

**МІНІСТЕРСТВО ВНУТРІШНІХ СПРАВ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
ВНУТРІШНІХ СПРАВ
КРЕМЕНЧУЦЬКИЙ ЛЬОТНИЙ КОЛЕДЖ**

Циклова комісія авіаційного і радіоелектронного обладнання

ТЕКСТ ЛЕКЦІЇ

з навчальної дисципліни «**Альтернативні джерела енергії**»
обов'язкових компонент
освітньої програми першого (бакалаврського) рівня вищої освіти

***141 Електроенергетика, електротехніка та електромеханіка
(Електромеханіка)***

За темою № 6 – Мала гідроенергетика

Кременчук 2023

ЗАТВЕРДЖЕНО

Науково-методичною радою
Харківського національного
університету внутрішніх справ
Протокол від 30.08.2023 № 7

СХВАЛЕНО

Методичною радою
Кременчуцького льотного
коледжу
Протокол від 28.08.2023 № 1

ПОГОДЖЕНО

Секцією науково-методичної ради
ХНУВС з технічних дисциплін
Протокол від 29.08.2023 № 7

Розглянуто на засіданні циклової комісії авіаційного і радіоелектронного
обладнання КЛК ХНУВС, протокол від 28.08.2023 № 1

Розробник: викладач циклової комісії авіаційного і радіоелектронного
обладнання КЛК ХНУВС, к.т.н., професор, спеціаліст вищої категорії
Гаврилюк Ю.М.

Рецензенти:

1. Доцент кафедри електричних станцій НТУ «Харківський
політехнічний інститут», к.т.н. Шокарьов Д.А.
2. Викладач-методист циклової комісії авіаційного і радіоелектронного
обладнання, к.т.н., спеціаліст вищої категорії Волканін Є.Є.

План лекції:

1. Мала гідроенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення.
2. Енергетичні установки по використанню енергії океану.
 - 2.1. Енергія хвиль та припливів.
 - 2.2. Енергія хімічних зв'язків газів, солей, мінералів тощо.
 - 2.3. Прихована енергія течій у різних частинах морів та океанів.
 - 2.4. Різниця температур води на поверхні та в глибині, а також перетворення її на традиційні види енергії.
3. Екологічні наслідки розвитку малої гідроенергетики.
4. Типовий розрахунок турбіни Пельтона.

Література:

Основна:

1. Сінчук І.О. Відновлювані та альтернативні джерела енергії. Навчальний посібник / І.О. Сінчук, С.М. Бойко, О.Є. Мельник; під ред. доктора технічних наук, професора О.М. Сінчука. – Кременчук, 2015. – 270с.
2. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения – К.: «Освіта України», 2007. – 464с.
3. Альтернативные энергоносители / М.В. Голицын, А.М. Голицын, Н.В. Пронина; Отв. ред. Г.С. Голицын. – М.: Наука, 2004. – 159 с.
4. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 96 с.
5. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоэнергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Підручник. – К.: “Політехніка”, 2003. – 228 с.
6. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Кудря С.О., Яценко Л.В., Душина Г.П. та інш. – НАН України, державний комітет України з енергозбереження. – К.: 2001. – 41 с.
7. Макаровский С.Н. Особенности работы электростанций на нетрадиционных возобновляемых источниках энергии и пути повышения эффективности // Гидротехническое строительство. 2001, №1, С. 33–36.
8. Лабейш В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / В.Г. Лабейш. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 80 с.
9. Рубан С. С. Нетрадиционные источники энергии / С. С. Рубан. – М.: Энергия, 2003. – 326 с.
10. Энергетические ресурсы мира; под ред. П. С. Непорожного, В. И. Попкова. – М.: Энергоатомиздат, 1995. – 232 с.

Допоміжна:

11. Реєстр альтернативних видів палива Державного агентства з

енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). – Київ, 2011. – 42 с.

12. Агроекологічний атлас Полтавщини / В.М. Писаренко, Ю.С. Голік, П.В. Писаренко [та ін.]. – Полтава: Оріяна, 2009. – 70 с.

Інформаційні ресурси

13. Нормативні акти України [Електронний ресурс]. – Режим доступу: www.nau.kiev.ua.
14. Сервер Верховної Ради України. – Режим доступу: www.rada.gov.ua.
15. Міністр енергетики та вугільної промисловості України – Режим доступу: <http://mpe.kmu.gov.ua/>

1. Мала гідроенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення



Рисунок 1 – Мала ГЕС у селі Яблуниця Путильського району, Карпати

Мала гідроенергетика, яка є найбільш освоєною з нетрадиційних відновлювальних джерел електроенергії, дозволяє використати значний гідроенергетичний потенціал малих рік і приток, систем водопостачання, іригації з видачею електроенергії в енергосистему, а в багатьох випадках забезпечити локальне електропостачання віддалених районів або населених

пунктів, особливо в недостатньо розвинених країнах і в країнах, що розвиваються, з обмеженою системою централізованого електропостачання. До переваг малих ГЕС відносяться порівняно невеликий об'єм інвестицій і короткий термін будівництва, що дозволяє прискорити отримання прибутку, забезпечити мінімальну дію на довкілля, надійність і близькість до споживача. До об'єктів малої гідроенергетики відносяться малі ГЕС згідно міжнародної класифікації потужністю до 30 МВт (в Швейцарії, Україні не більше 10 МВт), міні-ГЕС – від 0,1 до 1,0 МВт, мікро-ГЕС – не більше 0,1 МВт.

У більшості розвинених країн досягнутий високий рівень освоєння ресурсів малої гідроенергетики. Так, потужність малих ГЕС, що експлуатуються (2007 р.), складає: в Австрії – 1,1 млн. кВт, Франції – 2,1 млн. кВт, Німеччині – 1,6 млн. кВт, Норвегії – 1,4 млн. кВт, Іспанії – 1,8 млн. кВт, Швейцарії – 0,8 млн. кВт, Японії – 3,5 млн. кВт, Канаді – 2 млн. кВт.

Їх широке освоєння відбувається в країнах, що розвиваються. Світовим лідером у використанні малої гідроенергетики є Китай, де потужність малих ГЕС складає біля 35 млн. кВт з виробленням 110 млрд. кВт·год (2007 р.) і ведеться їх розгорнуте будівництво.

В Індії, де потенціал малої гідроенергетики оцінюється в 15 млн. кВт, експлуатуються 420 малих ГЕС сумарною потужністю більше 0,5 млн. кВт і планується будівництво більше 4000 малих ГЕС.

У Бразилії потужність малих ГЕС – більше 1,9 млн. кВт, будуються – потужністю 1,0 млн. кВт і планується будівництво малих ГЕС потужністю 6,9 млн. кВт.

В Україні загальна потужність малих ГЕС, що експлуатуються, складає більше 100 МВт, більше 100 малих і міні-ГЕС вимагають відновлення та реконструкції.

Загальний економічно ефективний потенціал малих ГЕС України оцінюється в більш ніж 3,0 млрд. кВт·год. Більша частина неосвоєного потенціалу знаходиться у Карпатському регіоні, де передбачається будівництво малих ГЕС з водосховищами комплексного призначення. Будується каскад малих ГЕС на р. Тересві потужністю 16 МВт.

Згідно стратегії розвитку малої гідроенергетики планується довести потужність малих ГЕС у 2020 р. до 700 МВт, а в 2030 р. – до 1040 МВт. Прийняті законодавчі акти (закони «Про альтернативні джерела енергії», «Про зелений тариф») створюють сприятливий інвестиційний клімат для будівництва малих ГЕС.

Гідроакумуюча електростанція (ГАЕС) – гідроелектрична станція, принцип дії якої полягає в перетворенні електричної енергії, що отримується від інших електростанцій, в потенційну енергію води, при зворотному перетворенні накопичена енергія віддається в енергосистему головним чином для покриття піків навантаження.

Гідротехнічні споруди ГАЕС складаються з двох басейнів, розташованих на різних рівнях, і сполучних водоводами. Гідроагрегати, встановлені в будівлі ГАЕС в нижній частині водоводу, можуть бути трьохмашинними, такими, що складаються із сполучених на одному валу оборотної електричної машини (двигун-генератор), гідротурбіни і насоса, або двухмашинними – оборотна електромашина і оборотна гідромашина, яка залежно від напрямку обертання може працювати як насос або як турбіна.

Електроенергія, що виробляється недовантаженими електростанціями енергосистеми (в основному вночі), використовується ГАЕС для перекачування насосами води з нижнього водоймища у верхнє. У періоди піків навантаження вода з верхнього басейну по трубопроводу підводиться до гідроагрегатів ГАЕС, включеним на роботу в турбінному режимі, вироблена при цьому електроенергія віддається в мережу енергосистеми, а вода накопичується в нижньому водоймищі. Кількість акумульованої електроенергії визначається ємкістю басейнів і робочим тиском води ГАЕС. Верхній басейн ГАЕС може бути штучним або природним (наприклад озеро), нижнім басейном часто служить водоймище, що утворилося унаслідок перекриття річки греблею. Однією з переваг ГАЕС є те, що вони не залежать від дії сезонних коливань стоку води.



