

DOI: 10.18372/2310-5461.61.18517

УДК 551.466.6.001.57

**К. І. Капітанчук**, канд. техн. наук, доц.  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0003-3605-0977  
e-mail: k.kapitanchuk@ukr.net;

**М. П. Андрійшин**, канд. техн. наук, доц.  
Національний авіаційний університет  
orcid.org/0000-0002-4439-3526  
e-mail: andriishinmp@gmail.com

## **ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТУЖНОСТІ ХВИЛЬНОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ГНУЧКОЮ ЕНЕРГОПОГЛИНАЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ В УМОВАХ ВНУТРІШНЬОГО МОРЯ**

### **Вступ**

Розвиток світової енергетики в останнє десятиріччя все більше орієнтується на нові, екологічно чисті технології, які базуються на відновлюваних джерелах енергії. Виробництво «зеленої електроенергії» стимулюється у багатьох країнах. Енергія морських хвиль відрізняється набагато більшою питомою потужністю, ніж енергія вітру і сонця. Середній показник потужності океанічного коливання досягає приблизно 15 кВт/м. Показник потужності тим більший, чим більшою є висота хвиль. При висоті 2 м він досягає величини у 80 кВт/м [1].

Основним завданням створення електроенергії з морських хвиль – трансформація коливального руху в обертовий для передачі безпосередньо на вал електрогенератора з мінімальною кількістю проміжних перетворень. При цьому бажано, щоб більша частина обладнання знаходилась на суші для простоти обслуговування [2, 3].

### **Аналіз останніх досліджень і публікацій**

Усі типи морських хвильових електростанцій (ХЕС), що спроектовані і діють в наш час, розподіляють на два типи перетворення енергії хвиль: такі, що відслідковують профіль хвилі, і такі, що використовують коливання водяного стовпа. Аналіз створених морських хвильових електростанцій представлено в [1–4]. Основні недоліки таких перетворювачів: велика матеріаломісткість, великий рівень питомих капітальних витрат – біля 5000 \$/кВт, середньорічний коефіцієнт використання потужності не більше – 0,4 [1].

У 2004 році науковці Національного авіаційного університету на засіданні Секції прикладних проблем НАН України презентували розробку гнучкої енергопоглинальної поверхні для ХЕС,

яка за принципом перетворення енергії хвиль принципово відрізнялась від існуючих та була спроможна виробляти електроенергію при будь-яких надзвичайних збуреннях поверхні моря. Конструкція окремих елементів енергопоглинальної поверхні морської ХЕС при трансформації спіралі у площину надана в роботі [5].

Спонсором подальших наукових досліджень стала НВФ «Крок-1» (м. Київ), яка залучила до проекту Інститут гідромеханіки НАН України для випробування експериментальних макетів (див. рис. 1) та Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова [6, 7].



Рис. 1. Випробування макетів в хвильовому басейні, Інститут гідромеханіки НАН України

Дослідний зразок ВЕС-10 був виготовлений у 2006 році Київським суднобудівельним заводом. Випробування цього зразка проводились весною 2007 року на базі Науково-дослідного центра Збройних Сил України «Державний океанаріум» (м. Севастопіль), монтаж якого перед спусканням на воду представлено на рис. 2.

Перша в світі хвильова електростанція була встановлена у 2008 році поблизу узбережжя Португалії (система Pelamis). У 2010 році науковці НАУ і НВФ «Крок-1» презентували проєкт ХЕС на Міжнародній Конференції «Sea Tech

Week 2010», а у 2012 році в Міністерстві енергетики Іспанії вони були запрошені до проекту «BIMEP» (BISKAIA MARINE ENERGI PLATFORM), що надано на рис. 3.



Рис.2. Дослідний зразок ХЕС-10 на пірсі перед спуском на воду

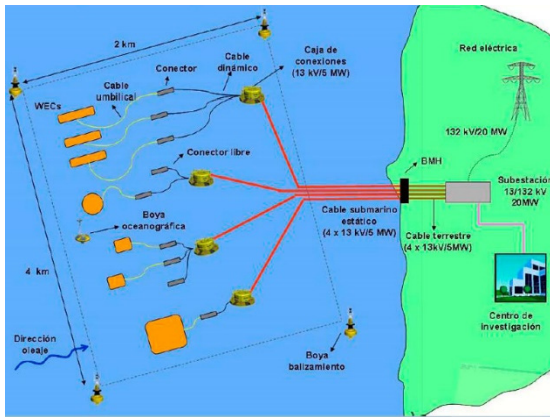


Рис. 3. Проект «BIMEP»

У 2013 році досвід розробки та впровадження ХЕС був представлений на XIV Міжнародній науково-технічній конференції АС «Промислова гідравліка і пневматика» в м. Одеса [4]. У той же рік науковці НВФ «Крок-1» безпосередньо провели вивчення акваторії моря навколо о. Зміїний (див. рис. 4), в результаті чого розроблено проект ХЕС для автономного енергозабезпечення його об'єктів.



