

Мартиновський І.М.¹, Сердюченко А.М.², д.ф.-м.н, професор

¹Миколаївський будівельний коледж КНУБА, м. Миколаїв, Україна

²НУК імені адмірала Макарова, м. Миколаїв, Україна

РОЗРАХУНКИ ПОЛІВ ШВИДКОСТІ ТА ТИСКУ НЕРЕГУЛЯРНИХ ХВИЛЬ У РАМКАХ ЛІНІЙНОЇ СПЕКТРАЛЬНОЇ МОДЕЛІ

УДК 532.614

У доповіді розглянуто питання чисельного розрахунку гідродинамічних полів швидкості та тиску за часом та у просторі для нерегулярних вітрових хвиль на поверхні води обмеженої глибини з використанням лінійної спектральної техніки. Дані розрахунку потрібні для чисельного дослідження динаміки руху хвильових перетворювачів енергії різного типу в полі нерегулярних хвиль.

В науковій літературі [1, 2], при опису сутності лінійної спектральної теорії вітрових хвиль обмежуються визначенням лише нерегулярної хвильової поверхні і не приділяють уваги визначенню полів швидкостей та тиску в нерегулярних хвилях з глибиною у рамках спектрального накладення елементарних гармонічних хвиль. Спроби формального визначення вказаних полів як спектральних сум швидкостей та тисків елементарних гармонічних хвиль показали формування суттєвих похибок в результируючих полях в околі гребенів достатньо крутих нерегулярних хвиль.

Для усунення даних похибок було розроблено так званий квазілінійний розв'язок крайової задачі теорії хвиль на воді, сутність якого полягає у наступному. Якщо для отримання класичного лінійного розв'язку крайової задачі [2] відкидають усі нелінійні члени в граничних умовах на хвильовій поверхні та самі умови переносять на рівень тихої води, то в модифікованому формулюванні лінійні граничні умови задовольняються на хвильовій поверхні нерегулярних вітрових хвиль. Такий, повторимо, квазілінійний підхід дав змогу усунути похибки в полях швидкостей і тисків в околі гребенів достатньо крутих хвиль. Модифіковані залежності для полів швидкостей і тиску в рідині з глибиною d отримано у вигляді

$$\begin{aligned} v_{wx}(x, z, t) &= -\sum_{i=1}^N \sigma_i a_i \frac{\cosh k_i(z+d)}{\sinh k_i(\zeta_w+d)} \cos \theta_i; \\ v_{wz}(x, z, t) &= -\sum_{i=1}^N \sigma_i a_i \frac{\sinh k_i(z+d)}{\sinh k_i(\zeta_w+d)} \sin \theta_i; \\ p_w(x, z, t) &= \gamma[-z + \sum_{i=1}^N a_i \frac{\cosh k_i(z+d)}{\cosh k_i(\zeta_w+d)} \cos \theta_i]; \end{aligned} \quad (1)$$

де a_i, σ_i – амплітуди та колові частоти елементарних гармонік;

$\zeta_w(x, t) = \sum_{i=1}^N a_i \cos \theta_i$, $\theta_i = (k_i x + \sigma_i t + \alpha_i)$ і хвильові числа k_i визначаються з

дисперсійного рівняння $k_i \tanh k_i(d + \zeta_w) = \sigma_i^2 / g$, яке розв'язується методом послідовних наближень.

На рис. 1 наведено приклади розрахунку поля швидкостей і епюр тиску з глибиною в нерегулярних хвилях при формальному застосуванні спектральної техніки (а) та виходячи з отриманого авторами квазілінійного розв'язку (б).

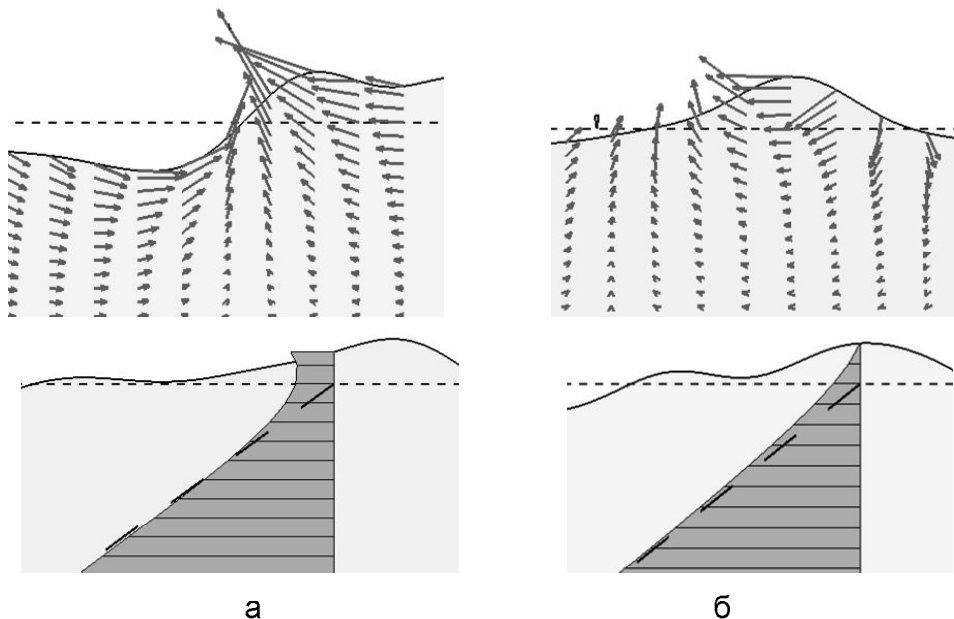


Рис. 1. Порівняння розрахунку полів швидкостей та тиску при прямому застосуванні спектральної техніки (а) та виходячи з квазілінійного розв'язку (б)

Як видно з рис. 1, у другому випадку (б) маємо адекватні поля швидкостей та тиску в околі вільної хвильової поверхні з точним виконанням граничних умов

$p_w(\zeta_w)=0$. Формальне ж застосування спектральних сум для даних полів суттєво завищує чисельні результати у при поверхневому шарі рідини (а), особливо в околі гребенів крутих хвиль.

Висновки. Практично єдиним інструментом для моделювання нерегулярних вітрових хвиль є спектральна техніка. Але дана техніка є суто лінійною і, як показали чисельні розрахунки, вона породжує суттєві похибки для полів тиску та швидкостей в околі гребенів крутих вітрових хвиль. Тому для дослідження інтенсивних хвильових режимів потрібно подальше узагальнення спектральних моделей на нелінійні наближення. У доповіді представлено один з прикладів такого узагальнення, який представляє тільки перший етап у розробці нелінійних гідродинамічних моделей нерегулярних вітрових хвиль на інтервалах квазістаціонарності хвильових режимів, достатніх для отримання статистичних характеристик нерегулярних хвиль за їх чисельними реалізаціями.

Література: 1. Бреббиа, К. Динамика морских сооружений: Пер. с англ. [Текст] / К. Бреббиа, С. Уокер. - Л: Судостроение, 1988, - 232 с. 2. Луговский, В. В. Динамика моря [Текст] / В. В. Луговский. - Л: Судостроение, 1976, - 201 с.