

Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії.

1 Загальні питання. Нетрадиційні джерела енергії в Україні

Характер взаємодії між людством і природою визначається насамперед людиною і антропогенним впливом на навколишнє середовище. Існуючі моделі розвитку суспільства визначають прямо пропорційну залежність між науково-технічним прогресом (символом економічного стану) і споживанням енергії на душу населення. У країнах Західної Європи воно становить більше трьох умовних тонн вугілля на рік (близько 100 ГДж), у США і Канаді цей показник утричі вищий (300 ГДж), але у більшості країн Африки – у 30–40 разів нижчий.

Проблеми використання нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) у різних галузях народного господарства почали розв'язуватися з другої половини ХХ ст. До цього спонукали кризові ситуації: світова енергетична криза 1973 р. і Чорнобильська катастрофа 1986 р., які змусили більшість країн переглянути свою енергетичну політику щодо темпів і перспектив практичного застосування НВДЕ.

В загальному випадку під нетрадиційними і поновлюваними джерелами енергії визначають джерела електричної і теплової енергії, що використовують енергетичні ресурси рік, водоймищ і промислових водостоків, енергію вітру, сонця, біомаси, стічних вод, твердих побутових відходів та ін.

Основні джерела поновлюваної енергії :

- сонячне випромінювання;
 - гравітаційна взаємодія Сонця, Місяця і Землі, наслідком чого, наприклад, є морські припливи і відливи;
- теплова енергія ядра Землі, а також хімічних реакцій і радіоактивного розпаду в її надрах, які проявляються, зокрема, у вигляді геотермальної енергії джерел гарячої води – гейзерів.

Навколишній простір безупинно пронизується потоками енергії від різних джерел. Так, повний потік сонячного випромінювання на Землю дорівнює $1,2 \cdot 10^{17}$ Вт, тобто на одну людину приходиться близько 30 МВт, що відповідає потужності 10 великих дизель-електрогенераторів.

Важливість використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії обумовлена тим, що населення Землі в даний час складає близько 6 млрд людей і зростає приблизно на 2-3 % у рік, при середньому споживанні потужності на душу населення - 0,8 кВт. Національні розходження рівнів спожитої енергії - від 10 кВт у США, 4 кВт - у країнах Європи до 0,1 кВт - у Центральній Африці. Середні темпи росту національного доходу в країнах сучасного світу складають 2-5 % у рік. При цьому щорічне підвищення споживання енергії з урахуванням росту населення повинно бути 4 - 8 %, що неможливо забезпечити без використання нових джерел енергії. Нарощування виробництва енергії такими темпами за рахунок спалювання вуглеводородних палив веде до серйозних екологічних наслідків, зокрема, до парникового ефекту.

Інтерес до НВДЕ у всьому світі зумовлений двома негативними тенденціями розвитку традиційної енергетики: швидким виснаженням природних ПЕР і забрудненням навколишнього середовища. За даними ООН, уже до середини ХХІ ст. можливе виснаження таких видів ПЕР як нафта, газ і уран (U^{238}).

Особливу роль у виникненні ПЕР на Землі відіграє Сонце. Сонячна енергія протягом мільйонів років була рушійною силою виникнення родовищ нафти, газу

та твердого палива. Одним з основних напрямів нетрадиційної енергетики є використання енергії Сонця прямими і непрямими методами.

Прямі методи використання сонячної енергії ґрунтуються на перетворенні променистої енергії Сонця на електричну і теплову, непрямі – дозволяють використовувати кінетичну і потенційну енергію, що виникає внаслідок сонячного випромінювання з біосфери. Це енергія вітру, біомаси (органічні відходи в господарській діяльності людини, енергетичні плантації), океанів і морів (наприклад, енергія припливів і відпливів, температурного градієнта великих товщ води), гідроенергія (великих та малих річок, що виступають як гідроакумулювальні системи).

Сумарний потенційний внесок усіх НВДЕ у світовий енергетичний баланс до кінця 2000 р. становив майже 10 %. Об'єм використання окремих видів НВДЕ розподілявся так (млн т у. п.): сонячна енергія (на гаряче водопостачання й опалення) – 36; геотермальна енергія – 29; енергія вітру – 7; енергія біомаси – 7; інші види енергії – 7 (усього – 86 млн т у. п.).

Енергетична криза 70-х рр. і усвідомлення наслідків Чорнобильської катастрофи зробили свою справу: світове співтовариство шукає «нову енергію», насамперед, у напрямі використання НВДЕ, об'єм яких до 2020 року повинен скласти 20% (табл.12.1) від загального виробництва (споживання).

