

## **ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ДОШКІЛЬНОЇ ТА ЗАГАЛЬНОЇ ОСВІТИ**

УДК: 37.016:[53:621.311.4]

**А. М. Андрєєв**

### **МОДЕЛЬ ХВИЛЬОВОЇ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ УСТАНОВКИ ТА ЇЇ ВИКОРИСТАННЯ В НАВЧАЛЬНОМУ ПРОЦЕСІ З ФІЗИКИ**

У наш час проблема енергозбереження, раціонального використання природних ресурсів, а також розвитку альтернативної енергетики є як ніколи актуальною. У її розв'язанні важлива роль належить освіті й вихованню молоді. На фізику як на навчальний предмет покладено особливе завдання, оскільки фізика (як наука) виступає фундаментом для технічного розв'язання окресленої проблеми. Тому перед учителем постає важливе завдання – використання в навчальному процесі відповідних інноваційних підходів до ознайомлення учнів з програмним матеріалом, що розкриває практичне застосування фізичних явищ, законів і теорій у галузі енергозберігаючих технологій та передбачає вивчення відповідних пристроїв (приладів, механізмів, машин тощо). Неабияке значення для цього відіграє розгляд діючих моделей конкретних пристроїв. Проте на сьогодні у переліку демонстраційного шкільного обладнання майже відсутні пристрої (моделі або макети), які б дозволяли продемонструвати учням технічні рішення в галузі альтернативної енергетики.

Наші попередні дослідження, які стосуються вказаної проблеми, були пов'язані з розробкою методичного підходу до формування в учнів компетентностей у галузі енергозбереження в процесі вивчення фізики. Серед інших форм учнівської роботи, передбачених цим підходом, ми використовуємо (як на уроках, так і у позакласній роботі) науково-дослідницьку та винахідницьку діяльність старшокласників. Її об'єктом є вдосконалення наявних і розробка нових технічних рішень і заходів у галузі енергозберігаючих технологій (наприклад, пристроїв, які використовують альтернативні джерела енергії). Не зупиняючись тут на особливостях організації та управління такою діяльністю, зазначимо, що вже є певні результати, що вказують на ефективність цього підходу.

Одним з таких прикладів є створення учнями експериментальної групи нової конструкції *хвильової енергетичної установки* (хвильової електростанції), на яку отримано патент на корисну модель [1]. Цю розробку можна застосовувати не лише за її прямим призначенням (яке полягає в перетворюванні механічної енергії хвиль на поверхні водоймищ в електричну), але й використовувати у навчальному процесі з фізики (зокрема, у демонстраційному експерименті).

У статті маємо на меті розглянути технічний опис (конструкцію та принцип дії) запропонованої хвильової енергетичної установки та навести методичні особливості використання її діючої моделі в навчальному процесі з фізики.

Одним з існуючих видів альтернативних (поновлюваних) джерел енергії є *хвилі* на поверхні водоймищ (океанів, морів, повноводних річок). Для перетворення енергії хвиль в механічну чи електричну енергію вже існують чимало конструкцій хвильових енергетичних установок. Так, деякі ідеї щодо перетворення енергії хвиль в електричну енергію наведені в роботі А. Давиденка [2, с. 115]. Одним з перспективних варіантів використання хвильових енергетичних установок є автономне енергозабезпечення бакенів, буїв і маяків, які вказують напрямок руху кораблям.