Рисунок 2 – Дністровська ГАЕС

Гідроагрегати ГАЕС, залежно від напору тиску, що діє на лопаті гідротурбіни, обладнуються поворотно-лопатеви́ми, діагональними, радіально-осьовими чи ковшовими гідротурбінами. Час пуску і зміни режимів роботи ГАЕС вимірюється декількома хвилинами, що зумовлює їх високу експлуатаційну маневреність. Регульовальний діапазон ГАЕС, з самого принципу її роботи, близький до двократній встановленій потужності, що є однією з основних її переваг.

Здатність ГАЕС покривати піки навантаження і підвищувати споживання електроенергії вночі, робить їх дієвим засобом для вирівнювання режиму роботи енергосистеми. Загальний ккд (коефіцієнт корисної дії) ГАЕС в оптимальних розрахункових умовах роботи наближається до 0,75, у реальних умовах середнє значення ккд з урахуванням втрат в електричній мережі не перевищує 0,66.

Приплив і відплив – періодичні вертикальні коливання рівня океану або моря, що є результатом зміни положень Місяця і Сонця відносно Землі разом з ефектами обертання Землі навколо своєї вісі та особливостями даного рельєфу місцевості, проявляється в періодичному горизонтальному зсуві водних мас. Припливи і відпливи викликають зміни в висоті рівня моря, а також періодичні течії, відомі як приливні течії, що передбачають прогнозування припливів важливою інформацією для організації функціонування прибережної навігації.



Рисунок 3 – Залив Фанді під час припливу і відпливу

Інтенсивність цих явищ залежить від багатьох факторів, один з найбільш важливим з них, є ступінь зв'язку водойм зі світовим океаном. Чим більш замкнута водойма, тим менше ступінь прояву приливо-відливних явищ.

Турбіна – ротаційний двигун з безперервним робочим процесом і обертальним рухом робочого органа (ротора), перетворюючий кінетичну енергію і внутрішню енергію робочого тіла (пари, газу, води) в механічну роботу. Струмінь робочого тіла діє на лопатки, закріплені по коловій поверхні ротора, і приводить їх в рух.

Застосовується в якості приводу електричного генератора на теплових, атомних і гідро електростанціях, як складова частина приводів на морському, наземному і повітряному транспорті, а також гідродинамічної передачі, гідронасоси. Моря та океани займають 71% поверхні Землі і мають енергію таких видів:

- енергія хвиль та припливів;
- енергія хімічних зв'язків газів, солей, мінералів тощо;
- прихована енергія течій у різних частинах морів та океанів;

- невичерпна енергія, яку можна виробляти, використовуючи різницю температур води на поверхні та в глибині, а також перетворюючи її на традиційні види.

2 Енергетичні установки по використанню енергії океана

Приливна електростанція (ПЕС) – особливий вид гідроелектростанції, що використовує енергію припливів, а фактично кінетичну енергію обертання Землі. Припливні електростанції будують на берегах морів, де гравітаційні сили Місяця і Сонця двічі на добу змінюють рівень води. Коливання рівня води біля берега можуть досягати 13 метрів.

Для вироблення електроенергії електростанції такого типу використовують припливну енергію води. Перша така електростанція (Паужетская) потужністю 5 МВт була побудована на Камчатці. Для пристрою найпростішої приливної електростанції потрібно басейн – перекритий греблею затоку або гирло річки. У греблі є водопропускні отвори і встановлені гідротурбіни, які обертають генератор. Гідротурбіна – це лопаткова машина, що приводиться в обертання потоком рідини, зазвичай річкової води. За принципом дії гідравлічні турбіни підрозділяють на активні (вільноструйні) і реактивні (напороструйні); за конструкцією – на вертикальні і горизонтальні.

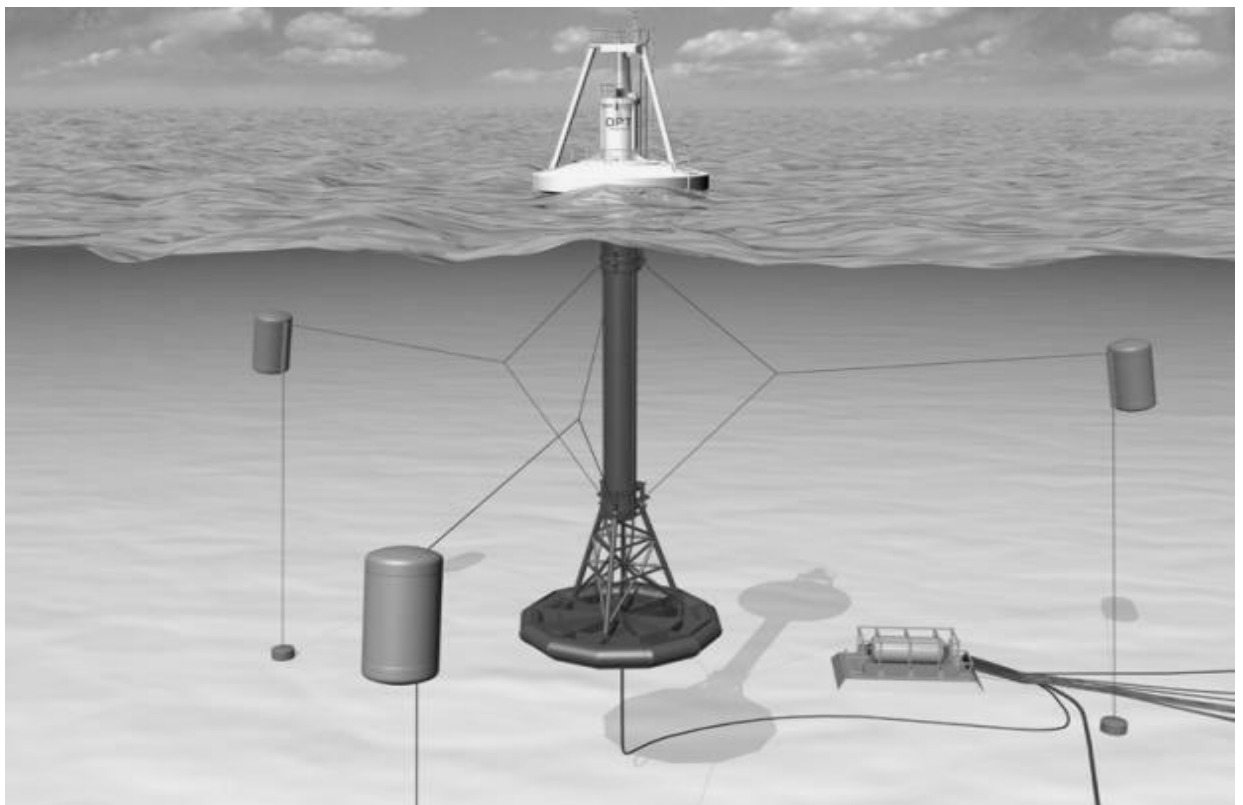


Рисунок 4 – Припливна електростанція в США

В залежності від розташування осі обертання розрізняють вертикальні і горизонтальні гідрогенератори; за частотою обертання – тихохідні (до 100 об/хв) і швидкохідні (понад 100 об/хв). Потужність гідрогенераторів від декількох десятків до декількох сотень МВт.

Під час припливу вода надходить у басейн. Коли рівні води в басейні і море зрівнюються, затвори водопропускних отворів закриваються. З настанням відливу рівень води в морі знижується, і, коли тиск стає достатнім, турбіни та з'єднані з ним електрогенератори починають працювати, а вода з басейну поступово вимиває в море.



Рисунок 5 – Кислогубська ПЕС на Баренцевому морі

Вважається економічно доцільним будівництво припливних електростанцій у районах з приливними коливаннями рівня моря не менше 4 м. Проектна потужність припливної електростанції залежить від характеру припливу в районі будівництва станції, від об'єму і площі приливної басейну, від числа турбін, встановлених в тілі греблі.

Найбільш поширеним способом використання енергії морів та океанів є спорудження припливних електростанцій (ПЕС). З 1967 р. у гирлі річки Ране у Франції працює ПЕС потужністю 240 МВт. На черзі спорудження ПЕС у затоці Фанді в Канаді з рекордним 18-метровим рівнем припливу, у

гирлі річки Северен в Англії із 14,5-метровим припливом та в інших регіонах із великими припливами води.

Цікавим напрямком океанської енергетики виявилось вирощування із плотів в океані гігантських водоростей – келпів, які швидко ростуть і легко перероблюються на метан. За зарубіжними оцінками, для повного забезпечення енергією кожної людини-споживача достатньо 1 га плантацій келпів.

На велику увагу заслуговує "океанотермічна енергоконверсія", іншими словами отримання електроенергії за допомогою різниці температур між поверхневими та глибинними океанськими водами, що засмоктуються водним насосом, наприклад, при використанні в замкнутому циклі турбіни таких рідин, які легко випаровуються (пропан, фреон чи амоній).