Таблиця 12.1 - Виробництво теплової та електричної енергії в країнах ЄС на базі нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії

Тип НВДЕ	Виробництво енергії, млн т н.е.		Загальні капітальні витрати у 1997–2000 рр., млрд доларів	Зниження викидів CO ₂ до 2010 р., млн т/рік
	1995	2010		
Вітроенергетика	0,350	6,90	34,56	72,0
Гідроенергетика	26,400	30,55	17,16	48,0
Фотоелектрична енергетика	0,002	0,26	10,80	3,0
Біомаса	44,800	135,00	100,80	255,0
Геотермальна енергетика	2,500	5,20	6,00	5,0
Сонячні теплові колектори	0,260	4,00	28,80	19,0
Усього	74,300	182,00	198,12	402,0

Примітка. Теплота згорання 1 т нафтового еквівалента (1 т н.е.) – $Q^p = 41,86$ ГДж.

Потреба і можливість розвитку в Україні цього напрямку зумовлені наступними причинами:

- дефіцитом традиційних для України ПЕР;
- дисбалансом у розвитку енергетичного комплексу України, орієнтованого, на централізоване електро- і тепlopостачання та значне (понад 40

%) виробництво енергії на АЕС. Разом з тим, відсутнє власне виробництво ядерного палива, технології утилізації і переробки відходів АЕС, виробництв для модернізації устаткування діючих АЕС;

– наявністю науково-технічної і промислової бази, придатної для виробництва практично усіх видів устаткування нетрадиційної енергетики;

– сприятливими клімато-метеорологічними умовами для використання основних видів НВДЕ.

Виходячи з географічних, науково-економічних та екологічних факторів для України доцільно розглядати використання таких НВДЕ, як енергія Сонця, вітру, біомаси, малих рік, геотермальна енергія, ресурси яких подано в табл. 12.2.

Використання відновлюваних джерел енергії дозволить знизити споживання дефіцитних для України нафтопродуктів (загальний об'єм приблизно 300 млн т у. п./рік) на 5–6 %, зокрема за рахунок використання геліоресурсів – на 1,7 %, вітроенергії – на 2,8 %; геотермальної енергії – на 0,1 %; біогазу – на 0,2 %; гідроенергії рік – на 0,9 % (великих – 0,6 %, малих – 0,3 %).

Перевагою нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії є їх екологічна безпека та можливість локального використання в будь-якому районі. За даними ЮНЕСКО, приблизно 2 млрд людей на Землі мають обмежений доступ до електропостачання в силу відсутності розвинутих електричних мереж, а 2,4 млрд – до сучасних видів пального для приготування їжі та обігріву помешкань. Тому навіть активні прихильники випереджального розвитку ядерної енергетики у прогнозах на кінець ХХІ століття віддають поновлюваній енергії не менш 18 % загального споживання. Це, приблизно, стільки, скільки зараз людство одержує за рахунок викопного палива.

Таблиця 12.2 - Ресурси відновлюваних джерел енергії України

Джерело енергії	Теоретичний потенціал	Використання на початку ХХІ ст.		Технічний потенціал	
	МВт·год на рік	МВт·год на рік	т у. п.	МВт·год на рік	т у. п.
Геліоресурси	$720 \cdot 10^9$	$81 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$0,13 \cdot 10^9$	$0,16 \cdot 10^9$
Вітроенергетика	$965 \cdot 10^9$	$0,8 \cdot 10^3$	$0,096 \cdot 10^3$	$0,36 \cdot 10^9$	$40 \dots 70 \cdot 10^9$
Геотермальна енергетика	$5128 \cdot 10^9$	$0,4 \cdot 10^3$	$0,049 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^9$
Біоенергія с.-г. відходів	$12,5 \cdot 10^6$	$0,14 \cdot 10^3$	$0,002 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$
Гідроенергетика, зокрема:	$42,4 \cdot 10^6$	$10,2 \cdot 10^6$	$1,22 \cdot 10^6$	$21,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$
велика	$25,0 \cdot 10^6$	$9,7 \cdot 10^6$	$1,16 \cdot 10^6$	$15,1 \cdot 10^6$	$1,8 \cdot 10^6$
мала	$17,4 \cdot 10^6$	$0,5 \cdot 10^6$	$0,06 \cdot 10^6$	$6,4 \cdot 10^6$	$0,8 \cdot 10^6$

Енергетична стратегія України на період до 2030 року, яка передбачає використання нетрадиційних і поновлюваних джерел енергії в наростаючих масштабах. З обліком природних, географічних і метеорологічних умов перевага віддається малим гідроелектростанціям, вітроенергетичним установкам, біоенергетичним установкам, установкам для спалювання відходів рослинництва і побутових відходів, геліоводопідогрівачам. Потенціал цих джерел України

оцінюється у 6 % від усієї розрахункової економії палива, що планується одержати за рахунок енергозбереження. При цьому особливо підкреслюється, що вони дають реальну економію палива, відчутний соціальний ефект, значно поменшують негативний вплив енергетики на довкілля. Їх застосування символізує реальний перехід від марнотратної до раціональної економіки.