Рис.4. Острів Зміїний

Острів Зміїний, розташований в південно-західній частині Чорного моря на відстані 80 миль від м. Одеса. Загальна площа острова – 20,5 га. Проект передбачав будівництво в акваторії острова пілотного модуля ХЕС потужністю 500 кВт з подальшим будівництвом багатомодульної ХЕС потужністю 2...3 МВт для забезпечення інфраструктури острова та його захисту від руйнування.

В подальшому планувалось будівництво ХЕС різної потужності для забезпечення роботи об'єктів на континентальному шельфі, розташованих в прибережній полосі. Методики визначення потужності морської ХЕС з гнучкою енергопоглинальною поверхнею опубліковані в [8–10]. У 2014 році відбулася анексія Автономної республіки Крим і проекти з розробки ХЕС були призупинені.

**Мета статті (постановка завдання)**

Морська ХЕС розраховується на один режим найбільшого навантаження її основних вузлів. В залежності від погоди енергія морських хвиль суттєво змінюється протягом короткотривалого часу, отже, за розрахунковий режим вибирається найгірший варіант з точки зору міцності деталей [8–10]. В умовах коливання внутрішнього моря профіль вільної поверхні прогресивних хвиль є значно меншим за розмірами, тому енергопоглинальна поверхня стає гофрованою і не досягає форми спіралі. Відхилення умов експлуатації від розрахункового режиму суттєво зменшують енергетичну спроможність ХЕС, тому особливо важливим є визначення характеристик потужності морської ХЕС в умовах внутрішнього моря.

**Постановка задачі на дослідження**

Згідно з методикою [7] шляхом розв'язання зворотної задачі необхідно визначити енергетичні характеристики п'яти морських ХЕС із шириною енергопоглинальної поверхні  $b$  при  $b/R = 0,5$  з радіусами обертання  $R = 0,5; 1,0; 1,5; 2,0$  та  $2,5$  м в умовах коливання внутрішнього моря для прийняття рішення на можливе використання.

**Результати досліджень**

В роботах [7–10] детально розглянуто формування профіля вільної поверхні прогресивної хвилі і здатність його виконувати механічну роботу з переміщення енергопоглинальної поверхні у максимально можливе вертикальне положення, тобто виконувати роботу з піднімання тіла на інтервалі довжини хвилі.

В умовах закритого моря ХЕС радіусом обертання енергопоглинальної поверхні  $R$  є більшим за амплітуду хвилі  $a$ , тому при відомій величині довжини енергопоглинальної поверхні  $L_0$  кількість робочих ділянок модуля ХЕС складає величину  $L/\lambda$ , де  $\lambda$  – довжина хвилі.

У прямокутній системі координат  $Oxyz$  верхня синусоїдального гелікоїда обмежена циліндричними поверхнями з радіусами  $R-b$  та  $R$ . Під дією знакозмінного за часом  $t$  тиску морської хвилі в кожній точці даної поверхні визначений вектор сили

$$\vec{F} = p_y(x, y, z, t)\vec{i} + p_y(x, y, z, t)\vec{j} + p_y(x, y, z, t)\vec{k}, \quad (1)$$

де  $p_y$  – неперервна функція надлишкового тиску стовпа води.

Величина сили визначається шляхом обчислення поверхневого інтеграла векторного поля  $\vec{F}$  через поверхню синусоїдального гелікоїда при  $t = 0$  з подальшим пересовуванням в часі [7]

$$\iint \vec{F} \cdot d\vec{S} = \iint p_y dydz + p_y dzdx + p_y dxdy. \quad (2)$$

Таким чином, для визначення величини сили, що діє у довільній точці енергопоглинальної поверхні, необхідно знати закони змінення площ проекцій її поверхонь уздовж усіх осей. Різниця площ від проекцій зовнішнього та внутрішнього радіусів гелікоїда на всі поверхні системи координат є проекціями площі енергопоглинального елемента на ці поверхні.