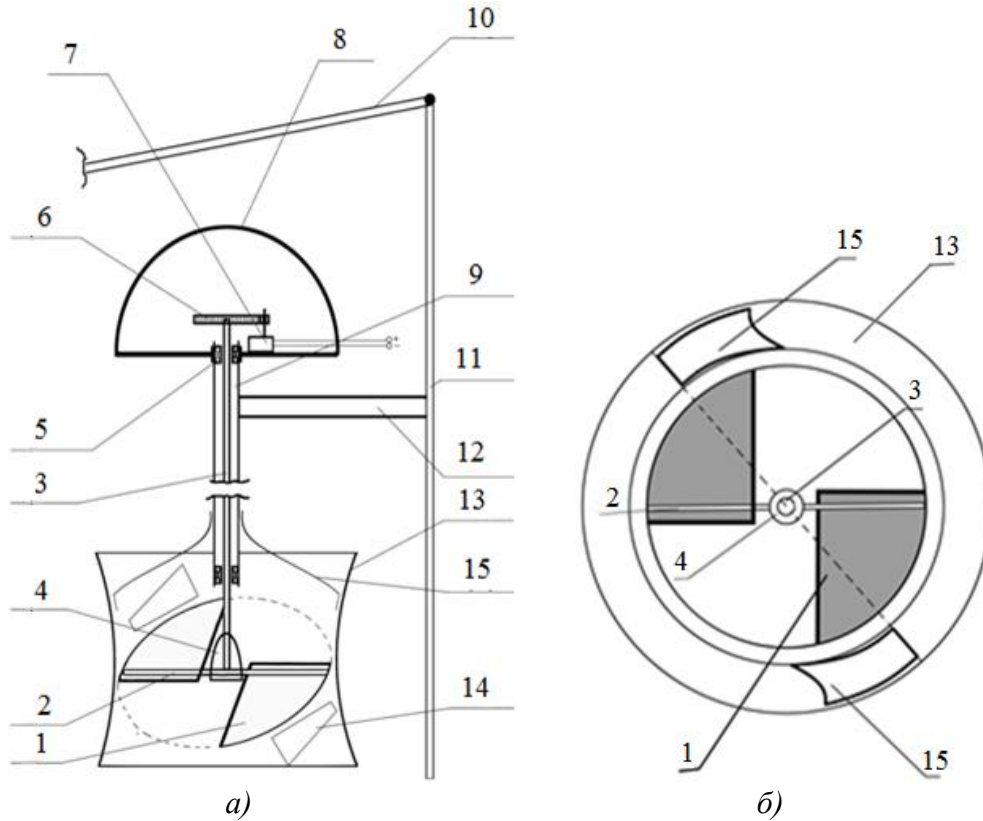
Проте хвильова енергетика розвивається досить повільно через велику кількість технічних проблем, з якими пов'язане перетворення механічної енергії хвиль в електричну. Серед них: розосередження енергії на великій площі; непостійне хвилевідтворення; низька швидкість руху хвиль при значній силі їхньої дії. Крім того, існуючі хвильові енергетичні установки мають ще й конструктивні недоліки.

**Технічний опис хвильової енергетичної установки.** *Конструкція.* Установка містить (рис. 1): лопаті 1, що жорстко закріплені з одного боку на вісях-спицях 2; вал 3; муфту 4; підшипники 5; підвищувальний редуктор 6; електрогенератор 7; кожух 8; стойку 9; штангу 10; шток 11, шарнірно з'єднаний зі штангою 10; кронштейн 12, який з одного боку прикріплено до штока 11, а з іншого до стойки 9; концентратор потоку води 13 з направляючими лопатками 15 (рис. 1, б), що з'єднаний зі стойкою 9 за допомогою тримачів 14; плавучість 16 (яку на рис. 1 не зображено).

Лопаті, які закріплені з одного боку на вісях-спицях, та муфта утворюють лопатевий гвинт, який з'єднаний з нижнім кінцем валу, що встановлений у підшипниках стойки, і є, у свою чергу, складовими частинами гвинтового перетворювача енергії. Лопаті гвинта виконані гнучкими та пружними, їх кількість повинна бути не менше двох. Верхній кінець валу з'єднаний з підвищувальним редуктором, який механічно з'єднаний з генератором. Підвищувальний редуктор та генератор, які розташовані в кожусі, утворюють енергетичний блок. Концентратор потоку води захищає лопатевий гвинт від механічних ушкоджень. Кожух запобігає попаданню вологи та пилу до редуктора й генератора. Штанга жорстко закріплена до плавучості.

*Принцип дії.* Хвильова установка тримається на воді за допомогою плавучості (нею можуть виступати спеціальні камери, буї, човни тощо). При виникненні хвиль на поверхні водоймища плавучість здійснює коливальний рух. За допомогою штанги цей рух передається шарнірно з'єднаному з нею штоку. При цьому розмах зворотно-поступального руху штока пропорційний довжині штанги. Стойка, яка жорстко з'єднана

зі штоком за допомогою кронштейна, повторює зворотно-поступальний рух штока. Цей рух передається валу і лопатям, які мають змогу рухатися мов „риб’ячий хвіст”.