Перша у світі та найбільша на сьогодні ПЕС міститься у Франції на березі Ла-Маншу в гирлі річки Ране. Приплив у цьому місці переміщує 189 тис. м³ води за секунду. Різниця рівнів становить 13 м, а швидкість течії між містами Брестом і Сен-Мало часто досягає 90 км/год. У середині дамби дуже великого накопичувального резервуара містяться 24 турбо-альтернатори-турбогенератори зі зворотними лопатками ротора турбіни. Кожен з них може функціонувати і як турбіна, і як насос, який працює і в бік моря, і в зворотному напрямку. В дамбу вмонтовані навігаційні замки і спускні шлюзи.

До недоліків ПЕС слід віднести труднощі, пов'язані із захистом дамб та устаткування від ударів льодяних торсів, особливо у північних районах. Поблизу дамб морська флора й фауна дуже потерпає внаслідок, хоча й незначного, підвищення температури та зменшення вмісту кисню у воді. Крім того, дамби перешкоджають міграції риб.

"Пірнало" Солтера нагадує поплавок, який, піднімаючись і опускаючись одночасно з хвилями, приводить в дію насос, що подає воду під тиском в турбогенератор.

Пліт Кокерела складається з трьох шарнірно з'єднаних понтонів, які перебувають на плаву і відтворюють коливання хвиль, їхнє підняття й опускання приводить в дію гідравлічні тарани, які з'єднують понтони. Стискання і розтягування таранів передається робочій рідині, яка діє на гідравлічний генератор, що виробляє електричний струм.

Випрямлювач Расела регулює рух води таким чином, що вона надходить у турбіну тільки в одному напрямку.

Коливальна водяна колонка (резервуар) відрізняється від попередніх проектів. Вона перетворює енергію хвиль на потенціальну енергію стиснутого повітря, яке потім віддає енергію повітряній турбіні.

Ідея колонки належить японському морському офіцеру Масуді, який винайшов плаваючий хвилеріз. Він довів, що коли хвилеріз зробити у вигляді перевернутої камери з отворами у верхній частині, то висота хвиль усередині буде значно меншою, ніж ззовні, оскільки хвиля вирівнюватиметься під дією потоків повітря, що проходять крізь отвори. Інтенсивні повітряні потоки постійно надходять у середину камери і виходять з неї внаслідок піднімання та опускання колони.

За цим принципом сьогодні працюють плавучі установки, які використовуються для будів різного призначення. Схему такої установки показано на рис. 6.

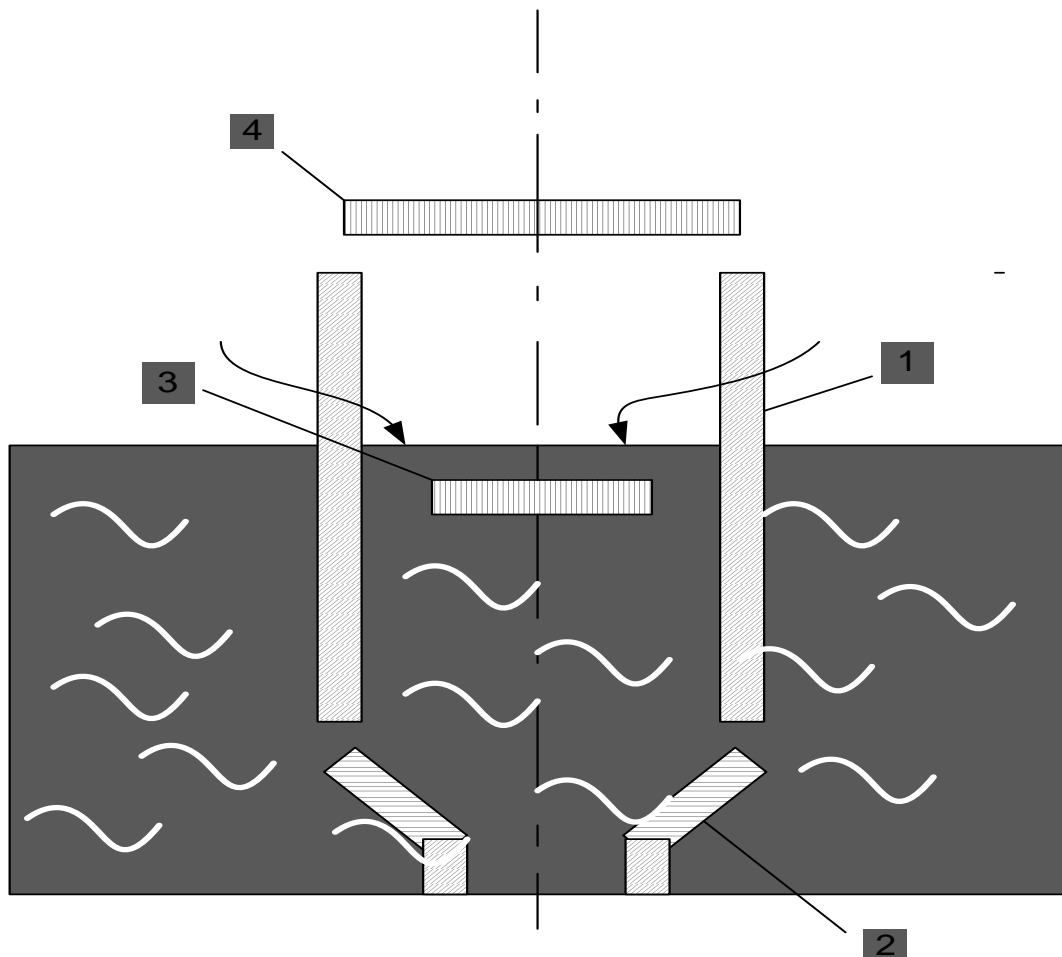


Рисунок 6 – Схема плавучої установки

В її камері 1, яка має дискову опору 2, міститься турбіна 3. з'єднана з електрогенератором 4. Коли проходить хвиля, камера намагається піднятися разом із нею. Опора перешкоджає цьому й таким чином забезпечує

інтенсивне проникнення води всередину камери. Стовп води витісняє повітря із середини камери крізь сопловий апарат на лопаті турбіни. Після проходження хвилі, вода виходить з камери, а її місце знову займає повітря. Потім цикл повторюється.

Досить оригінальний і простий пристрій запропоновано в Японії для використання змін гідростатичного тиску в товщі води при її хвилюванні. У морі, де ці зміни найбільш помітні, розміщують установку (рис. 7), яка складається з трьох камер 1, 3 і 5, з'єднаних між собою через клапани 2, 6 і робочий канал 4. У верхній частині камер 3 і 5 міститься газ, решту простору заповнено струмопровідною рідиною. Якщо канал 4 з'єднати, наприклад, з магнітогідродинамічним генератором, то при зміні тиску навколишнього середовища в каналі почне переміщуватися магнітопровідна рідина, що призведе до появи різниці потенціалів на електродах. Така установка може бути дуже зручною для вимірювання тиску та отримання енергії невеликої потужності.

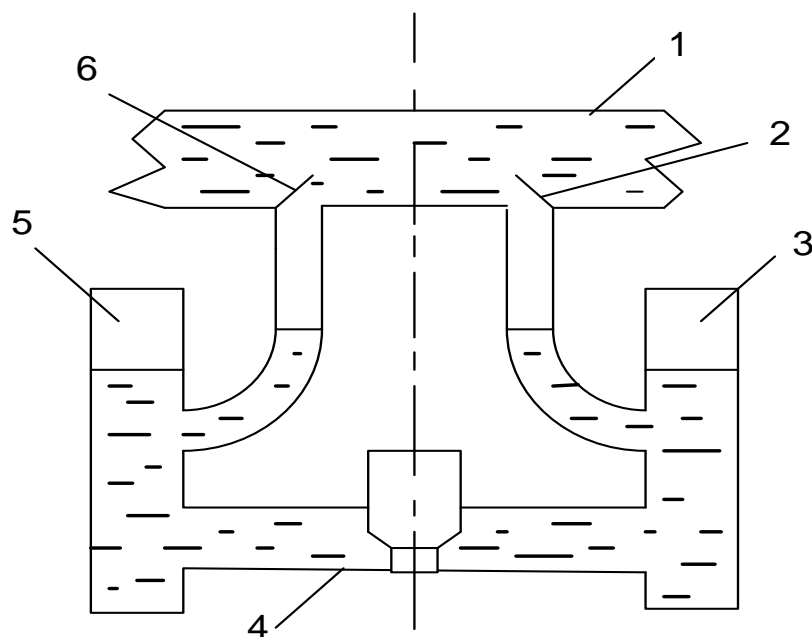


Рисунок 7 – Схема установки для використання змін гідростатичного тиску в товщі води при хвилюванні

