

**ДОСЛІДЖЕННЯ ПОВЕДІНКИ УСАМІТНЕНИХ ХВИЛЬ
ПРИ НАТІКАННІ НА БЕРЕГ**

Аннотация. Исследование формирования первоначальной волны, взаимодействие ее с преградами, эволюция при подходе к берегу и накатывание ее на берег.

Ключевые слова: солитон, моделирование движения волны, метод комплексных граничных элементов.

Цунамі найчастіше формується, коли достатньо крупний, але нешкідливий у відкритому океані солітон викидається на берег. Не всі цунамі викликані солітонами, але на думку спеціалістів, більшість цунамі - солітонового походження. Висота солітону в океані звичайно невелика, тому таку плавну хвилю важко відстежити. Однак при підході до берега, солітон вповільнює рух та стає коротше та вище.

Такі хвилі особливо хвилюють сучасних науковців. Найважливішими проблемами, які вивчається сьогодні теорією цунамі, є умови формування початкової хвилі, взаємодія з перешкодами, її еволюція при підході до берега та накат на берег.

Усамітнена хвиля - хвилевий рух, який в кожен момент часу локалізований в кінцевій області простору і досить швидко убуває з віддаленням від цієї області. Просте хвилеве рівняння має вигляд:

$$u_{tt} = c^2 u_{xx} \quad (1)$$

описує плоску одновимірну хвилю, аналогом якої може служити хвиля в струні.

Рішення хвилевого рівняння (1), яке уперше було отримано Ж. Д'Аламбером в 1748 році, має вигляд:

$$u(x, t) = f(x - ct) + g(x + ct). \quad (2)$$

Тут функції f і g знаходять з початкових умов для u [1]. Також активно дослідженням руху усамітненої хвилі займалися Рассел,

Буссинеск, Дидерика Йоганна Кортевега і його учень Густава де Вриз.

На рисунку 1 наведені приклади усамітнених хвиль у різних середовищах. По осі абсцис відкладена змінна $\xi = t - \frac{x}{v}$, де t - час, x - координата, v - швидкість усамітненої хвилі.

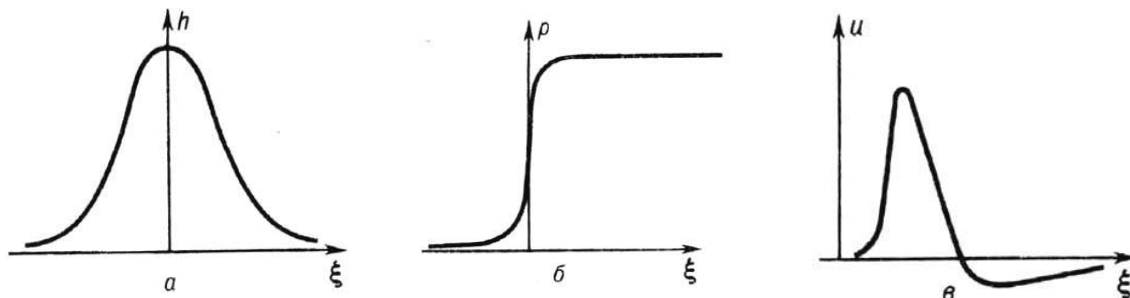


Рисунок 1 – Приклади усамітнених хвиль.

(а - стаціонарне підвищення (солітон) на мілкій воді;

h - зміщення поверхні рідини;

б- ударна хвиля невеликої амплітуди в газі; p - зміна тиску;

в - імпульс збудження в аксоні нерва; u - потенціал мембрани).

Солітон це нелінійна усамітнена хвиля, яка зберігає свою форму і швидкість при власному русі і зіткненні з собі подібними усамітненими хвилями, тобто є стійким утворенням. Єдиним результатом взаємодії солітонів може бути деяке зрушення фаз.

