

ГІДРОТЕХНІКА. ГІДРОЕНЕРГЕТИКА. ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКА

УДК 620.91: 627.1

**РОЗРАХУНОК УСТАНОВОК ДЛЯ ПЕРЕТВОРЕННЯ ЕНЕРГІЇ ВІТРОВИХ ХВИЛЬ
У ЕЛЕКТРИЧНУ ЕНЕРГІЮ**

І. М. Кавецька

студентка 5 курсу, група ГЕ-51, навчально-науковий інститут водного господарства та природооблаштування

Науковий керівник – к.т.н., доцент Ю. Ю. Філіпович

*Національний університет водного господарства та природокористування,
м. Рівне, Україна*

Розглянуто розрахунок установок для перетворення енергії вітрових хвиль у електричну енергію. Основний функціональний принцип запропонованого способу полягає у перетворенні енергії хвиль і оформленні змінних пульсацій у єдинонаправлений рух гідротурбіни і електрогенератора.

Ключові слова: хвилі, енергія, гідротурбіна, електрогенератор, насос.

Рассмотрен расчет установок для преобразования энергии ветровых волн в электрическую энергию. Основной функциональный принцип предлагаемого способа заключается в преобразовании энергии волн и оформлении переменных пульсаций в однонаправленное движение гидротурбины и электрогенератора.

Ключевые слова: волны, энергия, гидротурбина, электрогенератор, насос.

Considered calculation units for wind energy conversion waves into electrical energy. The basic functional principle of the proposed method is to convert the energy of waves and ripple design variables in one-way traffic turbine and electric generator.

Keywords: wave, energy, turbine, electric generator, pump.

Для наочності розглянемо приклад використання запропонованого способу і установки перетворення енергії вітрових хвиль і брижів у електричну енергію. Для цього визначимо енергетичні параметри невеликого судна оптимального водовитіснення $m_c \approx 200$ т. Таких суден-перетворювачів енергії хвиль на даному об'єкті прийнято 12. Усі вони розташовуються і швартуються у надводному положенні навколо вертикальної круглої або граненої горловини надводної частини споруди.

Для розрахунків використаємо формулу потужності

$$N_1 = \frac{2 \cdot m_c \cdot h_e \cdot g}{T}, \text{ кВт}, \quad (1)$$

де m_c – водовитіснення судна, кг; $h_e = 0,5; 1; 2; 3; 4; 5$ та 6 м – висота підйому центру ваги судна на хвилі; T – період коливання судна, с. Невідоме значення періоду T визначаємо за залежностями, отриманими згідно натурних досліджень [4], які відповідають характеру хвильових умов водосховищ та Чорного моря

$$h_\lambda \approx \frac{0,2 \cdot v_{sm}^2}{T}, \quad (2)$$

де v_{sm} – швидкість вітру;

$$\lambda \approx \frac{2 \cdot \pi \cdot v_{sm}^2}{g}, \quad (3)$$

$$T_{\lambda} \approx \frac{2 \cdot \pi \cdot v_{em}}{g} \quad (4)$$

Із залежності (2) отримаємо швидкість вітру $v_{em} \approx \sqrt{5 \cdot h_{\epsilon} \cdot T_{\lambda}}$ для усіх значень h_{ϵ} . Підставивши отримане значення v_{em} у формулу (4), отримаємо

$$T_{\lambda} \approx 2 \cdot \pi \cdot \sqrt{\frac{h_{\epsilon}}{g}} \quad (5)$$

Підставивши отримані значення T_{λ} в залежність (1), отримаємо значення T_{λ} , λ , N_I для усіх значень h_{λ} . Результати розрахунків зводимо у таблицю 1.

Таблиця 1

Розрахунок значень T_{λ} , λ , N_I для усіх значень h_{λ} .

h_{λ} , м	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
T_{λ} , с	3,2	4,5	6,4	8,0	9,0	10,0	11,0
λ , м	15	30	60	76	120	160	200
N_I , кВт	613	990	1264	1500	1700	1960	2400
v_{em} , м/с	5	7	10	12,24	14,14	16,00	18,00

Результати наведених у таблиці 1 розрахунків більше характеризують брижі, які часто зустрічаються внаслідок частих штормових вітрів у певній частині моря або водосховища. Вітрові хвилі можуть посилити, понизити або перетворити їх у хаотичні хвилі.

Передача енергії перетворювача № 1 (судна-понтону), перетворювачу № 2 (високонапірному поршневному насосу двохсторонньої дії) відбувається за допомогою важеля першого-другого роду і вертикальної штанги, зв'язаних шарнірно. ККД передачі енергії перетворювача № 1 перетворювачу № 2 приймаємо $\eta_{пер} \approx 0,96$.