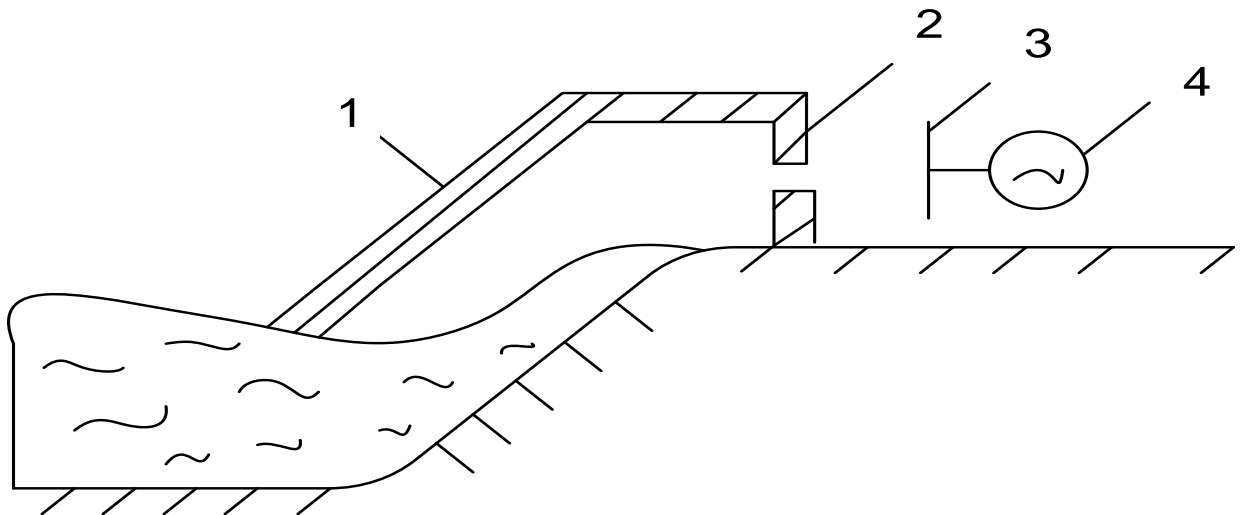


Рисунок 8 – Схема прибі́йної електростанції

На рис. 8 показана схема побудованої в Японії прибі́йної електростанції потужністю 50 кВт. Принцип її роботи приваблює своєю простотою і майже повною відсутністю рухомих частин. Хвиля, яка падає під козирок 1, стискає повітря й жене його крізь сопловий канал 2 до турбіни 3, яка приводить в дію електрогенератор 4.

Усім цим умовам відповідає багатоступінчастий хвильовий насос, схему якого наведено на рис. 9. Одна його ступінь вміщує гофрований патрубок 1, вихідний клапан 2, демпфугачий резервуар 3, вихідний клапан 4 і тонкий гнучкий лист 5, який вертикально входить у воду. За допомогою хвильового насоса здійснюється перетворення кінетичної та потенціальної енергії на направлений рух рідини. Подальше перетворення кінетичної енергії рідини, що рухається, на електроенергію відбувається за допомогою гідравлічних турбін, які обертають електрогенератор.

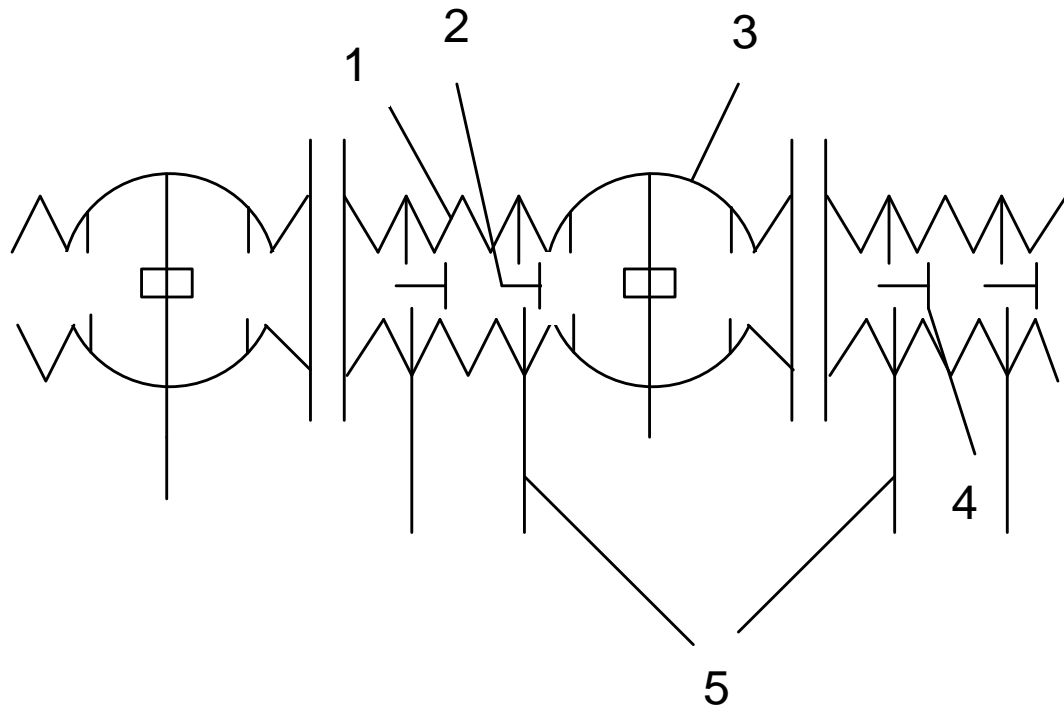


Рисунок 9 – Схема багатоступінчатого хвильового насоса

У Данії, Норвегії та Швеції станції розташовано на плотях, з'єднаних з насосом, який починає працювати, коли хвилі діють на пліт. Тут використано великий насос, що міститься на дні моря. Поршень насоса з'єднується з плотом за допомогою еластичного дроту. Коли хвилі підіймають пліт, поршень піднімається, вода проходить крізь заповнений блок генератора турбіни, виробляючи електроенергію. Коли хвиля спадає, поршень опускається, витискаючи своєю вагою воду через клапани.

2.1 Енергія хвиль та припливів

Світовий технічний потенціал енергії хвиль оцінюється на рівні 11 400 тераватт-год на рік. Його відновлюваний потенціал на 1700 тераватт-годин на рік становить приблизно 10% світових потреб в електроенергії. Існують різні концепції генерації електрики з енергії хвиль, більшість з яких можуть бути класифіковані в три основні типи.

Принцип «осцилювання водяного стовпа» – дія хвилі змушує воду рухатися вгору і вниз в заповнений повітрям камері. Повітря витісняється через турбіну, яка генерує електрику. Перші пілотні хвильові електростанції такого типу були встановлені нещодавно в Португалії, Шотландії та Японії.

Принцип «коливного тіла» – хвильові електростанції цього типу використовують рух океанських хвиль для генерації електрики. У них використовуються напівзанурені генератори, на яких буйок рухається вгору-

вниз або з боку в бік. Інші системи такого типу складаються з рухомих компонентів, що рухаються відносно один одного, створюючи гідравлічний тиск в маслі. Олія, у свою чергу, приводить в рух турбіну. Система 'Pelamis', перша в світі хвильова електростанція, була встановлена в 2008 році поблизу узбережжя Португалії і з'єднана з електролінією підводним кабелем. Подібні станції плануються до будівництва в Іспанії та Португалії.



Рисунок 10 – Використання енергії хвиль

Принцип «переливу» – як в дамбі, такі пристрої оснащені резервуаром, який заповнюється набігаючими хвилями до рівня вище рівня моря. Енергія падаючої води назад в океан використовується, щоб приводити в рух турбіну. Прототипи і плавучих, і стоячих систем такого типу вже були встановлені в Данії і Норвегії.

Дещо більшим від ресурсів гідроенергії є Світовий ресурс енергії морських хвиль та припливів.

Електростанції, що працюють на енергії припливу, працюють за схожим принципом з гідроелектростанціями, відмінність в тому, що водняні маси не течуть вниз, але рухаються туди і назад з припливами і відливами. На відміну від інших форм морської енергії, енергія припливу вже використовується в комерційних цілях протягом деякого часу. Електростанція La Rance почала працювати в 1966р. в Сент Мало на Атлантичному узбережжя північної Франції, де річка LaRance впадає в море. При припливі вода спрямовується через великі турбіни електростанції, а при

відливі тече назад. Електростанція, розрахована на 240 МВт, має потужність, подібну з газовою електростанцією. За останні 20 років типові станції були встановлені в Канаді, Китаї, Росії, незважаючи на значно менший розмір. У Великобританії планується будівництво великої електростанції на енергії приливу на річці Северн між Англією і Уельсом. Така станція може забезпечити до 7% потреб усієї Великобританії в електроенергії. Проте критики побоюються, що будівництво таких гребель може зруйнувати природні ресурси і середовище існування. Екологічна шкода може бути дуже значною. А тому на свіх рівнях обговорюються альтернативні концепції і райони розміщення.



Рисунок 11 – Використання енергії припливів

Для України промислове використання цих ресурсів є проблематичним через замерзання Азовського і Чорного морів і відсутність територій для побудови ГЕС. А стосовно припливів – через вкрай низький потенціал: припливна хвиля на Чорному морі не перевищує 10 см, а необхідна висота становить, як мінімум, 5 м.