Потенціал енергозбереження в Україні

Поряд зі структурною перебудовою економіки для успішного вирішення проблеми енергозабезпечення необхідно реалізувати низку організаційно-правових і технічних заходів з енергозбереження. За одночасної реалізації організаційно-правових заходів і суттєвих змін структури економіки обсяги споживання енергоресурсів можна скоротити у 2—3 рази.

Організаційно-правові заходи задля енергозбереження — це розробка і запровадження законів, стандартів, нормативів, податків на викиди шкідливих речовин, на використання імпортованих енергоносіїв, налагодження обліку шляхом використання лічильників ресурсів, державна підтримка впровадження нових ефективних видів техніки, технологій, матеріалів тощо.

Основний потенціал енергозбереження зосереджений у найбільш енергомістких галузях економіки. Змістом заходів в цих галузях є модернізація обладнання, оновлення технологічних процесів та застосування нових ресурсощадних матеріалів. Це дозволить, окрім економії ресурсів, підвищити також якість виробів, що важливо для виходу на західні ринки.

2 Геліоенергетика та вітроенергетика

Сонце є основним джерелом енергії, що забезпечує існування життя на Землі. Унаслідок реакцій ядерного синтезу в його активному ядрі досягаються температури до 10^7 К. При цьому поверхня Сонця має температуру близько 6000 К. Електромагнітним випромінюванням сонячна енергія передається в космічному просторі і досягає поверхні Землі, з потужністю близько $1,2 \cdot 10^{11}$ Вт. Одержання такої енергії на протязі однієї години досить, щоб задовольнити енергетичні потреби всього населення Земної кулі протягом року. Максимальна щільність потоку сонячного випромінювання, що приходить на Землю, складає приблизно 1 кВт/м^2 . В залежності від місця, часу доби і погоди потоки сонячної енергії міняються від 3 до 30 МДж/м^2 у день (для різних населених районів).

Для створення комфортних умов життя одній людині, в середньому, потрібно приблизно 2 кВт на добу, або приблизно 170 МДж енергії. Якщо прийняти ефективність перетворення сонячної енергії в зручну для споживання форму - 10% та потік сонячної енергії - 17 МДж/м^2 у день, то необхідну для однієї людини енергію можна одержати з 100 м^2 площі земної поверхні. При середній щільності населення в містах - 500 чоловік на 1 км^2 , на одну людину приходить близько 2000 м^2 земної поверхні. Тобто, досить всього 5% цієї площі, щоб за рахунок сонячної енергії, що знімається з її, задовольнити енергетичні потреби людини.

Для характеристики сонячного випромінювання і взаємодії його з речовиною використовуються наступні основні величини.

Потік випромінювання – енергія, що випромінюється електромагнітними хвилями за одну секунду через одиницю довільної поверхні [$\text{Дж/с}=\text{Вт}$]

Щільність потоку випромінювання (енергетична освітленість) - відношення потоку випромінювання до площі поверхні, що опромінюється. Щільність потоку випромінювання від Сонця, що падає на перпендикулярну йому площадку поза земною атмосферою, ще називається **сонячною константою δ** .

Коефіцієнт поглинання - відношення потоку випромінювання, що поглинається поверхнею тіла, до потоку випромінювання, який падає на цю поверхню в тому же спектральному інтервалі. Залежить від частоти (довжини хвилі) випромінювання, природи і температури тіла. Тіло, для якого коефіцієнт поглинання дорівнює одиниці, поглинає все падаюче на нього випромінювання і називається абсолютно чорним тілом.

Відбивна здатність тіла - відношення потоку випромінювання, відбитого поверхнею тіла, до потоку, падаючого на його поверхню. Для поверхонь, що розсіюють падаюче сонячне випромінювання, цю величину називають альбедо.

Сонячні водопідігрівники (геліоводопідігрівники). Перетворення сонячної енергії в теплову забезпечується за рахунок здатності атомів речовини поглинати електромагнітне випромінювання. При цьому енергія електромагнітного випромінювання перетворюється в кінетичну енергію атомів і молекул речовини, тобто в теплову енергію. Результатом цього є підвищення температури тіла.