*Рис. 1. Схема хвильової енергетичної установки з гнучкими лопатями: а) вигляд установки збоку; б) вигляд концентратора потоку води зверху.*

Під час піднімання стойки вгору гнучкі та пружні лопаті відхиляються потоком води вниз, що спричиняє обертання лопатевого гвинта. Це обертання передається валу установки. При русі установки вниз лопаті відхиляються догори, при цьому напрямок обертання лопатевого гвинта не змінюється, що обумовлює підвищення ККД установки, у порівнянні з відомими рішеннями. Від валу обертальний рух передається підвищувальному редуктору, а від нього, зі збільшеною частотою, – генератору установки. До генератора можна підключити електричне навантаження (наприклад, акумулятор).

Також підвищення ККД установки в запропонованому технічному рішенні досягається за рахунок введення направляючих лопаток, які закріплені на внутрішній поверхні концентратора потоку води. При зворотно-поступальному русі установки направляючі лопатки закручують потік води у бік, що відповідає напрямку обертання гвинта, це призводить до збільшення обертального моменту лопатевого гвинта.

**Модель хвильової енергетичної установки.** Учні нашої експериментальної групи розробили й виготовили різні варіанти діючих моделей описаної хвильової енергетичної установки. На початковому етапі експериментального досліджування розробки була виготовлена її дволопатева діюча модель (рис. 2, *а*). Вона дозволила впевнитися у працездатності запропонованого технічного рішення. На її основі була розроблена більш досконала трилопатева модель (рис. 2, *б*), яку можна використовувати в демонстраційному експерименті з фізики.



*а)*



*б)*

Рис. 2. Фото діючих моделей хвильової енергетичної установки:  
*а)* дволопатева модель; *б)* удосконалена трилопатева модель.

Електричний блок моделі містить електрогенератор (трифазний, з постійними магнітами) та блок автоматики. Завдання останнього полягає в автоматичній подачі напруги на світлосигнальний елемент (у моделі ним є світлодіод) залежно від рівня освітленості. Це зроблено для можливості продемонструвати учням один із варіантів використання хвильової установки на практиці, а саме для автономного електропостачання навігаційних світлосигнальних пристроїв (бакенів, буїв). Уночі вони здійснюють періодичні світлові спалахи (або також періодичні звукові сигнали).

**Методичні особливості використання моделі у процесі вивчення фізики.** Наведемо далі деякі методичні пропозиції щодо використання розглядуваної моделі на занятті, присвяченому розгляду альтернативних джерел енергії. Таке заняття можна провести під час вивчення розділу „Механіка”, зокрема, після вивчення теми „Закони збереження в механіці”.

Перед безпосереднім ознайомленням учнів з конструкцією моделі хвильової електростанції вчитель має привернути їх увагу до аналізу самого джерела енергії – морських та річкових хвиль. Наприклад, можна розглянути фізичні основи утворення хвиль на поверхні водоймищ.

Слід також указати на передумови використання хвилевих енергетичних установок. Адже проблема використання енергії хвиль є особливо актуальною для тих країн, які мають відповідні гідроенергетичні ресурси. Так, у ряді країн (Великій Британії, Норвегії, Японії, США) вже діють промислові зразки хвильових електростанцій [3, с. 150]. Наприклад, у Норвегії побудовано хвильову енергетичну установку потужністю 500 кВт.

Україна теж має можливість використовувати енергію хвиль, адже вона має вихід до Чорного та Азовського морів, а також повноводні річки (Дніпро, Дністер, Дунай, Південний Буг, Десна, Прип'ять тощо). Хвильові енергетичні установки малої потужності можуть використовуватися як джерело електроенергії для буїв, бакенів та маяків, а також для автономного енергозабезпечення океанографічних зондів та годівниць для розведення риб.

Після ознайомлення учнів з конструкцією та принципом дії моделі хвильової електростанції їм можна поставити такі задачі.

Ø *Запропонувати варіанти можливого використання хвильових електростанцій на Чорному та Азовському морях; на Дніпрі.*

Ø *Знайти недоліки в розглянутій конструкції хвильової енергетичної установки.*

Ø *Запропонувати власний спосіб перетворення енергії хвиль в інші види енергії (наприклад, в електричну).*

Характерною особливістю таких задач є те, що вони не мають завершеної відповіді (мають кілька розв'язків). Досвід застосування цих задач показує, що їх із задоволенням розв'язують як учні, що цікавляться фізикою, так і ті, що зазвичай не виявляють особливого інтересу до її вивчення, а тому мають відносно невисокий рівень навчальних досягнень з предмета.