Будь-яке змінення амплітуди коливань поверхні моря по відношенню до розрахункової величини спричинює змінення траєкторії руху робочої поверхні відносно поверхні хвилі і змінює розміри енергопоглинальної поверхні ХЕС [7–9]. Кількість робочих ділянок в межах довжини ХЕС змінюється пропорційно зміненню амплітуди за законом

$$n_p = L_0 / \lambda = L_0 a / \lambda a = \text{const} / a. \quad (3)$$

Між параметрами хвилі і параметрами руху робочої поверхні встановлюється співвідношення у вигляді [7]

$$a \sin \frac{2\pi}{\lambda} x = R \sin \varphi. \quad (4)$$

В умовах внутрішнього моря скорочується діапазон змінення кута повороту енергопоглинальної поверхні  $\varphi$  з величини

$$\varphi_1 = \frac{\pi}{4}, \quad \varphi_2 = \frac{3\pi}{4} \quad (5)$$

до величини

$$\varphi_1 = \pi - \arcsin \frac{a}{R}, \quad \varphi_2 = \pi + \arcsin \frac{a}{R}. \quad (6)$$

Проекція площі робочої ділянки енергопоглинальної поверхні на площину  $Oxz$  в умовах внутрішнього моря буде визначатися, як

$$S_y = \int_{\lambda/4}^{3\lambda/4} b \cos \varphi dx = \frac{b}{2} (2 + \cos \varphi_1 - |\cos \varphi_2|) (x_2 - x_1) \quad (7)$$

де  $x_1, x_2, \varphi_1, \varphi_2$  визначаються з умов (5) та (6).

Розв'язанням рівняння (7) є вираз

$$S_y = \frac{b\lambda}{\pi} \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}} \right). \quad (8)$$

Отже, за умови  $\lambda / a = \text{const}$  і заданих геометричних параметрах енергопоглинальної поверхні проекція площі робочої ділянки на площину  $Oxz$  буде зменшуватися не пропорційно амплітуді, а значно швидше. При цьому кількість робочих ділянок збільшиться згідно рівняння (3).

Сумарна проекція площі на площину  $Oxz$  при умові забезпечення запасу довжини зменшиться відносно величини на розрахунковому режимі на величину  $\left( 1 - \sqrt{1 - a^2 / R^2} \right)$ .

Проекція площі робочої ділянки на площину  $Oxy$  в умовах внутрішнього моря буде визначатися виразом

$$S_z = \int_{\lambda/4}^{3\lambda/4} b \sin \varphi dx = \frac{b}{2} (\sin \varphi_1 + |\sin \varphi_2|) (x_2 - x_1). \quad (9)$$

де  $x_1, x_2, \varphi_1, \varphi_2$  визначаються з умови (5) та (6).

Розв'язанням рівняння (9) є вираз

$$S_z = \frac{b\lambda}{\pi} \frac{a}{R}. \quad (10)$$

Отже, за умови  $\lambda / a = \text{const}$  і заданих геометричних параметрах енергопоглинальної поверхні розв'язанням рівняння під час зменшення амплітуди хвилі відносно розрахункової величини проекція площі робочої ділянки на площину  $Oxy$  буде зменшуватися за параболічним законом, тобто повільніше ніж величина проекції площі робочої ділянки на площину  $Oxz$ .

Величина проекції складової сили на площину  $Oxz$  в умовах внутрішнього моря визначається як

$$F_y = 0,5\rho g R b \int_{\lambda/4}^{3\lambda/4} \cos \varphi [1 - A \sin(2\pi/\lambda)x] dx. \quad (11)$$

Розв'язанням (11) є вираз

$$F_y = \frac{1}{\pi} \rho g R b (2 + \cos \varphi_1 - |\cos \varphi_2|) \times \left[ x_2 - x_1 + \frac{A\lambda}{4\pi} \left( 2 + \cos \frac{2\pi}{\lambda} x_1 - \left| \cos \frac{2\pi}{\lambda} x_2 \right| \right) \right]. \quad (12)$$

При величинах  $x_1, x_2, \varphi_1, \varphi_2$ , які визначаються з умови (5) та (6) величина проекції складової сили на площину  $Oxz$  буде дорівнювати

$$F_y = \frac{1}{\pi} \rho b R b \lambda \cdot \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}} \right) \left( 1 - \frac{2A}{\pi} \right). \quad (13)$$

Порівняння залежностей (8) та (13) дає можливість стверджувати, що характер змінення складової сили на площину  $Oxz$  за умови  $\lambda/a = \text{const}$  і заданих геометричних параметрах енергопоглинальної поверхні в умовах внутрішнього моря аналогічний характеру змінення проекції площі робочої ділянки на цю площу. Величина проекції складової сили на площину  $Oxy$  в умовах внутрішнього моря буде визначатися як

$$F_z = \rho g R b \int_{\lambda/4}^{3\lambda/4} \sin \phi \left[ 1 - A \sin(2\pi/\lambda)x \right] dx. \quad (14)$$