Для енергетичних цілей найбільш розповсюджено використання сонячного випромінювання для нагрівання води в системах опалення і гарячого водопостачання. Основним елементом сонячної нагрівальної системи є приймач, у якому відбувається поглинання сонячного випромінювання і передача енергії рідини. Найбільш розповсюджені плоскі (нефокусуючі) приймачі, які дозволяють збирати як пряме, так і розсіяне випромінювання й, у силу цього, здатні працювати також і в хмарну погоду. Вони мають невисоку вартість і є кращими при нагріванні рідин до температур нижче 100°C.

Зупинимось на характеристиці деяких конструкцій сонячної нагрівальної системи:

- відкритий резервуар на поверхні землі (наприклад, басейн) - найпростіший можливий нагрівач води. Підвищення температури води обмежено високим коефіцієнтом відзеркалення поверхні води, тепловіддачею до землі і повітря, витратою частини поглиненого тепла на випар води;

- відкритий резервуар (теплоізований від землі). Підвищення температури води обмежено високим коефіцієнтом відзеркалення поверхні води, тепловіддачею до повітря, витратою частини поглиненого тепла на випар води;

- чорний резервуар (рідина знаходиться в ємності з чорною матовою поверхнею), звичайно розташовуваної на даху будинку. Втрати тепла на випар відсутні, коефіцієнт поглинання чорної поверхні близький до одиниці. Нагрівачі цього типу недорогі, прості у виготовленні, дозволяють нагрівати воду до температури близько 45°C. Широке поширення одержали в Японії, Ізраїлі;

- чорний резервуар (з теплоізованим дном). Дозволяє зменшити майже в два - три рази втрати тепла, які мають місце в попередній конструкції. Для досягнення цього досить всього декількох сантиметрів ізолюючого шару (практично, будь-якого пористого матеріалу з розміром пір до 1 мм.), що укладається на дно ємності;

- закриті чорні нагрівачі (ємність нагрівача міститься в контейнері із прозорої для сонячного випромінювання кришкою, кращим матеріалом для якої є

скло). Дозволяють виключити тепловіддачу від приймача в повітря, особливо, у вітряну погоду;

- металеві проточні нагрівачі (вода протікає по паралельним трубкам, закріпленим на зачерненій металевій пластині). Звичайно діаметр трубок складає близько 2 см, відстань між ними 20см, товщина пластини 0,3см. Пластину з трубками для захисту від вітру поміщають у контейнер зі скляною кришкою.

Характеристики проточного нагрівача можуть бути поліпшені за рахунок зменшення конвективного переносу між прийомною пластиною і скляною кришкою та радіаційних втрат від пластини, а також використання вакуумірованих приймачів, у яких заповнена рідиною чорна трубка міститься у середині зовнішньої скляної трубки й у просторі між ними створюється вакуум. Останнє виключає конвективний перенос тепла через зовнішню поверхню.

Нагріту в проточному нагрівачі рідину можна використовувати відразу чи запасати. Прокачування нагрітої рідини може здійснюватися як примусово, так і природною циркуляцією (конвекцією). В останньому випадку нагрівач повинний знаходитися нижче нагромаджувача нагрітої води. Швидкість прокачування вибирають такою, щоб температура води підвищувалась приблизно на 4⁰С при кожному проході через нагрівач.

Перевагою системи з примусовою циркуляцією є: можливість використання існуючих водонагрівальних систем шляхом введення до їх складу приймача сонячного випромінювання і насосу; немає необхідності розташовувати накопичувальну ємність вище приймача. Недолік - залежність від електроенергії, споживаної насосом.

Підігрівники повітря. Сонячне випромінювання можна використовувати для підігріву повітря, просушування зерна, для обігріву будинків. Для останніх у кліматичній зоні України витрачається більше третини усіх первинних енергетичних ресурсів. Часткове розвантаження енергетики, пов'язане з проектуванням чи перебудовою будинків шляхом використання сонячного тепла, дозволяє заощадити значну кількість енергоносіїв систем теплопостачання.

Теплопровідність повітря набагато нижче, ніж води. Тому нагрівачі такого типу виготовляють з шорсткуватими прийомними поверхнями, які мають велику площу теплообміну, що дозволяє за рахунок турбулізації потоку значно підвищити інтенсивність тепловіддачі.

Сонячні системи для одержання електроенергії (сонячні електростанції). Концентрація сонячної енергії дозволяє одержувати температури до 700⁰С, що досить для роботи звичайного теплового двигуна з прийнятним коефіцієнтом корисної дії. Наприклад, параболічний концентратор з діаметром дзеркала 30 м дозволяє сконцентрувати потужність випромінювання порядку 700 кВт, що дає можливість одержати до 200 кВт електроенергії. Колектор передає сонячну енергію теплоносію (останній у цьому випадку може являти собою водяну пару високої температури), яка направляється в парову турбіну для вироблення електроенергії.