Насос двохсторонньої дії за один подвійний хід поршня виконує два процеси усмоктування і два нагнітання – для цього є два усмоктувальних і два нагнітальних клапани. При переміщенні поршня вгору, у нижній частині робоча рідина (прісна вода) усмоктується $v_{усм} = F \cdot s$, а у верхній – виштовхується $v_{нас} = (F - f) \cdot s$, де f – площа штока; F – площа поршня; s – хід поршня.

За один подвійний хід поршня подача насоса двохразової дії рівна

$$v_2 = v_{нас} + v_{усм} = (2 \cdot F - f) \cdot s, \text{ м}^3/\text{с} \quad (6)$$

Середня подача, не враховуючи площі штока (f) становить

$$Q_{сер} = \frac{\pi \cdot D_1^3}{4} \cdot s \cdot \frac{n}{60} \quad (7)$$

де D_1 – діаметр поршня, приймається $D_1=1,2$ м (менший діаметр не забезпечує подачу робочої рідини, а більший вимагає влаштування громіздкого пристрою); n – число періодів хвилі за хвилину; значення ходу поршня s і подачі $Q_{нас}$ наведені у таблиці 2.

Таблиця 2

Значення ходу поршня s і подачі $Q_{нас}$.

h_{ϵ} , м	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
s , м	0,125	0,25	0,45	0,65	0,85	1,05	1,25
n	18,7	13,33	9,37	7,5	6,66	6,00	5,45
$Q_{нас}$, м ³ /с	0,048	0,068	0,086	0,1	0,115	0,13	0,14

Подача двохстороннього насоса злегка пульсуюча. Для зменшення цих небажаних явищ насос подвійної дії оснащується повітряними ковпаками, що являють собою резервуари із повітрям. Вони встановлюються у безпосередній близькості від насоса. Один – у кінці усмоктувального трубопроводу, другий – на початку напірного. Повітряні ковпаки відіграють роль швидкодіючих акумуляторів які, маючи достатні об'єми, можуть значно підвишити рівномірність подачі насоса [6]. ККД двохстороннього насоса приймаємо $\eta_n=0,8$.

Однак попередній аналіз роботи одного насоса двохсторонньої дії з напором $H=230$ м показав, що він не забезпечує використання енергії, яку надає перший перетворювач енергії хвиль (судно-понтон водовитісненням $m_c=200$ т). Причина – мала кількість періодів хвилі за хвилину, згідно формули середньої подачі насоса двохсторонньої дії (7).

У якості другого перетворювача приймаємо гірлянду декількох насосів двохсторонньої дії, поршні яких розташовані і працюють на одному вертикальному штоці об'єднаних насосів. Таке вирішення зберігає попереднє місце розташування одного насоса, але дозволяє збільшити у декілька разів об'ємну подачу і повністю використовувати енергію першого перетворювача. Остаточо приймаємо напір у третьому перетворювачі (баці-акумуляторі) рівним $H=300$ м. ККД бака-акумулятора приймаємо $\eta_b=0,98$.

У якості четвертого перетворювача хвиль приймаємо ківшеву гідротурбіну з напором $H=300$ м. Переваги активної ківшевої турбіни перед радіально-осьовими полягають у тому, що вони у вказаній області ($H=300$ м) мають більш високий ККД, мають більш полого робочу характеристику, прості конструктивно і мають низьку вартість. У даному випадку доцільна вертикальна компоновка агрегату із шістьма розподільниками кільцевого типу. Така компоновка є класичною для багатосоплових ківшевих гідротурбін. ККД активної гідротурбіни приймаємо $\eta_T=0,9$. П'ятий перетворювач енергії хвиль – електрогенератор встановлюється на одному валу з гідротурбіною $\eta_{ел.з}=0,94$, $\eta_{заг}=0,65$.

Елементи пристрою, що забезпечують використання енергії вітрових хвиль і брижів розташовуються у споруді, стіни якої складаються із двох частин. Посередині стіни знаходиться силовий каркас, що складається (з метою економії) із відпрацьованих залізничних рейок. Товщина стін споруди 1 м. Напружений шар стіни товщиною 0,5 м виконується із залізобетону за допомогою опалубки, виконаної із чавунних плит і відливок, що опираються на силовий каркас. Чавун стійкий до впливу морської води на залізо. Внутрішня частина стіни також має опалубку із чавуну, але заповнена під тиском пресованою глиною. Це викликано тим, що глина має менший коефіцієнт фільтрації, ніж залізобетон. Це надійно забезпечує герметичність споруди від вологи.