Розв'язанням рівняння (14) є вираз

$$F_z = \frac{1}{\pi} \rho g R b (\sin \phi_1 + |\sin \phi_2|) \times \left[ x_2 - x_1 + \frac{A\lambda}{4\pi} \left( 2 + \cos \frac{2\pi}{\lambda} x_1 - \left| \cos \frac{2\pi}{\lambda} x_2 \right| \right) \right]. \quad (15)$$

При величинах  $x_1, x_2, \phi_1, \phi_2$ , які визначаються з умови (5) та (6), величина проекції складової сили на площину  $Oxy$  буде визначатися за формулою

$$F_z = \frac{1}{\pi} \rho g R b \lambda \cdot \frac{a}{R} \left( 1 - \frac{2A}{\pi} \right). \quad (16)$$

Порівняння залежностей (13) і (16) дає підстави для ствердження, що складова сили на площину  $Oxy$  в умовах внутрішнього моря зменшується повільніше ніж складова сили на площину  $Oxz$ . При цьому характер змінення складової сили на площину  $Oxy$  за умови  $\lambda/a = \text{const}$  і заданих геометричних параметрах енергопоглинальної поверхні в умовах внутрішнього моря аналогічний характеру змінення проекції площі робочої ділянки на цю площину.

Розрахунки виконано для ширини енергопоглинальної поверхні з  $b/R = 0,5$ . При змінненні величини  $b$  результати розрахунку пропорційно зміняться. Отже, можна констатувати факт сильного зменшення величини складової сили, що діє на площину  $Oxy$  в умовах внутрішнього моря.

Чим більшою є величина розрахункового радіуса, тим більшим є темп зменшення величини складової сили  $F_z$ . Однак, величина складової сили, яка діє на площину  $Oxy$ , в умовах внутрішнього моря є значно більшою за величину складової сили, що діє на площину  $Oxz$ .

Величина проекції складової сили на площину  $Oxy$  в умовах внутрішнього моря коливається від максимальної величини до нуля пропорційно величині

$$dF_x = \frac{a}{R} \frac{2\gamma}{\pi} = \frac{a}{R} \frac{2 \arcsin a/R}{\pi}, \quad (17)$$

в залежності від зміни робочих ділянок за законом

$$F_x = \frac{2}{3} \pi R b A \epsilon d F_x, \quad (18)$$

де  $\epsilon = L_0/\lambda n_{p0} - 0,25$ .

Величина моменту  $M_y$ , який створює проекція складової сили на площину  $Oxz$ , визначається як

$$M_y = \sum M_{yi} = R A \cos \phi \sum F_{yi},$$

тому в умовах внутрішнього моря  $M_y$  визначають як

$$M_y = \rho g R^2 b A \int_{\lambda/4}^{3\lambda/4} \cos \phi \left[ 1 - A \sin(2\pi/\lambda)x \right] dx. \quad (19)$$

Розв'язанням інтегралу (19) є вираз

$$M_y = \frac{1}{\pi} \rho g R^2 b A (2 + \cos \phi_1 - |\cos \phi_2|) \times \left[ x_2 - x_1 + \frac{A\lambda}{4\pi} \left( 2 + \cos \frac{2\pi}{\lambda} x_1 - \left| \cos \frac{2\pi}{\lambda} x_2 \right| \right) \right]. \quad (20)$$

При величинах  $x_1, x_2, \phi_1, \phi_2$ , які визначаються з умови (4) та (5) величина моменту від дії складової сили на площину  $Oxz$  буде дорівнювати

$$M_y = \frac{1}{\pi} \rho g R^2 b \lambda A \left( 1 - \sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}} \right) \left( 1 - \frac{2A}{\pi} \right). \quad (21)$$

Відзначимо, що величина моменту  $M_y$ , який створює проекція складової сили на площину  $Oxz$  при  $b/R = \text{const}$ , в умовах внутрішнього моря змінюється за строго заданому закону відносно величини на розрахунковому режимі і не залежить від величини амплітуди хвилі.

Величина моменту  $M_z$ , який створює проекція складової сили на площину  $Oxy$ , визначається як

$$M_z = \sum M_{zi} = R A \sin \phi \sum F_{zi}$$

отже, в умовах внутрішнього моря момент  $M_z$  визначається як

$$M_z = \rho g R^2 b A \times \int_{(\lambda/2\pi)\arcsin R/a}^{\lambda - (\lambda/2\pi)\arcsin R/a} \sin \left[ 1 - A \sin(2\pi/\lambda)x \right] dx \quad (22)$$