Для створення сонячних електростанцій великої потужності (порядку 10 МВт) можливі два варіанти: розосереджені колектори і системи з центральною сонячною вежею. Сонячна електростанція з розосередженими колекторами складається з безлічі невеликих концентруючих колекторів, кожен з яких незалежно стежить за Сонцем, передає енергію рідині (теплоносію), яка збирається

від усіх колекторів в центральній енергостанції і надходить на турбіну електрогенератора. Сонячна електростанція з центральною вежею складається з плоских дзеркал, які розташовані на великій площі, стежать за Сонцем і відбивають сонячні промені на центральний приймач, розміщений на вершині вежі. **Акумулятори теплової енергії.** Застосування описаних нижче стандартних нагрівачів виявляється занадто дорогим для нагрівання великих обсягів рідини до температур $\leq 100^{\circ}\text{C}$. В цьому випадку ефективно застосування „сонячного ставка”, який являє собою оригінальний нагрівач, де теплозахисною поверхнею є вода.

В „сонячний ставок” (достатньо велику водойму, яка може бути вирита просто в землі) заливається кілька шарів води різного ступеня солоності. Шар найбільшої солоності, товщиною приблизно 0,5 м, розташовується на дні і нагрівається за рахунок сонячного випромінювання, яке поглинається дном водойми.

Таким чином, у неоднорідній водоймі придонний шар води більш солоний, чим шар над ним, і його щільність хоча і зменшується при нагріванні, але залишається вище щільності більш високого шару. Відсутність конвекції, що має місце в даному випадку, веде до того, що придонний шар нагрівається усе сильніше. Використання розчинів, щільність яких підвищується при нагріванні, дозволяє мати стабільні сонячні ставки, в яких досягається рівноважна температура 90°C и вище. Наприклад, сонячний ставок у Ейн - Бореке (Ізраїль) виробляє 150 кВт електроенергії з площі 0,74 га при вартості 0,1 долар США за 1 кВтч.

Пряме перетворення сонячної енергії в електричну (фотоелектричні перетворювачі). Найбільш оптимальним є пряме перетворення сонячної енергії в електричну, що стає можливим при використанні фотоэффекту.

Фотоэффект - електричне явище, яке відбувається при освітленні речовини, а саме: вихід електронів з металів (фотоелектрична емісія чи зовнішній фотоэффект); переміщення зарядів через границю розділу напівпровідників з різними типами провідності (р -n) (вентильний фотоэффект); зміна електричної провідності (фотопровідність).

При освітленні границі розділу напівпровідників з різними типами провідності (р-n) між ними встановлюється різниця потенціалів (фото ЕДС). Це явище називається вентильним фотоэффектом, на використанні якого засноване створення фотоелектричних перетворювачів енергії (сонячних елементів і батарей).

Сонячні елементи характеризуються коефіцієнтом перетворення сонячної енергії в електричну, котрий є відношенням падаючого на елемент потоку випромінювання до максимальної потужності електричної енергії, що виробляється. Кремнієві сонячні елементи мають коефіцієнт перетворення 10-15 %, тобто при освітленості 1 кВт/м^2 виробляють електричну потужність 1-1,5 Вт з кожного квадратного дециметра .

Типова структура сонячного елемента з р-n переходом зображена на мал.

12.1 і включає до себе: 1 - шар напівпровідника (товщиною 0,2-1,0 мікрон) з n-провідністю; 2 - шар напівпровідника (товщиною 250 - 400 мікронів) з р-провідністю; 3 - додатковий потенційний бар'єр (товщиною 0,2 мкм); 4 - металевий контакт з тильної сторони; 5 - сполучний провідник з лицьовою поверхнею попереднього елемента; 6 - протиотражальне покриття; 7-лицьовий контакт; 8 - провідник з'єднання з контактом наступного елемента. Сонячні елементи

з'єднуються послідовно в сонячні модулі, які, в свою чергу, паралельно – в сонячні батареї (рис.12.2.).