Найбільша частка загальної енергії, що надходить у берегову зону, пов'язана з вітровими поверхневими хвилями. Енергія хвилі складається із двох видів – кінетичної (гідродинамічної) і потенціальної (гідростатичної). Кінетична (гідростатична) енергія хвиль складається з енергії частинок, що рухаються по орбітах (по колу). Потенціальна (гідростатична) – енергія маси води, піднятої над рівнем моря (океану), що залежить від перевищення гребеня хвилі над середнім рівнем моря. Теорія засвідчує, що ці два види енергії рівні, а разом пропорційні квадрату висоти і довжини хвилі, тобто

приблизно кубу її лінійних розмірів. Формула складається із числового коефіцієнта, питомої ваги води і прискорення сили тяжіння.

Хвиля висотою 3м переносить приблизно 100 кВт енергії на 1 м лінії гребеня. Розрахунки загального потоку хвильової енергії до берегів Світового океану, виконані В.П. Зенковичем (1980), засвідчують, що мінімальна його величина становить близько 3,1109 кВт. За обчисленнями Г.О. Саф'янова (1996) ця величина становить 4,7109 кВт. Другим за значенням джерелом енергії для гідродинамічних процесів, а також для переміщення наносів є припливні хвилі. Розсіювання їхньої енергії відбувається здебільшого в межах мілководдя.

Розрахунки потоків припливної енергії біля океанічних берегів дають величину 2,7109 кВт. Постійні океанічні течії розсіюють на мілководді близько 0,2...109 кВт енергії. Інші джерела енергії виконують порівняно незначну роль у прибережних водах. Навіть найефективніші хвилі цунамі малозначимі, оскільки потужні цунамі з енергією в 51015 Дж трапляються 5 разів упродовж століття. Значно очевиднішою останніми роками стала роль краєвих та інфрагравітаційних хвиль, хоча можливість їхньої оцінки відсутня. Загальна оцінка розсіювання механічної енергії на мілководдя океану, на думку Г.О. Саф'янова (1996), становить 6109 кВт. Наведені наближені цифри яскраво засвідчують великі енергетичні ресурси берегової зони, яку сьогодні майже не використовують.

Перша у світі припливна турбіна комерційного масштабу SeaGen потужністю 1,2 МВт, що належить компанії Marine Current Turbines, розташована у Північній Ірландії. Припливна електростанція SeaGen нещодавно перетнула рубіж 2 мільйонів кВт·год електроенергії, які вона виробила та поставила до енергомережі Великобританії.

Припливна електростанція генерує стільки ж електроенергії як і морська вітрова турбіна із вдвічі більшою потужністю, однак виробництво електроенергії припливною електростанцією можна в повній мірі передбачити.

2.2 Енергія хімічних зв'язків газів, солей, мінералів тощо

У океані існує чудове середовище для підтримки життя, до складу якого входять живильні речовини, солі і інші мінерали. У цьому середовищі розчинений у воді кисень живить всіх морських тварин від самих маленьких до найбільших, від амеби до акули. Розчинений вуглекислий газ так само підтримує життя всіх морських рослин від одноклітинних діатомових водоростей до тих, що досягають висоти 200...300 футів (60...90 метрів)

бурих водоростей. Морському біологу потрібно зробити лише крок вперед, щоб перейти від сприйняття океану як природної системи підтримки життя до спроби почати на науковій основі одержувати з цієї системи енергію.

За підтримкою військово-морського флоту США у середині 70-х років група фахівців у області дослідження океану, морських інженерів і водолазів створила першу в світі океанську енергетичну ферму на глибині 40 футів (12 метрів) під залитою сонцем поверхнею Тихого океану поблизу міста Сан-Клемент. Ферма була невелика. По суті своїй, все це було лише експериментом. На фермі вирощувалися гігантські каліфорнійські бурі водорості.

На думку директора проекту доктора Говарда А. Уїлкокса, співробітника Центру дослідження морських і океанських систем в Сан-Дієго (Каліфорнія), до 50 % енергії цих водоростей може бути перетворено на паливо – в природний газ метан. Океанські ферми майбутнього, що вирощують бурі водорості на площі приблизно 100000 акрів (40000 га), зможуть давати енергію, якої вистачить, щоб повністю задовольнити потреби американського міста з населенням в 50000 чоловік.

В океані розчинено величезну кількість солей. Чи може солоність бути використана, як джерело енергії? Може. Велика концентрація солі в океані націлило ряд дослідників Ськріппського океанографічного інституту в Ла-Колла (Каліфорнія) і інших центрів на думку про створення таких установок.

Вони вважають, що для отримання великої кількості енергії є можливість сконструювати батареї, в яких відбувалися б реакції між солоною і несолоною водою.

Літаки і легкові автомобілі, автобуси і вантажівки можуть приводитися в рух газом, який можна добувати з води. Цей газ – водень, і він може використовуватися як пальне. Водень – один з найбільш поширених елементів у Всесвіті. У океані він міститься в кожній краплі води. Формула води означає, що молекула води складається з двох атомів водню і одного атома кисню. Одержаний з води водень можна спалювати як паливо і використовувати не тільки для того, щоб приводити в рух різні транспортні засоби, але і для отримання електроенергії.

Все більше число хіміків і інженерів з ентузіазмом відноситься до "водневої енергетики" майбутнього, оскільки одержаний водень достатньо зручно зберігати: у вигляді стиснутого газу в танкерах або в зрідженому вигляді в криогенних контейнерах при температурі - 423 °F (-252,8 °C).

Його можна зберігати і в твердому вигляді після з'єднання з залізо-титановим сплавом або з магнієм для утворення металевих гідридів.

Після цього їх можна легко транспортувати і використовувати в міру необхідності.

Ще в 1847 році французький письменник Жюль Верн, що випередив свій час, передбачав виникнення такої водневої економіки. У своїй книзі "Таємничий острів" він передбачав, що в майбутньому люди будуть використовувати воду як джерело для отримання палива. "Вода, – писав він, – забезпечить нескінченні запаси тепла і світла".

У 60-і роки фахівцям США з НАСА вдалося так успішно здійснити процес електролізу води і забезпечити ефективне збирання та зберігання водню, що вивільняється, а потім одержаний таким чином водень успішно використовувався під час польотів за програмою "Аполон".

Осмотична електростанція – зовсім новий вид генерації енергії. В ній використовується осмотичний тиск, який виникає між солоною і прісною водою, при його зростанні, в подвійній камері, яка розділяється спеціальною напівпроникною мембраною. Технологія застосування осмотичних електростанцій все ще перебуває на самому початку свого розвитку. У 2009р. члени норвезького синдикату побудували першу в світі осмотичну електростанцію в Осло. Завод був спроектований і побудований спеціально, щоб розвивати цю технологію, в даний час він генерує всього декілька кіловат електроенергії. Але значний потенціал світового виробництва електроенергії з осмотичного процесу в майбутньому може забезпечити вироблення до 2000 терават-годин в рік електричної енергії.