Розв'язанням інтегралу (21) є вираз

$$M_z = \frac{1}{\pi} \rho g R^2 b A (\sin \phi_1 + |\sin \phi_2|) \times \left[ x_2 - x_1 + \frac{A\lambda}{4\pi} \left( 2 + \cos \frac{2\pi}{\lambda} x_1 - \left| \cos \frac{2\pi}{\lambda} x_2 \right| \right) \right]. \quad (23)$$

При величинах  $x_1, x_2, \phi_1, \phi_2$ , які визначаються з умови (5) та (6) величина моменту від складової сили на площину  $Oxy$  буде дорівнювати

$$M_z = \frac{1}{\pi} \rho g R^2 b \lambda A \frac{a}{R} \left( 1 - \frac{2A}{\pi} \right). \quad (24)$$

Відзначимо, що величина моменту  $M_z$ , який створює проекція складової сили на площину  $Oxz$  за умови  $b/R = \text{const}$  в умовах внутрішнього моря змінюється пропорційно величині амплітуди і залежить від от величини радіуса енергопоглинальної поверхні на розрахунковому режимі. Чим більшою є величина розрахункового радіуса, тим

більший темп зменшення величини моменту  $M_z$ . Величина складової цього моменту в умовах внутрішнього моря є значно більшою величини моменту, який діє в площині  $Oxz$ .

Обертальний момент енергопоглинальної поверхні в умовах внутрішнього моря визначається як

$$M_{об} = M_y + M_z = \frac{1}{\pi} \rho g R^2 b \lambda A \left( 1 - \frac{2A}{\pi} \right) \times \left( 1 + \frac{a}{R} - \sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}} \right). \quad (25)$$

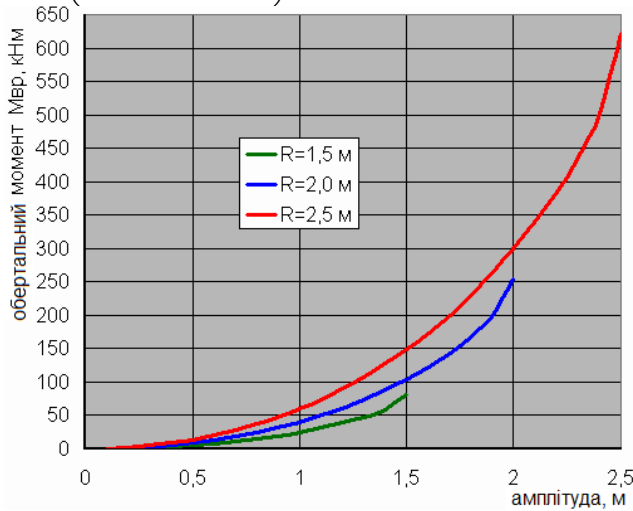


Рис. 5. Залежність обертального моменту модуля ХЕС з великим радіусом при  $b/R = 0,5$  від амплітуди хвилі внутрішнього моря

Результати розрахунку обертального моменту енергопоглинальної поверхні в умовах внутрішнього моря відносно розрахункової величини представлені на рис. 5.

Потужність однієї робочої ділянки установки з енергопоглинальною поверхнею визначається як

$$N = 2\pi n M_{об}. \quad (26)$$

Результати розрахунку частоти обертання енергопоглинальної поверхні представлені на рис. 6.

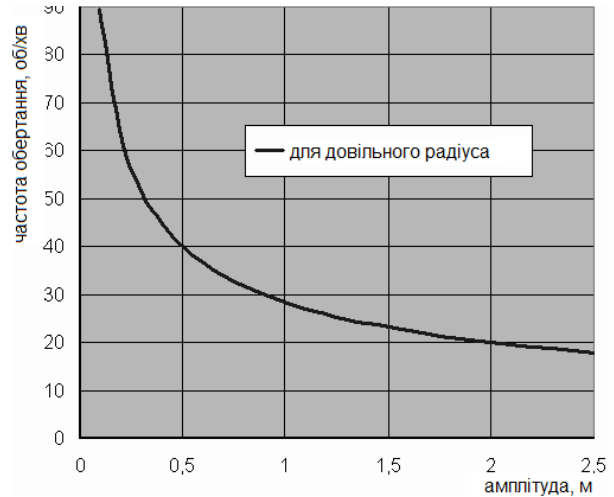


Рис. 6. Залежність частоти обертання модуля ХЕС від амплітуди хвилі внутрішнього моря

Відзначимо, що ширина енергопоглинальної поверхні не впливає на величину частоти її обертання. Чим більшою є величина радіуса енергопоглинальної поверхні модуля ХЕС, тим збільшення частоти обертання уповільнюється. Отже, можна зробити висновок, що в умовах внутрішнього моря потужність робочої ділянки складе величину

$$N = 2\rho g R^2 b c A \left( 1 - \frac{2A}{\pi} \right) \left( 1 + \frac{a}{R} - \sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}} \right). \quad (27)$$

Графічне розв'язання (27) при ширині енергопоглинального елемента  $b/R = 0,5$  надано на рис. 7 та рис. 8.