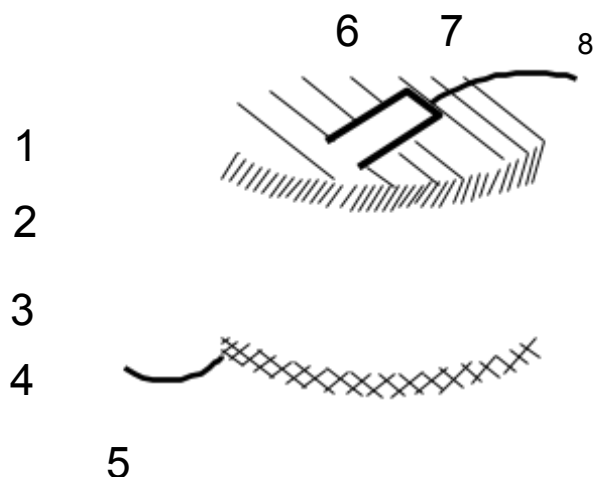


Рис.12.1 - Сонячний елемент

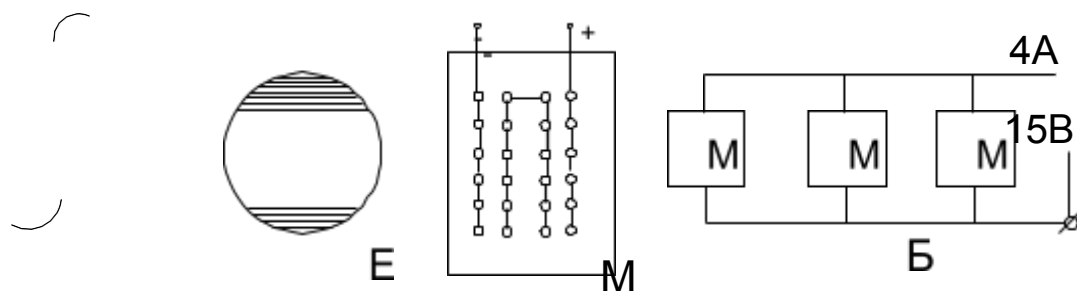
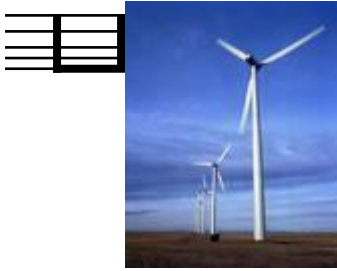


Рис. 12.2 - Е – сонячний елемент, М – сонячний модуль, Б – сонячна батарея.

Важливим показником, що характеризує можливість широкого використання фотоелектричних перетворювачів сонячної енергії в електричну є вартість 1 Вт максимальної потужності, яка на даний час дорівнює 0,8 доларів США. При повній вартості сонячних елементів 4 долари США за 1Вт, допоміжної апаратури - 2 долари США за 1 Вт, опроміненні місцевості 20 МДЖ/м² у день та довговічності сонячних батарей 20 років вартість електроенергії складе приблизно 16 центів США за 1кВтч (4,4 центи за МДж). Така цілком конкурентноздатна з вартістю електроенергії, що виробляються дизель-генераторами у віддалених районах, де вартість доставки палива й обслуговування різко зростає. Слід очікувати, що в найближчий час сонячні батареї будуть широко використовуватись в освітлювальних системах, системах тепло- і водопостачання, в першу чергу, у сільських місцевостях .

Основними компонентами сонячної енергетичної установки є сонячна батарея з приладами контролю і керування, акумуляторна батарея, інвертор для перетворення постійного струму сонячної батареї в перемінний струм промислових параметрів, що споживається більшістю електричних пристроїв. Незважаючи на нерівномірність добового потоку сонячного випромінювання і його відсутність у нічний час, акумуляторна батарея за рахунок накопичення електрики, яка виробляється сонячною батареєю, дозволяє забезпечити безупинну роботу сонячної енергетичної установки.



Вітер – це рух повітряних мас земної атмосфери, викликаний перепадом температур в атмосфері через нерівномірне нагрівання її сонцем. Використання енергії вітру перетворення енергії сонця в механічну. Пристрої, що в свою чергу, перетворюють енергію вітру в будь – яку іншу (механічну, теплову, електричну), називають вітроенергетичними установками (ВЕУ).

Інтерес до ВЕУ різко зріс після енергетичної кризи 1973 року, коли різко підвищилась ціна на нафтопродукти. З того часу побудовано велику частину вітроустановок з широким використанням досягнень аеродинаміки, механіки, мікроелектроніки для контролю і керування. Вітроустановки потужністю від декількох кіловатів до мегаватів виробляються в Європі, США й інших частинах світу. Велика частина з них використовується для виробництва електроенергії як у складі енергосистеми, так і автономно.

Одна з основних умов при проектуванні вітроустановок - забезпечення захисту від руйнування сильними випадковими поривами вітру. В середньому раз у 50 років у кожній місцевості бувають вітри зі швидкістю, яка у 5-10 разів перевищує середню. Тому вітроустановки проектують з великим запасом міцності, але максимальна проектна потужність визначається для стандартної швидкості вітру, за яку звичайно приймають 12 м/с.

