)^{0,5 \left(1 + \frac{t}{h_{\hat{a}}} \right)}}{h_{H3}} \right]^{0,5 \left(1 + \frac{x}{h_{\hat{a}}} \right)}. \quad (26)$$

де t - відстань між точкою перетину і глибиною води, яка дорівнює висоті хвилі;

x - відстань від точки другого перетину до глибини води, яка дорівнює висоті хвилі.

При співпаданні перетину I і II:

$$h_{Hc2} = h_{H1} \left(\frac{h_{H3}}{h_{H1}} \right)^{0,5 \left(1 + \frac{t}{h_{\hat{a}}} \right)}. \quad (27)$$

У випадку, коли укос має нахил в бік моря під кутом $\alpha \geq 90^\circ$, висота накату хвилі визначається за формулою:

$$h_{\text{нак}} = h_{\text{вст}} (6,0 - 0,123\alpha + 0,001\alpha^2 - 0,00000277 \alpha^3), \quad (28)$$

$$h_{\text{вст}} = h_0 + h, \quad (29)$$

$$h_0 = (\pi h^2 / \lambda) \text{ctg}(2\pi H / \lambda), \quad (31)$$

де $h_{\text{вст}}$ - накат хвилі на вертикальну стінку, h - висота хвилі, H - глибина води, λ - довжина хвилі.

У випадку, коли споруда складається з вертикальної стінки, що знаходиться на рівні води і нижче та укосу на рівні води й вище, висота нахату може бути більша, ніж прямолінійний укос і визначається за формулою:

$$h_H = 1,91h(\lambda_0^{0,17} / m^{0,60}). \quad (32)$$

Отриманий результат порівнюється з результатом, отриманим за формулою

$$h_H = 2kh\sqrt[3]{\lambda_0} / m, \quad (33)$$

або за нормам і приймається найбільше значення.

Авторами запропоновано рішення визначення висоти нахату хвилі у залежності від шорсткості укосу по шарам. Раніше визначали шорсткість як середньозважену. Визначаємо критичну глибину хвилі. Потім беремо коефіцієнт шорсткості першого шару k_{T_1} і визначаємо висоту нахату хвилі при цій шорсткості $h_{НКТ_1}$. Потім віднімаємо висоту шару від висоти отриманого нахату, беремо коефіцієнт шорсткості другого шару k_{T_2} , вважаючи шар однорідним і перераховуємо, на яку висоту підніметься накат хвилі при такому шарі

$$h_H = (h_{НКТ_1} - T_1)k_{T_2} / k_{T_1}. \quad (34)$$

При двох шарах

$$h_H = (h_{НКТ_1} - T_1)k_{T_2} / k_{T_1} + T_1. \quad (35)$$

При трьох шарах

$$h_H = ((h_{НКТ_1} - T_1)(k_{T_2} / k_{T_1}) - T_2)(k_3 / k_2) + T_1 + T_2. \quad (36)$$

Для косоного підходу хвилі до прямолінійного укосу для максимальних значень нахату хвилі можна використовувати формулу Ковальчука С.В.

$$h_{H\alpha} = h_{НПР} (1 - 0,0265 \alpha), \quad (37)$$

де $h_{H\alpha}$ - накат хвилі при різних кутах підходу хвиль до берега, $h_{НПР}$ - накат хвилі при русі хвилі по нормалі до берега, α - кут між нормаллю та лінією руху хвилі.

Викладені результати вважаю доцільним ввести в Українській будівельні норми.

Висота нахату хвилі на зворотню стінку (рис. 1, г) визначається за формулою:

$$h_{\text{наката}} = h_{\text{вст.}} (6,0 - 0,123\alpha + 0,001\alpha^2 - 0,00000277\alpha^3) \quad (38)$$

Наші результати співпадають з результатами Хана, у його випадку лінія перетину співпадає зі зрізом води при $m_1=10$, $m_2=3$, $\lambda_0=12,5$ накат хвилі $h_H=0,706$ в нас $h_H=0,72$ при $m_1=20$, $m_2=3$ накат хвилі буде $0,554$ а у нас $0,56$.

Нами запропоновано рішення висоти нахату хвилі в залежності від шорсткості укусу (по шарам). Раніше визначали шорсткість як середньозважену.

Визначаємо критичну глибину хвилі, звідки і ведемо розрахунок. Потім беремо коефіцієнт шорсткості першого шару k_{T1} і визначаємо ($h_{\text{нкт}1}$), яка буде висота нахату хвилі при такій шорсткості. Потім віднімаємо висоту шару від висоти отриманого нахату і беремо коефіцієнт шорсткості другого шару k_{T2} , вважаючи що другий шар однорідний та перераховуємо, на яку висоту підніметься накат хвилі при такому шарі:

$$h_{\text{нк}2} = (h_{\text{нкт}1} - T_1) \frac{k_2}{k_1} \quad (39)$$

а всю споруду накат буде такий:

$$h_{\text{нк}3} = (h_{\text{нкт}1} - T_1) \frac{k_2}{k_1} + T_1 \quad (37)$$

при трьох шарах буде такий:

$$h_{\text{нк}3} = \left((h_{\text{нкт}1} - T_1) \frac{k_2}{k_1} - T_2 \right) \frac{k_3}{k_2} + T_1 + T_2 \text{ і т. і.} \quad (38)$$