Наприкінці заняття (наприклад, в якості домашнього завдання) учням можна запропонувати *зробити порівняльну характеристику джерел енергії, у яких поновлювана енергія рухомої води використовується для виконання роботи (ними є енергія річок, припливів, хвиль та течій).*

*Додаткові творчі завдання.* Учням, які вивчають фізику поглиблено (особливо тим, хто готується до участі в олімпіадах та інших конкурсах фізико-технічного спрямування), можна запропонувати, окрім якісних, ще й кількісні задачі, пов'язані, наприклад, з визначенням деяких робочих параметрів хвильової установки, з теоретичним дослідженням її робочих характеристик та ін. Для успішного проведення цієї форми навчальної роботи ми використовуємо такий методичний прийом.

Спочатку формулюється технічне завдання, у якому визначається перелік основних робочих параметрів установки, які потрібно знайти. Після цього кожне з таких завдань учні розбивають на низку більш простих фізичних задач, які потім розв'язують. Як приклад розглянемо два таких завдання (з ними учні стикалися на етапі розроблення хвильової установки).

1. *Оцінити механічну потужність хвильової установки в залежності від площі, яку охоплює лопатевий гвинт, і параметрів хвиль (висоти та періоду).*

Ø Знайдемо потужність  $N_0$  водяного потоку через площадку площею  $S$ , що перпендикулярна до напрямку швидкості води  $v$ .

*Розв'язання.* Нехай за час  $t$  через нерухому площадку площею  $S$  проходить вода масою  $m$ . Тоді потужність цього потоку

$$N_0 = \frac{m v^2}{2t}.$$

Враховуючи, що  $m = \rho \cdot V = \rho \cdot S v t$  ( $\rho$  – густина води,  $V$  – об'єм води, що проходить крізь площадку  $S$  за час  $t$ ), отримуємо:

$$N_0 = \frac{1}{2} S \rho v^3. \quad (1)$$

Ø Врахуємо, що не вся потужність потоку води перетворюється на механічну потужність лопатевого гвинта.

*Розв'язання.* Введемо коефіцієнт використання енергії водяного потоку  $\xi$  – відношення механічної потужності на валу гвинта до потужності водяного потоку, який проходить через площу, що охоплює гвинт при своєму обертанні. Як правило,  $\xi$  знаходиться експериментальним шляхом. Застосування коефіцієнта  $\xi$  дозволяє записати формулу для механічної потужності  $N$  на валу гвинта у вигляді:

$$N = \frac{1}{2} \xi S \rho v^3. \quad (2)$$

Ø Оцінимо середню швидкість вертикального переміщення гвинтового перетворювача енергії на хвилях висотою  $h$  і періодом  $T$ .

*Розв'язання.* Швидкість вертикального переміщення точки на поверхні води при наявності хвиль висотою  $h$  і періодом руху  $T$  можна оцінити як  $2h/T$ . Проте використання штанги дозволяє збільшити цю швидкість у декілька, нехай у  $k$ , разів. Тому для швидкості підйому труби хвильової установки разом із гвинтовим перетворювачем енергії дістаємо формулу:

$$v = k \frac{2h}{T}. \quad (3)$$

Після підстановки (3) у (2), з урахуванням  $S = \pi R^2$ , отримуємо формулу для визначення механічної потужності хвильової установки:

$$N = 4\pi\xi\rho k^3 \cdot \frac{R^2 h^3}{T^3}. \quad (4)$$

*Вихідні дані для розрахунку:* середні параметри хвиль у Чорному морі: висота  $h=1$  м, період  $T=4$  с; радіус кола, яке описує гвинт при обертанні  $R=0,5$  м; коефіцієнт використання потоку води  $\xi=0,4$ ; густина води  $\rho=1000$  кг/м<sup>3</sup>; коефіцієнт збільшення швидкості вертикального переміщення гвинта  $k=2$ . Обчислення за формулою (4) дають

$$N \approx 160 \text{ Вт.}$$

2. *Оцінити мінімальний об'єм  $V_0$  плавучості для забезпечення даної механічної потужності хвильової установки.*

*Розв'язання.* Рух установки вгору обумовлюється піднімальною силою, що діє на плавучість:

$$F = \rho g V_0 - mg, \quad (5)$$

де  $g$  – прискорення вільного падіння,  $m$  – маса установки (разом із плавучістю та електрогенератором).