ВЕУ потрібно встановлювати досить високо над місцевими перешкодами, щоб вітровий потік був сильним та однорідним з мінімальними змінами напрямку і швидкості, яка збільшується з висотою над поверхнею Землі. Найкращим місцем для розміщення ВЕУ є гладка куполообразна нічим не затінена височина. Бажано,

щоб в радіусі декількох сотень метрів вона була оточена полями чи водною поверхнею. Як правило, голівки вітроустановок знаходяться на висоті від 5 до 50 м.

Для визначення швидкості U_z на цих висотах використовують апроксимаційну формулу, в яку входить значення стандартної швидкості вітру для

даної місцевості U_{10} на висоті 10 м, а саме $U_z = U_{10} \left(\frac{z}{z_{10}} \right)^b$, де z , м –

висота, а b

$=0,14$ – параметр для відкритих місць . Чим менше значення швидкості, тим менше розрізняється навантаження, що зазнає лопать вітроколеса в нижнім та верхнім положенні. Значення параметра b різні в різну пору року і протягом однієї доби. Тому приведеною вище формулою треба користуватися дуже обачно, особливо для

висот більш 50 м.

У районах зі сприятливими вітровими умовами середньорічне виробництво електроенергії вітроустановками складає 25-35 % його максимального проектного значення, термін служби вітроустановок – 15-20 років, а вартість – від 1000 до 1500 доларів США за 1 кВт проектної потужності. Офіційні оцінки можливої частки вітроенергетики в енергетиці, наприклад, у Великобританії і Західній Німеччині, що не передбачають яких-небудь серйозних змін у сформованій інфраструктурі енергоспоживання, складають не менш 20 %.

Автономні вітроустановки дуже перспективні для заміни дизельних електростанцій і опалювальних установок, що працюють на нафтопродуктах, особливо у віддалених районах, і можуть бути призначені для безпосереднього виконання механічної роботи (наприклад, приводу водяного насоса) або для

виробництва електроенергії. В останньому випадку вони приводять в дію електрогенератор і разом з ними називаються вітрогенераторами.

Принцип дії і класифікація ВЕУ. Як уже було сказано, у вітроенергетичних установках енергія вітру перетворює в механічну енергію робочих органів. Первинним і основним з них є вітроколесо, що безпосередньо приймає на себе енергію вітру і, перетворює її в кінетичну енергію обертання.

Обертання вітроколеса під дією вітру обумовлено тим, що на будь-яке тіло, яке обтікається потоком газу, діє сила P , яку можна розкласти на дві складові: - уздовж швидкості потоку (силу лобового опору F_o), і у напрямку, перпендикулярному швидкості потоку, що набігає, піднімальною силою F_n . Величини цих сил залежать від форми тіла, орієнтації його в потоці газу і швидкості. Під дією цих сил вітроколесо приводиться в обертання.

Вітроустановки класифікуються по двох основних ознаках: геометрії вітроколеса і його положенні щодо напрямку вітру. Якщо вісь обертання вітроколеса паралельна повітряному потоку, то установка називається горизонтально-осьовою, якщо перпендикулярна - вертикально-осьовою. Установки, що використовують силу лобового опору, як правило, обертаються з лінійною швидкістю, меншою швидкості вітру, а установки, що використовують підйомну силу, мають лінійну швидкість кінців лопат, яка більше швидкості вітру.

Кожне вітроколесо характеризується:

- ометаємою площею S , тобто площею, що покривається його лопатями при обертанні і дорівнює $S = \pi D^2 / 4$, де D - діаметр вітроколеса;
- геометричним заповненням, рівним відношенню площі проекції лопат на площину, перпендикулярну потоку, до ометаємої площі (так, наприклад, при однакових лопатях четирилопатне колесо має вдвічі більше заповнення, чим дволопатне),
- коефіцієнтом потужності C_p , який характеризує ефективність використання енергії вітрового потоку та залежить від конструкції вітроколеса;
- коефіцієнтом швидкохідності Z , рівним відношенню швидкості кінця лопаті до швидкості вітру.

При швидкості вітру U та щільності повітря ρ вітроколесо з ометаємою площиною S розвиває потужність $P = C_p S \rho U^3 / 2$, яка пропорційна кубу

швидкості вітру. ВЕУ з великим геометричним заповненням вітроколеса розвивають значну потужність при відносно слабкому вітрі, максимум потужності досягається при невеликих обертаннях колеса. ВЕУ з малим заповненням досягають максимальної потужності при великих обертаннях, та потребують більш великого часу при виході на цей режим. Тому перші використовуються у водяних насосах і, навіть, при слабкому вітру зберігають працездатність, а другі – у якості електрогенераторів, де необхідна висока частота обертання.