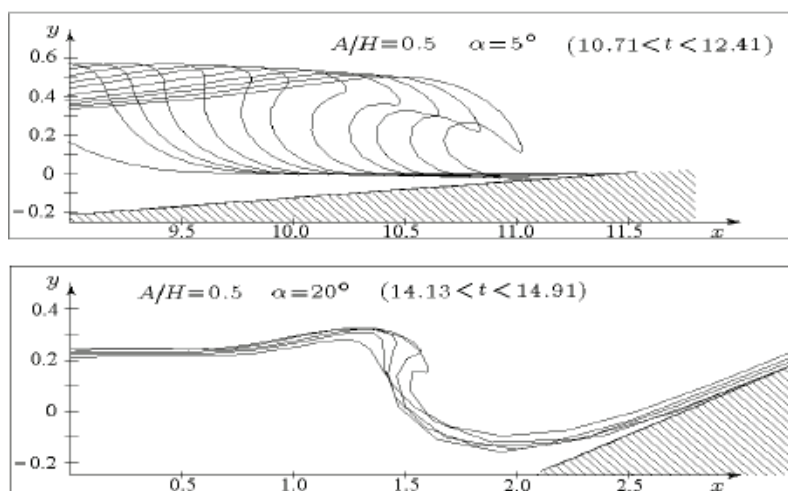
Здатність солітону зберігати при поширенні свою форму незмінною пояснюється тим, що поведінка його визначається двома діючими взаємно протилежно процесами. По-перше, це, так зване, нелінійне укрупнення (фронт хвилі досить великої амплітуди прагне перекинутися на ділянках наростання амплітуди, оскільки задні частки, що мають велику амплітуду, рухаються швидше попереду тих, що біжать). По-друге, проявляється такий процес як дисперсія (залежність швидкості хвилі від її частоти, визначена фізичними і геометричними властивостями середовища; при дисперсії різні ділянки хвилі рухаються з різними швидкостями і хвиля розпливається). Таким чином, нелінійне укрупнення хвилі компенсується її розпливанням за рахунок дисперсії, що і забезпечує збереження форми такої хвилі при її поширенні [2].

В роботі розглядається стійка усамітнена хвиля, що рухається зі швидкістю v , поверхні позбавленої тертя, нестиглої рідини кінце-

вої глибини H . Вільна поверхня знаходиться при постійному тиску і має нульовий поверхневий натяг.

Зроблено дослідження для визначенню максимального запліску хвилі в залежності від її амплітуди та кута нахилу стінки, а також фіксування зміни тиску на перешкоду в процесі нахату хвилі. Виявлено, що для деякого діапазону кутів нахилу перепони нахат хвилі супроводжується її перекиданням. У повному обсязі завдання є складним і багатопараметричним, тому всі результати роботи були отримані лише при нахаті солітону на похилу стінку тільки для амплітуди A від 0.2 до 0.6 C . В результаті спостережень було одержано різноманітні форми, що виникають, та виявлено чотири зони за типом перекидання в залежності від кута нахилу стінки.

Рішення завдання ґрунтувалося на застосуванні техніки методу комплексних граничних елементів (МКГЕ). Початкове положення вільної поверхні і розподіл потенціалу на ній були отримані на основі рішення стаціонарної задачі про відокремленій хвилі [3]. Контроль точності методу проводився на тестових розрахунках і порівнянні результатів з роботами інших авторів.



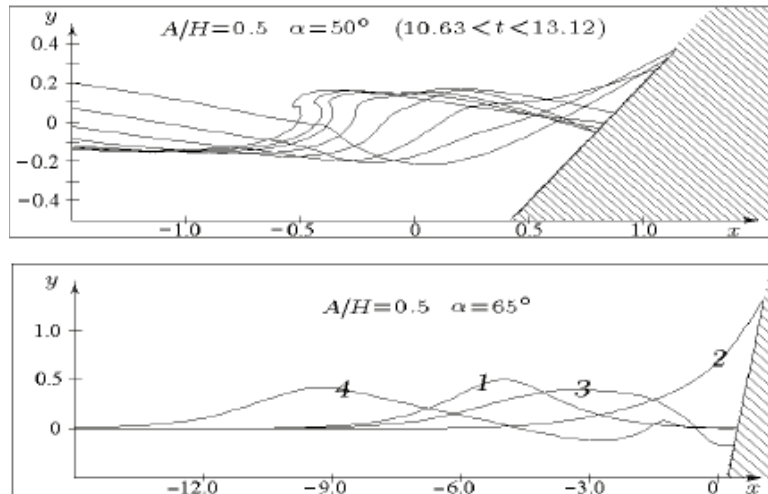


Рисунок 2 – Хвильві картини течії при взаємодії соліона з боковою похилою стінкою

ЛИТЕРАТУРА

1. Кудряшов Н.А. Нелинейные волны и солитоны. Соросовский образовательный журнал, № 2, 1997
2. Новокшенов В. Ю. Введение в теорию солитонов. - Ижевск. Институт компьютерных исследований, 2002
3. Бреббия К. и др. Методы граничных элементов: Пер. с англ. - М.: Мир, 1987