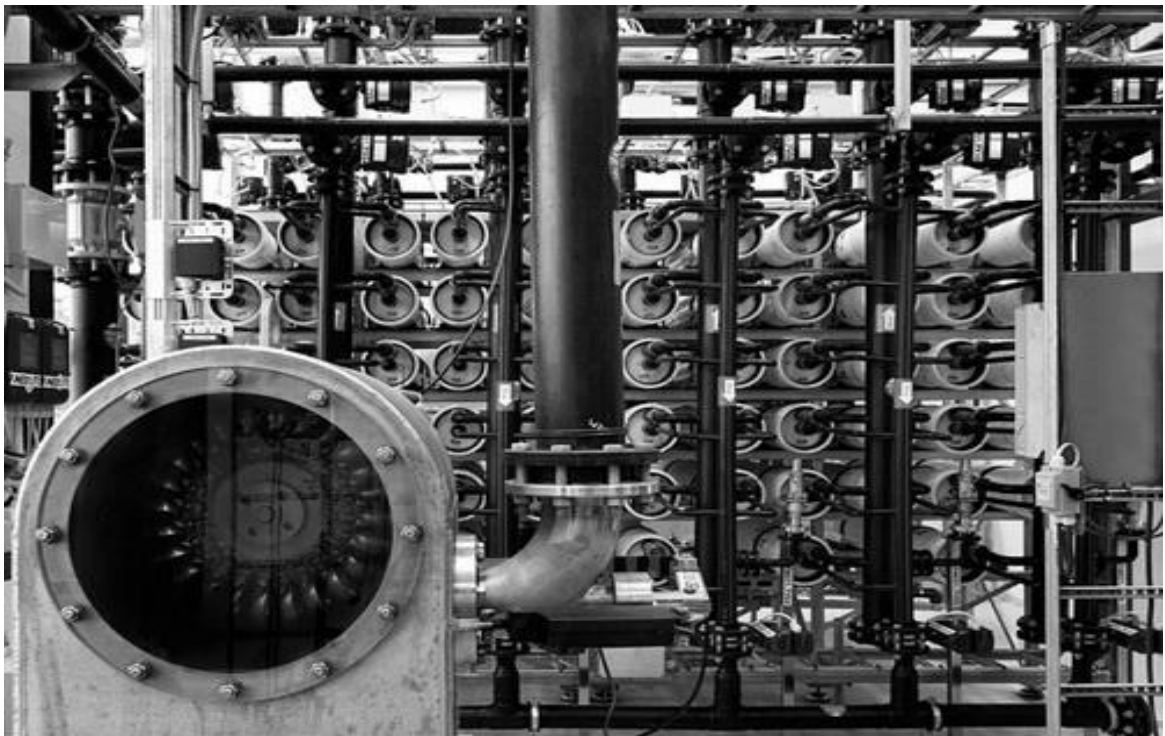


Рисунок 12 – Осмотична електростанція

2.3 Прихована енергія течій у різних частинах морів та океанів

Величезні кількості енергії можна отримати від морських хвиль. Ідея отримання електроенергії від морських хвиль була викладена ще в 1935 р. радянським ученим К.Е. Ціолковським. В основі роботи хвильових енергетичних станцій лежить вплив хвиль на робочі органи, виконані у вигляді поплавків, маятників, лопаток, оболонки і т.п. Механічна енергія забезпечить переміщення робочих органів хвильової електростанції, яке приведе в рух електрогенератор за його допомогою перетворюється механічна енергія на електричну.

У цьому класі перетворювачів енергії зупинимося, в першу чергу, на розробці професора Едінбурзького університету Стефана Солтера, названої на честь творця, "качки Солтер". Технічна назва такого перетворювача – нестійке крило. Форма перетворювача забезпечує максимальне вилучення потужності.

Хвилі, що надходять зліва, змушують "качку Солтера" коливатися. Циліндрична форма протилежної поверхні забезпечує відсутність поширення хвилі направо при коливаннях "качки Солтер" навколо осі. Потужність може бути знята з осі коливальної системи з таким розрахунком, щоб забезпечити мінімум відтворення енергії. Відтворюючи і пропускаючи лише незначну частину енергії хвиль (приблизно 5%), цей пристрій має досить високу ефективність перетворення в широкому діапазоні частот збуджувальних коливань.

Інший варіант хвильового перетворювача з хитним елементом – контурний пліт Коккерелла. Його модель також в 1/10 величини випробовувалася в тому ж, що і "качка Солтер", в протоці Солент поблизу м. Саутгемптона. Контурний пліт – це багатоланкова система з шарнірно з'єднаних секцій. Як і "качка", він встановлюється перпендикулярно до фронту хвилі і відстежує її профіль. Детальні лабораторні випробування моделі плоту в масштабі 1/100 показали, що його ефективність становить близько 45%. Це нижче, ніж у "качки Солтера" (але пліт має іншу перевагу: близькість конструкції плота до традиційних суднобудівних конструкцій). Виготовлення таких плотів не передбачає створення нових промислових підприємств але дозволить збільшити зайнятість населення в суднобудівній промисловості.



Рисунок 13 – Використання енергії течій

Крім того, існують перетворювачі, що використовують енергію коливного водяного стовпа. При набіганні хвилі на частково занурену порожнину, відкриту під водою, стовп рідини в порожнині коливається, викликаючи зміни тиску в газі над рідиною. Порожнина може бути пов'язана з атмосферою через турбіну. Потік може регулюватися так, щоб проходити через турбіну в одному напрямку, або може бути використана турбіна Уеллса. Вже відомі, принаймні, два приклади комерційного використання пристроїв на цьому принципі – сигнальні буї, впроваджені в Японії в порті Масуд і у Великобританії співробітниками Королівського університету Белфаста. Більш великий і вперше включений в електромережу пристрій побудований в Тофтестоллені (Норвегія) фірмою Kvaerner Brug A/S. Головна перевага пристроїв на принципі водяного коливного стовпа полягає в тому, що швидкість повітря перед турбіною може бути значно збільшена за рахунок зменшення прохідного перерізу каналу. Це дозволяє поєднувати повільний хвильовий рух з високочастотним обертанням турбіни. Крім того, тут створюється можливість видалити генеруючий пристрій із зони безпосереднього впливу солоної морської води. Переваги підводних пристроїв полягають у тому, що ці пристрої дозволяють уникнути штормового впливу на перетворювачі.

В даний час хвильові установки використовуються для енергоживлення автономних буїв, маяків, наукових приладів. Попутно великі хвильові станції

можуть бути використані для хвилезахистних морських бурових платформ, відкритих рейдів, морекультурних господарств. Почалося промислове використання хвильової енергії. У світі вже близько 400 маяків і навігаційних буїв отримують живлення від хвильових установок. В Індії від хвильової енергії працює плавучий маяк порту Мадрас. У Норвегії з 1985 р. діє перша у світі промислова хвильова станція потужністю 850 кВт. Датська компанія Wave Star Energy змонтувала експериментальну установку в Північному морі біля мису Ханстхольм на північному заході країни. Клімат тут суворий, сильні вітри і високі хвилі – явище цілорічне і, практично, постійне. Сама установка являє собою довгасту металеву конструкцію на чотирьох опорах, з одного боку платформи виступають два важелі, до кінців яких прикріплені величезні округлі поплавці діаметром 5 метрів. Поплавці виготовлені зі скловолокна. У робочому положенні вони опущені на воду і розгойдуються хвилями, що змушує важелі переміщатися вгору-вниз. Кожен з важелів з'єднаний з гідравлічним циліндром, і через гідроциліндри рух поплавців передається, в кінцевому рахунку, на вал електрогенератора. Кожен з поплавців здатний виробляти від 25 до 50 кВт електроенергії – в залежності від висоти хвиль. Створення хвильових електростанцій визначається оптимальним вибором акваторії океану зі стійким запасом хвильової енергії, ефективної конструкцією станції, в яку вбудовані пристрої згладжування нерівномірного режиму хвилювання води. Вважається, що ефективно хвильові станції можуть працювати при використанні потужності близько 80 кВт/м. Досвід експлуатації існуючих установок показав, що електроенергія, яка виробляється, поки що в 2-3 рази дорожче традиційної, але в майбутньому очікується значне зниження її вартості.

Невичерпні запаси кінетичної енергії морських течій, накопичені в океанах і морях, можна перетворювати на механічну і електричну енергію за допомогою турбін, занурених у воду (подібно вітрякам, "зануреним" в атмосферу). Важливою перевагою океанських течій в якості джерел енергії, в порівнянні з вітровими потоками, є відсутність різких змін швидкості (порівняйте зі змінами швидкості при поривах вітру, при ураганах і т.п.). При достатньому заглибленні в товщу води турбіни ОГЕС надійно захищені від хвиль і штормів на поверхні. Сучасний рівень техніки дозволяє одержувати енергію течій при швидкості потоку більше 1 м / с. При цьому потужність від 1 кв. м поперечного перерізу потоку становить близько 1 кВт.

Для ефективного використання течій в енергетиці необхідно, щоб вони мали певні характеристики. Зокрема, потрібні досить високі швидкості потоків, стійкість по швидкості і напрямку, зручна для будівництва та

обслуговування географія дна і узбережжя. Відстань від узбережжя впливає на подорожчання транспортування енергії та обслуговування цих станцій, як, втім, і будь-яких інших. Великі глибини вимагають збільшення витрат на спорудження та обслуговування якірних систем, які можуть створювати перешкоди судноплавству. Саме географічні чинники не дозволяють зараз говорити про будівництво ОГЕС у відкритому океані, де несуть свої води найбільш потужні течії. При середніх і малих глибинах, особливо в місцях утворення припливних течій, важливу роль відіграє топографія дна.

Як недоліки перетворювачів енергії океанських течій можна назвати слідуючі:

- 1) необхідність створювати і обслуговувати гігантські конструкції в морській воді;
- 2) схильність цих конструкцій обростанню і корозії;
- 3) труднощі в передачі енергії на материк.

Перспективним може бути використання таких потужних течій, як Гольфстрім і Куросіо, що несуть відповідно 83 і 55 млн. куб. м/с води зі швидкістю до 2 м/с, і Флоридської течії (30 млн. куб. м/с, швидкість до 1,8 м/с). Значний науковий інтерес направлений на вивчення течії в протоках Гібралтарській, Ла-Манш, Курильських островах. В даний час у ряді країн, в першу чергу в Англії, ведуться інтенсивні роботи по використанню енергії морських хвиль. Британські острови мають дуже довгу берегову лінію, у багатьох місцях море залишається бурхливим протягом тривалого часу. За оцінками вчених, за рахунок енергії морських хвиль в англійських територіальних водах можна було б отримати потужність до 120 ГВт, що удвічі перевищує потужність усіх електростанцій, що належать Британському Центральному електроенергетичному управлінню. Один з проектів використання морських хвиль заснований на принципі коливного водяного стовпа. У гігантських "коробах" без дна і з отворами вгорі під впливом хвиль рівень води то піднімається, то опускається. Стовп води діє на зразок поршня: засмоктує повітря і нагнітає його в лопатки турбін. Головну складність тут викликає узгодження інерції робочих коліс турбін з кількістю повітря в коробах, так щоб за рахунок інерції зберігалася постійною швидкість обертання турбінних валів в широкому діапазоні умов на поверхні моря. Але створення океанських електростанцій на енергії течій пов'язано поки з рядом технічних труднощів, насамперед із створенням енергетичних установок великих розмірів, що становлять загрозу судноплавству.