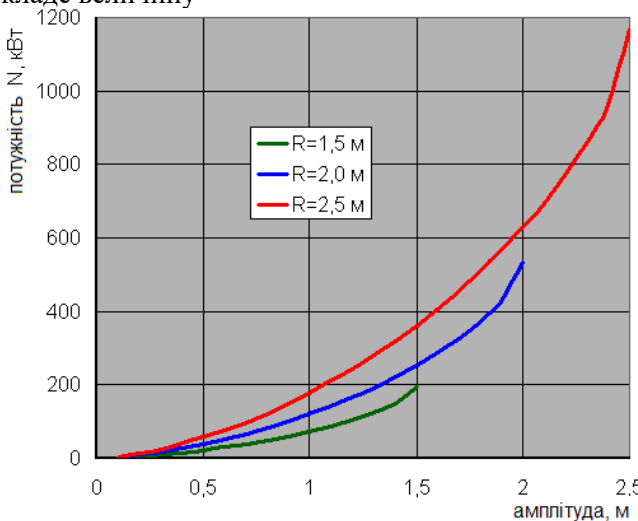


Рис. 7. Залежність потужності ХЕС з великим радіусом при  $b/R = 0,5$  від амплітуди хвилі внутрішнього моря

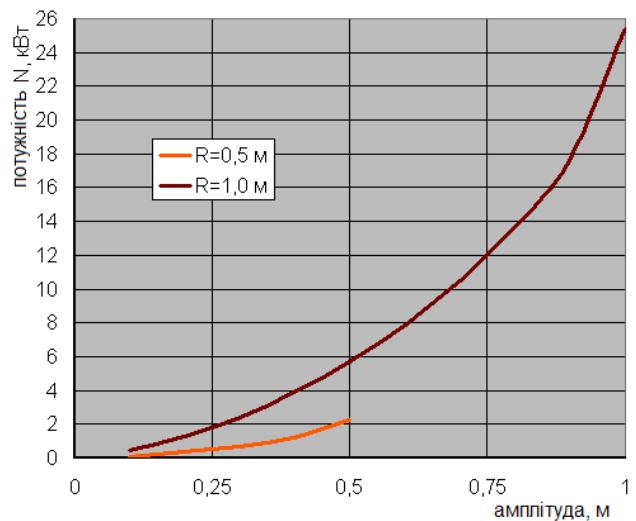


Рис. 8. Залежність потужності ХЕС з радіусом  $R = 0,5$  м і  $R = 1,0$  м при  $b/R = 0,5$  від амплітуди хвилі внутрішнього моря

Відзначимо, що потужність робочої ділянки в умовах внутрішнього моря сильно зменшується, не дивлячи на збільшення частоти обертання, що визвано суттєвим зменшенням величини моменту обертання. Потужність модуля ХЕС також зменшиться, не дивлячи на збільшення частоти обертання і загальної кількості робочих ділянок.

Як приклад, на рис. 9 представлено розрахунок змінення потужності модуля ХЕС з параметрами  $L_0 = 9$  м,  $R = 0,5$  м при зменшенні амплітуди в інтервалі від  $a = 0,5$  м до  $a = 0,1$  м. Відзначимо, що при зменшенні амплітуди хвилі від  $a = 0,5$  м до  $a = 0,4$  м відбувається сильне зниження потуж-

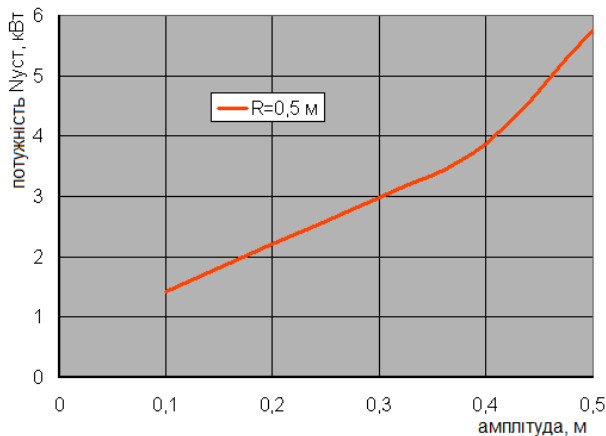


Рис. 9. Залежність потужності ХЕС з параметрами  $L_0 = 9$  м,  $R = 0,5$  м від амплітуди хвилі внутрішнього моря

ності (у 1,5 рази). Питома потужність однієї робочої ділянки установки з енергопоглинальним елементом при зменшенні амплітуди відносно розрахункової величини можна представити у вигляді

$$N_{\text{нуст}} = 2\rho g R b n A \left(1 - \frac{2A}{\pi}\right) \left(1 + \frac{a}{R} - \sqrt{1 - \frac{a^2}{R^2}}\right). \quad (28)$$

Графічне розв'язання (28) при ширині енергопоглинального елемента  $b/R = 0,5$  надано на рис.10.