З іншого боку необхідне значення  $F$ , яке залежить від потужності  $N$  хвильової установки, можна оцінити за формулою:

$$F = N/v. \quad (6)$$

Порівнюючи (5) і (6) з урахуванням (3), знаходимо мінімальний об'єм плавучості

$$V_0 = \frac{1}{\rho} \left( \frac{N}{vg} + m \right) = \frac{1}{\rho} \left( \frac{NT}{2khg} + m \right). \quad (7)$$

*Вихідні дані для розрахунку:* механічна потужність установки  $N=160$  Вт; маса установки  $m=15$  кг; прискорення вільного падіння  $g=9,8$  м/с<sup>2</sup>; значення інших параметрів такі самі, як і у попередньому розрахунку. Отримуємо:

$$V \approx 0,031 \text{ м}^3.$$

Отже, для отримання механічної потужності 160 Вт мінімальний об'єм плавучості повинен складати 0,031 м<sup>3</sup>.

Запропонована модель хвильової енергетичної установки може бути використана в навчальному процесі з фізики як наочний демонстраційний засіб під час вивчення навчального матеріалу, пов'язаного з енергозбереженням, екологічно безпечними технологіями, розвитком альтернативної енергетики. Демонстрація моделей (макетів), зроблених учнями, виступає дієвим засобом щодо підвищення зацікавлення до вивчення фізики, а також мотивує інших школярів до творчої діяльності.

Подальші дослідження ми пов'язуємо з розробкою навчально-методичного забезпечення уроків фізики (у першу чергу, для учнів фізико-математичних класів), присвячених питанням енергозбереження.

**Список використаної літератури**

1. Пат. 59023 Україна, МПК F03B 13/14 (2006.01), F03B 13/16 (2006.01), F03B 13/20 (2006.01), F03B 13/22 (2006.01). Хвильова енергетична установка / А.М. Андрєєв, В.В. Терновой, В.В. Терновой, І.В. Ольховик, Е.І. Умеров; заявник та патентовласник Запорізький національний університет. – № u201100740; заявл.24.01.2011; опубл. 26.04.2011, Бюл. № 8. 2. **Давиденко А. А.** Методика розвитку творчих здібностей учнів у процесі навчання фізики (теоретичні основи). / Андрій Андрійович Давиденко. – Ніжин : ТОВ Видавництво „Аспект-Поліграф”, 2004. – 264 с. 3. **Тельдеши Ю.** Мир ищет энергию / Ю. Тельдеши, Ю. Лесны; пер. со словац. М. Я. Аркина; под ред. Ю. А. Мазитова; предисл. Н. С. Лидоренко. – М. : Мир, 1981. – 439 с.

**Андрєєв А. М. Модель хвильової енергетичної установки та її використання у навчальному процесі з фізики**

У статті розглядається навчальна модель хвильової енергетичної установки, яка дозволяє продемонструвати можливість перетворення енергії хвиль на поверхні водоймищ в електричну енергію. Висвітлено методичні особливості використання моделі в навчальному процесі з фізики.

*Ключові слова:* альтернативні джерела енергії, модель хвильової енергетичної установки, демонстраційний експеримент з фізики.

**Андреев А. Н. Модель волновой энергетической установки и ее использование в учебном процессе по физике**

В статье рассмотрена учебная модель волновой энергетической установки, позволяющая продемонстрировать возможность преобразования энергии волн на поверхности водоемов в электрическую энергию. Освещены методические особенности использования модели в учебном процессе по физике.

*Ключевые слова:* альтернативные источники энергии, модель волновой энергетической установки, демонстрационный эксперимент по физике.

**Andreev A. M. The model of wave power plant and its use in teaching physics**

The training model of the wave power plant is reviewed in this article. This model can be used to demonstrate the possibility of converting the energy of waves on the surface of water into electrical energy. Methodical features of the model in the educational process in physics is considered too.

*Key words:* alternative energy sources, model wave power plant, demonstration experiment in physics.

Стаття надійшла до редакції 03.09.2012 р.

Прийнято до друку 26.10.2012 р.