Як джерело енергії, розглядаються і підводні океанічні течії, однак їх занадто низька швидкість не дозволяла будувати турбінні станції, які

виробляли б достатню кількість енергії. Але якщо відійти від ідеї стандартної обертової турбіни, з'являється новий цікавий спосіб використовувати енергію течій, а саме, замінити енергію обертання на енергію коливань. Ідея прийшла в голову професору Майклу Бернітасу, під час досліджень можливості зменшення енергії течій, коливання від якої можу зруйнувати мости, пошкодити корабельні доки, розгойдувати нафтовидобувні платформи. Концепція VIVACE дозволяє використовувати будь-які, навіть самі повільні течії. Швидкість, необхідна звичайним станціям для ефективного вироблення енергії, дорівнює 9 км/год, VIVACE ж достатньо 3 км/год або 2 морських вузла, а це швидкість більшості підводних течій нашої планети. Якщо помістити в потік навіть слабкої течії циліндричний предмет, вода, обтікаючи його, буде утворювати вихори. Через незначні нерівномірності потоку, вихори з різних сторін не будуть однакові а це змусить предмет коливатися. За аналогічним принципом плаває більшість існуючих риб. Вони згинають своє тіло так, щоб утворювалися вихрові потоки по обидві сторони, щоб вони не врівноважували один одного, а різницю утвореного тиску використовують для руху вперед. Неможливо було б добитися такої швидкості руху, якби вони використовували лише силу своїх м'язів. Робоча частина приладу являє собою циліндр, приєднаний до пружини. Під дією течії води (мінімальна швидкість, на якій відбуваються коливання – 2,7 км / год) циліндр відхиляється то в одну сторону, то в іншу, і ці механічні коливання перетворюються в електрику. З таких циліндрів може бути складена сукупність циліндрів, регулюючи розміри яких можна регулювати кількість виробленої енергії. У наступній версії планується максимально скористатися тим, що вже дала природа, і зробити прилад більш схожим на рибу – він буде мати щось на зразок хвоста і потовщену в середині основну його частину. Це дозволить йому створювати більш часті коливання і, як наслідок, виробляти більше енергії.

Перспективи електростанції VIVACE досить перспективні. Бернітас підрахував, що вартість виробленої за допомогою його станції електрики не перевищить 0,05 цента за кВт · год (для порівняння: вартість енергії, яку отримують з вітряків – 0,069 кВт·год, а з сонячних батарей – від 0,16 кВт·год до 0,48 кВт·год, в залежності від їх розташування). Така станція повністю розташована під водою, тому не займає корисну площу на суші. Вона абсолютно екологічна, оскільки не виробляє викидів у воду, а через порівняно низьку швидкість коливань не зможе заподіяти шкоди ні риbam, ні навіть плавцям.

2.4 Різниця температур води на поверхні та в глибині, а також перетворення її на традиційні види енергії

Температура води океану в різних місцях різна. Між тропіком Рака і тропіком Козерога поверхня води нагрівається до 82 градусів за Фаренгейтом (27,8 °C). На глибині в 2000 футів (600 метрів) температура падає до 35, 36, 37 або 38 градусів за Фаренгейтом (1,7...3.3 °C). Виникає питання: чи є можливість використовувати різницю температур для отримання енергії? Могла б теплова енергоустановка, пливуча під водою, виробляти електрику? Так, і це можливо.

У далекі 20-ті роки нашого століття Жорж Клод, обдарований, рішучий і дуже наполегливий французький фізик, вирішив дослідити таку можливість.

Вибравши ділянку океану поблизу берегів Куби, він зумів-таки після серії невдалих спроб, створити установку потужністю 22 кВт. Це стало великим науковим досягненням і було підтримано багатьма вченими.

Використовуючи теплу воду на поверхні океану і холодну на його глибині та створивши відповідну технологію вироблення електричної енергії, людство одержати все необхідне для виробництва електроенергії, запевняли прихильники використання теплової енергії океану. "Згідно з нашими оцінками, в цих поверхневих водах є запаси енергії, які в 10 000 разів перевищують загальносвітову потребу в ній".

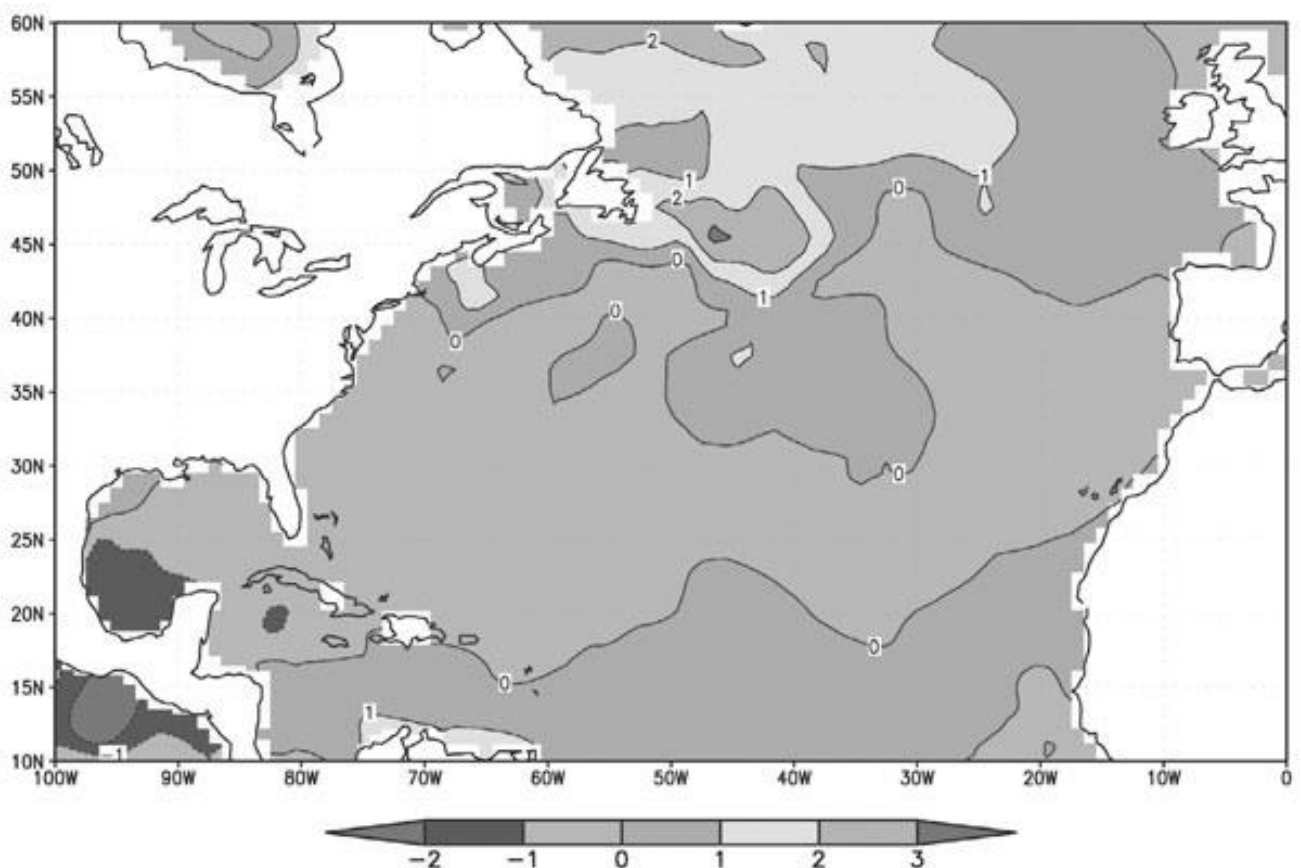


Рисунок 14 – Карта різниці температур води на поверхні океана

Зараз набувала великої уваги "океанотермічна енергоконверсія" (ОТЕК), тобто отримання електроенергії за рахунок різниці температур між поверхневими і глибинними океанськими водами, наприклад при використанні в замкнутому циклі турбіни таких легкокипарованими рідинами як пропан, фреон або амоній.

Останні десятиліття характеризуються певними успіхами у використанні теплової енергії океану. Так, створені установки міні-ОТЕС і ОТЕС-1 (ОТЕС - початкові букви англійських слів Ocean Thermal Energy Conversion, тобто перетворення теплової енергії океану). У серпні 1979 р. поблизу Гавайських островів почала працювати теплоенергетична установка міні-ОТЕС. Пробна експлуатація установки протягом трьох з половиною місяців показала її достатню надійність. Її повна потужність складала в середньому 48,7 кВт, максимальна – 53 кВт; в той же час 12 кВт (максимум 15) установка віддавала в зовнішню мережу на корисне навантаження, а саме, на зарядку акумуляторів. Решта потужності, що виробляється, витрачалася на власні потреби установки. В їх число входять витрати енергії на роботу трьох насосів, втрати в двох теплообмінниках, турбіні і в генераторі електричної енергії.