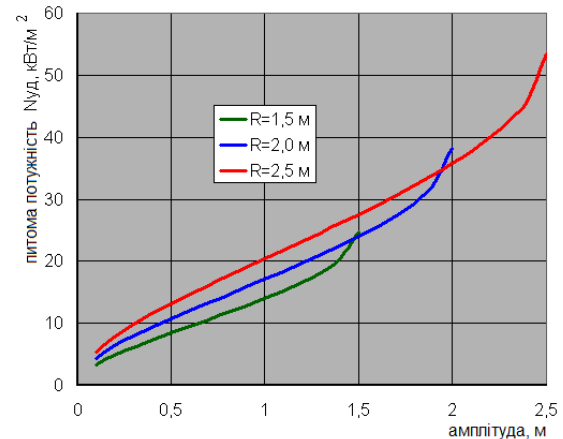


Рис. 10. Залежність потужності ХЕС з радіусом  $R = 0,5$  м і  $R = 1,0$  м при  $b/R = 0,5$  від амплітуди хвилі внутрішнього моря

## Висновки

Розроблено методику визначення потужності модуля хвильової електростанції з енергопоглинальною поверхнею для використання в умовах закритого моря.

Доведено можливість такого використання ХЕС з такими перевагами:

- 1) значно спрощується конструкція ХЕС за рахунок відсутності системи занурення при надзвичайних погодних умовах;
- 2) значно збільшуються показники міцності всіх складових систем та вузлів ХЕС;
- 3) з'являється можливість використання однієї із запропонованих в [3] платформ, що створює умови для діагностування стану вузлів та технічного обслуговування.

## Перспективи подальших досліджень

Впровадження результатів наукових досліджень зі створення ХЕС необхідно спрямовувати на розробку системи автоматичного керування, визначення показників надійності, ресурсу, діагностування стану вузлів та технічного обслуговування.

## ЛІТЕРАТУРА

- [1] Самойчук К. О., Лівин Н. В. Використання поверхневих, термальних та морських вод для виробництва теплової і електричної енергії: електронний навчальний посібник // Таврійський державний агротехнологічний університет ім. Дмитра Моторного, 2020. URL: [https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv\\_5/page4.html](https://elib.tsatu.edu.ua/dep/mtf/ophv_5/page4.html)
- [2] Греков П. І., Капітанчук К. І., Овсянкін В. В. Методика розрахунку глибини занурення морської енергетичної станції при збільшенні висоти хвиль. *Вісник НАУ*. 2006. № 4(30). С. 166–168. doi.org/10.18372/2306-1472.30.1399
- [3] Капітанчук К. І., Сотніков А. В., Овсянкін В. В. Один зі шляхів незалежного енергетичного забезпечення підрозділів ЗСУ приморського базування. *Арсенал-XXI*. 2007. № 1. С. 37–41.
- [4] Капітанчук К. І., Овсянкін В. В. Досвід розробки та впровадження хвильової електричної станції. Матеріали XIV Міжнар. наук.-техн. конф. АС Промислова гідравліка і пневматика. Одеса: «ГЛОБУС-ПРЕС». 2013. С. 126–127.

- [5] Капітанчук К.І., Андрієшин М.П. Розрахунок подовження енергопоглинального елемента морської хвильової електростанції трансформації спіралі у площину. *Наукоємні технології*. 2018. № 3 (39). С. 387–392. doi.org/10.18372/2310-5461.39.13097
- [6] Офіційний сайт НВФ «Крок-1». URL: <https://krok-1.com/> (дата звернення 12.02.2024)
- [7] Патент України № 56481. Пристрій для перетворення енергії хвиль водної поверхні. МКИ7 F03B13/12.
- [8] Капітанчук К. І., Андрієшин М. П. Методика визначення потужності морської хвильової електростанції з гнучким енергопоглинальним елементом. *Наукоємні технології*. 2020. № 1 (45), С. 78–84. doi.org/10.18372/2310-5461.45.14574
- [9] Капітанчук К. І., Андрієшин М. П. Методика визначення сил та моментів, що діють на поверхню енергопоглинального елемента морської хвильової електростанції при різному збуренні поверхні моря. *Наукоємні технології*. 2018. № 4 (40). С. 443–449. doi.org/10.18372/2310-5461.40.13270
- [10] Капітанчук К. І., Андрієшин М. П. Характеристики потужності хвильової електростанції за умови збільшення амплітуди коливання поверхні моря. *Наукоємні технології*. 2022. № 1 (53). С. 49–57. doi.org/10.18372/2310-5461.53.16508