Підводячи підсумки і визначаючи можливості практичного використання запропонованої установки для перетворення енергії вітрових хвиль і брижів у електричну енергію, результати розрахунків наводимо у таблиці 3.

Таблиця 3

Розрахунки режимів роботи пристрою для перетворення енергії вітрових хвиль і брижів у електричну енергію

1	$h_{\lambda} \approx \frac{0,2 \cdot v_{\text{м}}^2}{T}, \text{ м}$	0,5	1,0	2,0	3,0	4,0	5,0	6,0
2	$N_c = \frac{2 \cdot m_c \cdot h_{\lambda} \cdot g}{T}, \text{ кВт}$	613	990	1264	1500	1700	1960	2400
3	$N_{\text{нов}} = N_c \cdot \eta_{\text{об}}, \text{ кВт}$	400	643	784	975	1105	1274	1560
4	$Q_{\text{нов}} = \frac{400 \cdot N_{\text{нов}}}{9,81 \cdot 300}, \text{ м}^3/\text{с}$	0,136	0,22	0,27	0,33	0,375	0,43	0,53

Продовження табл. 3

5	$Q_n = \frac{\pi \cdot D_n^2}{4} \cdot s \cdot \frac{n}{60}, \text{ м}^3/\text{с}$	0,048	0,068	0,096	0,1	0,115	0,13	0,14
6	$3 \cdot Q_n, \text{ м}^3/\text{с}$	0,144	0,2	0,29	0,3	0,345	0,4	0,42
7	$3 \cdot N_n, \text{ кВт}$	423	600	846	882	1014	1146	1236
8	$\Sigma 12 \cdot N_n, \text{ кВт}$	2292	3320	4828	5094	5700	6550	7670

У рядку (1) наведена висота хвилі; у рядку (2) – потужність перетворювача № 1, кВт; рядок (3) – потужність із втратами енергії $\eta_{заг}=0,65$; рядок (4) – необхідна подача двохразового насоса; рядок (5) – дійсна подача одного двохразового насоса; рядок (6) – подача трьох двохразових насосів; рядок (7) – потужність, необхідна для трьох насосів; рядок (8) – загальна потужність 12-ти перетворювачів № 1 із урахуванням $\eta_{заг}=0,65$.

Спосіб та пристрій перетворення енергії вітрових хвиль і брижів у електричну енергію ґрунтується на використанні сукупності послідовного виконання взаємопов'язаних дій, відомих науці і техніці пристроїв, що характеризуються тим, що основний функціональний принцип запропонованого способу полягає у перетворенні енергії хвилі і оформленні змінних пульсацій у однонаправлений рух гідротурбіни і електрогенератора.

Крім постачання електроенергії прибережним населеним пунктам, промисловим і сільськогосподарським підприємствам, створюються сприятливі умови експлуатації і використання берегів, значно зменшується розмив прибережної зони штормовими хвилями, створюються сприятливі умови для прибережного судноплавства тощо. Також вони можуть виконувати охоронну і захисну роль у акваторії водосховища або моря.

Список використаних джерел:

1. Кривченко Г. И. Гидроэлектрические станции / Г. И. Кривченко, В. Я. Карелин. – М. : Энергоатомиздат, 1987. – 464 с.
2. Росс Д. Энергия волн / Д. Росс – Л. : Метеоиздат, 1981. – 112 с.
3. Коробков В. А. Преобразование энергии океана / В. А. Коробков – СПб. : Судостроение, 1986. – 279 с.
4. Вершинский Н. В. Энергия океана / Н. В. Вершинский – М. : Наука, 1986. – 152 с.
5. Кривченко Г. И. Гидравлические машины: турбины и насосы / Г. И. Кривченко. – М. : Энергия, 1978. – 320 с.
6. Степанов М. Н. Гидравлические машины / М. Н. Степанов. – К. : Вища школа, 1994. – 168 с.
7. Карелин В. Я. Сооружения и оборудование малых гидроэлектростанций / В. Я. Карелин, В. В. Волшаник. – М. : Энергоатомиздат, 1986. – 200 с.
8. Гидроэнергетическое и вспомогательное оборудование гидроэлектростанций. Справочное руководство / под ред. Ю. С. Васильева и Д. С. Щавелева. – М. : Энергоатомиздат, 1988. – Т. 1. Основное оборудование ГЭС. – 400 с.