Для косоного підходу хвилі до прямолінійного укусу для максимальних значень

нахату хвилі можна використовувати формулу Ковальчука С. В.

$$h_{\text{Н}\alpha} = h_{\text{НПР}} (1 - 0,265\alpha_{\text{рад}}) \quad (39)$$

де $h_{\text{Н}\alpha}$ - накат хвилі при різних кутах підходу хвиль до берега; $h_{\text{НПР}}$ - накат хвилі при русі хвилі по нормалі до берега; α - кут між нормаллю та лінією руху хвилі. В результаті досліджень виявлені надійні рішення висоти нахату хвилі на укіс складного креслення.

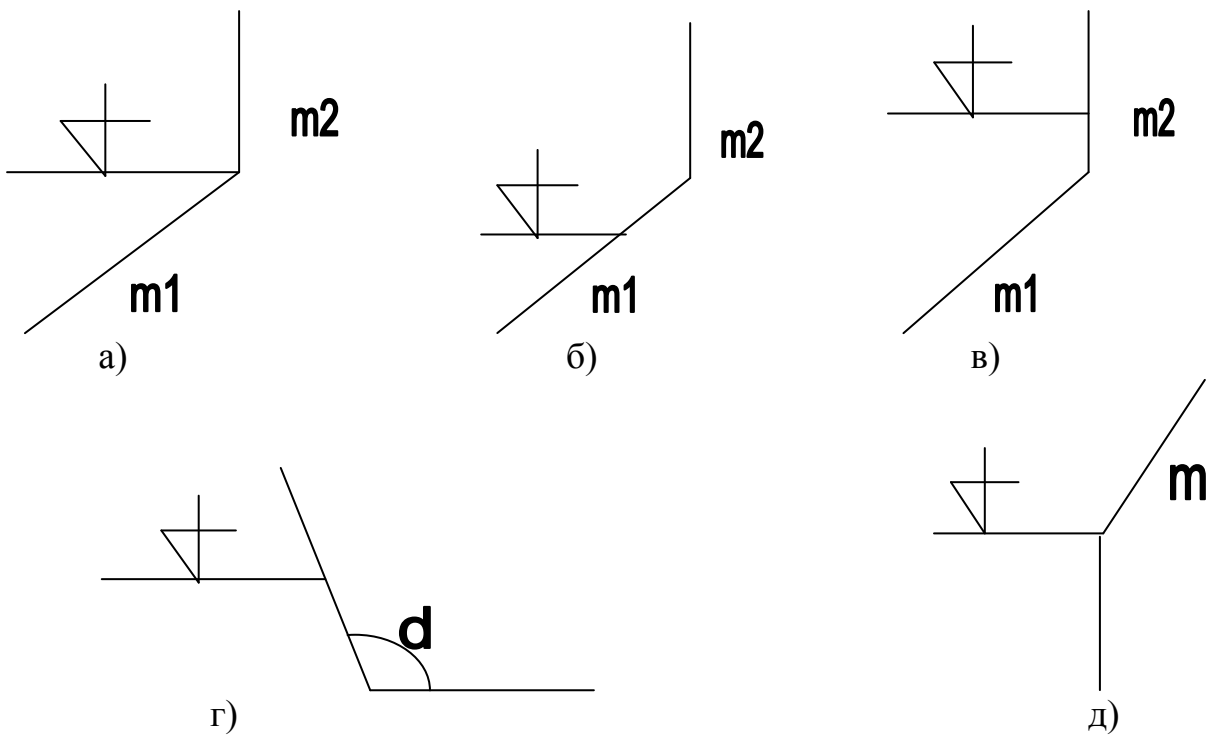


Рис. 1. Накат хвиль на споруди складного креслення: а – перетин укосу співпадає з рівнем води; б – перетин укосу вище рівня води; в – перетин укосу нижче рівня води; г – укіс нахилений в бік моря; д – укіс закінчується вертикальною стінкою, що йде від рівня води і нижче.

Висновок

Для захисту від розмиву території острова необхідно розробити інженерні методи захисту від розмиву та відновити цілісність коси, що забезпечить високу економічну ефективність запронованих заходів.

Перелік посилань

1. Зенкович В.П. Морфология и динамика морских берегов»,– М., 1946. – 496 с.
2. Зайцев Ю.П. Это удивительное море. – Одесса, 1978. – 160 с.
3. Кузьминская Г.Г. Черное море. – Краснодар, 1972. – 96 с.
4. Никеров П.С., Мишин А.В. Конструкции из фигурных блоков для гидротехнического строительства. – Киев, 1986. – 86 с.
5. Бакшеев Е.А. Днепровские водохранилища и их народнохозяйственный эффект: воспоминания и размышления проектировщика. 2-е, доп. изд. – К.: Довіра, 2008. – С.148.
6. Мішин А. В., Головаш Е.А. та ін. Накат хвиль на складний ламаний укіс. “Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету”. 2001 р. випуск 8, стор. 65-69.
7. Мишин А.В. Волнозащита акваторий и берегов. – Киев, 2003. – 176 с.