**Капітанчук К. І. Андрієшин М. П.**

### **ХАРАКТЕРИСТИКИ ПОТУЖНОСТІ ХВИЛЬОВОЇ ЕЛЕКТРОСТАНЦІЇ З ГНУЧКОЮ ЕНЕРГОПОГЛИНАЛЬНОЮ ПОВЕРХНЕЮ В УМОВАХ ВНУТРІШНЬОГО МОРЯ**

*Розвиток світової енергетики в останнє десятиріччя все більше орієнтується на нові, екологічно чисті технології, які базуються на відновлюваних джерелах енергії. Виробництво «зеленої електроенергії» стимулюється у багатьох країнах. Енергія морських хвиль відрізняється набагато більшою питомою потужністю, ніж енергія вітру і сонця. Середній показник потужності океанічного коливання досягає приблизно 15 кВт/м. Показник потужності тим більший, чим більшою є висота хвиль. При висоті 2 м він досягає величини у 80 кВт/м.*

*У 2004 році науковці Національного авіаційного університету на засіданні Секції прикладних проблем НАН України презентували розробку гнучкої енергопоглинальної поверхні для хвильової електростанції, яка за принципом перетворення енергії хвиль принципово відрізнялась від існуючих та була спроможна виробляти електроенергію при будь-яких надзвичайних збуреннях поверхні моря.*

*Розроблено методику визначення потужності модуля хвильової електростанції з енергопоглинальною поверхнею для використання в умовах закритого моря. Доказано можливість використання хвильової електростанції з такими перевагами, а саме:*

- значно спрощується конструкція хвильової електростанції за рахунок відсутності системи занурення при надзвичайних погодних умовах;*
- значно збільшуються показники міцності всіх складових систем та вузлів хвильової електростанції;*
- з'являється можливість використання надводних платформ, що створює умови для діагностування стану вузлів та технічного обслуговування.*

*Проведено розрахунок змінення потужності модуля хвильової електростанції довжиною енергопоглинальної поверхні 9 м та діаметром 1 м при зменшенні амплітуди в інтервалі від  $a = 0,5$  м до  $a = 0,1$  м. Відзначено, що при зменшенні амплітуди хвилі від  $a = 0,5$  м до  $a = 0,4$  м відбувається сильне зниження потужності (у 1,5 рази).*

**Ключові слова:** морська хвильова електростанція, внутрішнє море, енергопоглинальна поверхня.

**Капитанчук К., Андрияшин М.**

### **POWER CHARACTERISTICS OF A WAVE POWER PLANT WITH A FLEXIBLE ENERGY-ABSORBING SURFACE IN INLAND SEA CONDITIONS**

*The development of global energy in the last decade has increasingly focused on new, environmentally friendly technologies that are based on renewable energy sources. The production of “green electricity” is being stimulated in many countries. Sea wave energy has a much higher power density than wind and solar energy. The average power of the oceanic oscillation reaches approximately 15 kW/m. The higher the wave height, the greater the power indicator. At a height of 2 m it reaches a value of 80 kW/m.*

*In 2004, scientists from the National Aviation University, at a meeting of the Section of Applied Problems of the National Academy of Sciences of Ukraine, presented the development of a flexible energy-absorbing surface for a wave power station, which, based on the principle of converting wave energy, was fundamentally different from existing analogues and was capable of generating electricity during any extreme disturbances of the sea surface.*

*A method has been developed for determining the power of a wave power plant module with an energy-absorbing surface for use in inland sea conditions. The possibility of its use with the following advantages has been proven:*

*– the design of the wave power plant is significantly simplified due to the absence of an immersion system in extreme weather conditions;*

*– the strength indicators of all components of the wave power plant systems and units are significantly increased;*

*– it becomes possible to use surface platforms, which creates conditions for diagnosing the condition of components and maintenance. A calculation was made of the change in power of a wave power station module with an energy-absorbing surface length of 9 m and a diameter of 1 m when the amplitude decreases in the range from 0.5 m to 0.1 m.*

*It is noted that when the amplitude decreases in the range from 0.5 m to 0.4 m. there is a strong decrease in power (1,5 times).*

**Keywords:** sea wave power station, inland sea, energy absorption plane.

Стаття надійшла до редакції 13.02.2024 р.

Прийнято до друку 13.03.2024 р.