Три насоси були потрібні з наступного розрахунку: один – для подачі теплої води з океану, другий – для підкачки холодної води з глибини близько 700 м, третій – для перекачування вторинної робочої рідини усередині самої системи, тобто з конденсатора у випарник. В якості вторинної робочої рідини застосовується аміак.

Установка міні-ОТЕС змонтована на баржі. Під її днищем поміщений довгий трубопровід для забору холодної води. Трубопроводом служить поліетиленова труба довжиною 700 м з внутрішнім діаметром 50 см. Трубопровід прикріплений до днища судна за допомогою особливого затвору, що дозволяє у випадку необхідності його швидко від'єднання. Поліетиленова труба одночасно використовується і для закорювання системи «труба-судно». Оригінальність подібного рішення не викликає сумнівів, оскільки якірні установки для розроблюваних нині більш потужних систем ОТЕС є досить серйозною проблемою.

Вперше в історії техніки установка міні-ОТЕС змогла віддати в зовнішнє навантаження корисну потужність, одночасно перекинувши її власні потреби. Досвід, отриманий при експлуатації міні-ОТЕС, дозволив швидко

побудувати більш потужну теплоенергетичну установку ОТЕС-1 і приступити до проектування більш потужних систем подібного типу.

Нові станції ОТЕС на потужність у багато десятків і сотень мегават проектується без судна. Це являє собою одну величезну трубу, у верхній частині якої знаходиться круглий машинний зал, де розміщені всі необхідні пристрої для перетворення енергії. Верхній кінець трубопроводу холодної води розташовується в океані на глибині 25...50 м. Машинний зал проектується навколо труби на глибині близько 100 м. Там будуть встановлені турбоагрегати, що працюють на парах аміаку, а також все інше обладнання. Маса всієї споруди перевищує 300 тис. т. Труба-монстр, яка опускається, майже на кілометр в холодну глибину океану, а в її верхній частині розміщена конструкція на зразок маленького острівця. А отже непотрібно ніякого додаткового судна, крім, спеціальних суден, необхідних для обслуговування станції і для зв'язку з берегом.

Наукове та конструктивне обґрунтування запропонованих океанських енергетичних установок можуть бути реалізовані найближчим часом, і стати рентабельними при використанні.

3. Екологічні наслідки розвитку малої гідроенергетики

При перетворенні будь-яких видів океанічної енергії неминучі певні зміни природного стану порушених екосистем.

До негативних наслідків роботи установок, що використовують термальну енергію океану, можна віднести можливі витіки в океан аміаку, пропану або фреону, а також речовин, що застосовуються для промивання теплообмінників (хлор і ін). Можливе значне виділення вуглекислого газу, що піднімається на поверхню холодних глибинних вод через зниження в них парціального тиску CO₂ і підвищення температури. Виділення CO₂ з води при роботі океанічних ТЕС імовірно на 30% більше, ніж при роботі звичайних ТЕС тієї ж потужності, які використовують органічне паливо. Охолодження вод океану викликає збільшення вмісту поживних речовин в поверхневому шарі і значний ріст фітопланктону. При підйомі до поверхні океану, глибинні мікроорганізми будуть забруднювати океан і доведеться застосовувати спеціальні заходи для його очищення.

Будівництво ПЕС може несприятливо впливати на стан прибережних земель, самого узбережжя вздовж берегових смуг: змінюються умови підтоплення, засолення, розмиву берегів, формування пляжів і т. д. Зміна руху ґрунтових вод значно впливає на динаміку засолення прибережних земель.

На ПЕС в КНР вивчені закономірності відкладення на поверхні дна залишкових предметів і речовин (наносів) як у водосховище ПЕС так і за її греблею, а також заходи по боротьбі з ними. Експлуатації ПЕС «Ране» у Франції показала, що прийнята в її проекті однобасейнова схема двосторонньої дії, максимально зберігає стан навколишнього середовища при різних циклах коливань басейну і гарантує тим самим екологічну безпеку припливної енергії [51, 55].

Використання енергії хвиль на глибоководних місцях у відкритому океані позначається на процесах в акваторії океану. Перетворювачі енергії хвиль, розміщені далеко від берега, і практично не проявляють негативної дії на стійкість узбережжя океану.

При розміщенні перетворювачів енергії хвиль поблизу узбережжя, виникають проблеми естетичного характеру, так як їх видно з берега. Ланцюжок пристроїв типу пірнаючих «качок Солтера» довжиною в кілька кілометрів виглядає естетично менш привабливо, ніж група обгрунтовано розміщених перетворювачів енергії. Крім того, безперервна лінія перетворювачів енергії, на відміну від окремо розташованих установок, може стати перешкодою для навігації й виявитися небезпечною для суден під час сильних штормів.

Одним з важливих питань впливу на навколишнє середовище від перетворення енергії хвиль в прибережній зоні, є вирішення мінімізації їх впливу на процеси в її межах. Необхідно передбачити умови для стабілізації берегової смуги, тобто балансу між ерозією і відкладеннями.

Несприятливі екологічні наслідки гідротермальної енергетики:

- витоки в океан аміаку, фреону, хлору та ін;
- виділення CO₂ з води;
- зміна циркуляції вод, поява регіональних і біологічних аномалій під впливом гідродинамічних і теплових збурень;
- зміна клімату.

Несприятливі екологічні наслідки припливної енергетики:

- періодичне затоплення прибережних територій, зміна землі користування в районі ПЕС, флори і фауни акваторії;
- будівельне замутніння води, поверхневі скиди забруднених вод.

Несприятливі екологічні наслідки хвильової енергетики:

- ерозія узбережжя, зміна руху прибережних пісків;
- значна матеріаломісткість;
- зміна сформованих судноплавних шляхів вздовж берегів;
- забруднення води в процесі будівництва, поверхневі скиди.

4. Типовий розрахунок турбіни Пельтона

Задача

Визначити ефективну потужність турбіни Пельтона, діаметр та кутову швидкість обертання колеса турбіни, швидкість потоку, нехтуючи тертям, якщо на турбіну падає потік води з напором $H=15\text{м}$ і витратою води $V=0,03\text{м}^3/\text{с}$, а коефіцієнт корисної дії турбіни $\eta=0,9$, густина води $\rho_v=1000\text{кг/м}^3$, прискорення вільного падіння $g=9,80665\text{м/с}^2$, коефіцієнт швидкохідності колеса турбіни $\xi=0,2$.

Розв'язання

1. Обчислимо швидкість потоку води за формулою:

$$v_i = \sqrt{2gH},$$

$$v_i = \sqrt{2 \cdot 9,80665 \cdot 15} \approx 17,2 \frac{\text{м}}{\text{с}}.$$

2. Розрахуємо ефективну потужність турбіни Пельтона за формулою:

$$N_{\text{ао}} = g \cdot \rho_a \cdot V_{\text{min}} \cdot H \cdot \eta,$$

$$N_{\text{ао}} = 9,80665 \cdot 10^3 \cdot 3 \cdot 10^{-2} \cdot 15 \cdot 0,9 \approx 3,97 \text{ кВт} \approx 4 \text{ кВт}.$$

3. Кутову швидкість обертання колеса турбіни обчислимо за формулою:

$$\omega = \frac{\xi \cdot \rho_a \cdot (g \cdot H)^{1,25}}{N_{\text{ао}}^{0,5}},$$

$$\omega = \frac{0,2 \cdot \sqrt{1000} \cdot (9,80665 \cdot 15)^{1,25}}{\sqrt{3,97 \cdot 10^3}} \approx 51,4 \text{ с}^{-1}.$$

4. Обчислимо діаметр колеса турбіни за формулою:

$$D = \frac{2 \cdot v_i}{\omega},$$

$$D = \frac{2 \cdot 17,2}{51,4} \approx 0,7 \text{ м}.$$

Таким чином акцентуємо наступне:

1. Потенційні ресурси потужних ГЕС становлять до 4700 МВт. Потенційні ресурси (сумарні) малих річок України становлять близько 2400 МВт. На цих річках є 27 тис. ставків та водосховищ місцевого водогосподарського призначення, на яких можуть бути споруджені мікро- та міні-ГЕС із одиничною потужністю 5...250 кВт.

2. У 1958 р. загальна потужність міні-ГЕС в Україні становила 65 тис. кВт. Оцінивши потенційні запаси малих та середніх річок України, розрахували можливість побудови понад 2300 малих і середніх ГЕС, які можуть виробити за середньо-водний рік близько 4 млрд. кВт·год електроенергії. Понад три чверті цих запасів припадає на річки Карпат.

3. Україна має достатній потенціал для використання малої гідроенергетики в окремо взятих регіонах.