Виробництво електроенергії ВЕУ. Використання вітроустановок для виробництва електроенергії є найбільш ефективним засобом утилізації енергії вітру. Вимоги до показників частоти та напруги електроенергії, яка виробляється ВЕУ, залежать від особливостей споживачів. Ці вимоги досить тверді при роботі ВЕУ у рамках єдиної енергетичної системи і доволі м'які - при використанні енергії вітроустановок в освітлювальних та нагрівних установках.

Основними елементами вітроелектрогенераторів є : власне вітроустановка, електрогенератор, система керування параметрами генерувальної електроенергії в залежності від змінювання сили вітру та швидкості обертання колеса. Для виключення перебоїв в електропостачанні ВЕУ потрібні акумулятори електричної енергії або необхідно запаралелення з електроенергетичним обладнанням інших типів, тому що неминучі періоди безвітря.

Одним із засобів керування електроенергією вітру є випрямлення перемінного струму ВЕУ, а потім перетворення його в перемінний струм з заданими стабілізованими параметрами.

В таблиці 12.5 приведено характеристики вітру і показники ВЕУ, рекомендованих до впровадження.

Таблиця 12.5 -- Вітротехнічні показники вітроагрегатів, рекомендованих до впровадження

Зональна середньорічна швидкість вітру, м/с	Діапазон робочих швидкостей вітру ВЕУ, м/с	Розрахункова швидкість вітру, що відповідає номінальній потужності, м/с	Орієнтована частка використання ВЕУ, %
До 4,5	3-20	8	40
4,5-5,5	4-24	9	30
понад 5,5	4-24	10-12	30

3 Гідроенергетика та біоенергетика



Використання енергії потоків води теж відоме віддавна. Досвід багатьох країн доводить, що використання потенціалу малих річок на малих та мікро-ГЕС допомагає вирішити проблему поліпшення енергопостачання численних споживачів. Найбільш ефективні малі ГЕС, створені на існуючих гідротехнічних спорудах. В Україні налічується понад 63 тис. малих річок. Їх гідроенергетичний потенціал складає 30% від загального технічного потенціалу всіх річок України. На території України незадіяні ресурси гідроенергії менші від ресурсів енергії вітру, але цінні нижчими затратами та можливістю регулювання часу вироблення електроенергії.

Мала ГЕС в Європі споруджується за 8—10 місяців, термін її окупності 3—4 роки.

Необхідно максимально відновити ті ГЕС, що були зупинені в 50—60-х роках ХХ століття. Але відновлення, а особливо нове будівництво, має провадитися з використанням сучасної техніки, яка дозволяє здійснювати експлуатацію ГЕС за «безлюдним» варіантом (на таких ГЕС відсутня машинна зала і обслуговуючий персонал). Управління каскадом ГЕС здійснює через комп'ютер лише одна людина. За «безлюдної» експлуатації малих ГЕС обсяги будівництва їх в Україні можуть становити 700—1000 МВт на імпортованій гідротехніці та до 4

МВт на вітчизняній. Найбільші можливості щодо розвитку малої гідроенергетики має Карпатський регіон. Тут будівництво ГЕС має об'єднуватися з реалізацією протиповеневих заходів.

Досвід деяких держав свідчить, що освоєння потенціалу малих річок з використанням малих ГЕС і міні-ГЕС допомагає вирішити проблему поліпшення енергопостачання. Найбільш ефективними є малі ГЕС, які будуються на наявних гідротехнічних спорудах.

Загальні положення. Складний комплекс речовин, з яких складаються рослини і тварини, прийнято називати біомасою, основа якої - органічні сполуки вуглецю. Унікальна роль вуглецю в живій природі обумовлена його властивостями, якими в сукупності не володіє жоден інший хімічний елемент. Між атомами вуглецю, а також між вуглецем і іншими хімічними елементами утворюються міцні хімічні зв'язки, які можуть бути розірвані у відповідних фізіологічних умовах. Органічні сполуки вуглецю в процесі з'єднання з киснем при згорянні чи в процесі природного метаболізму виділяють тепло.

Первісна енергія системи біомаса - кисень виникає в процесі фотосинтезу під дією сонячного випромінювання, що є природним варіантом перетворення сонячної енергії. Доречно згадати, що біомаса є основною вихідною речовиною для утворення викопних палив (торфу, вугілля, нафти, газу). Рослинний матеріал, який накопичувався на протязі мільйонів літ на поверхні Землі, у результаті біохімічного розкладання перероблявся в торф. Торфоутворення і торфонакопичування завершувалися перекриттям торфовища опадами, що утворили породи покрівлі. Далі при відносно невисоких температурах і тиску біохімічні процеси приводили до перетворення торфу в буре вугілля, яке у результаті тривалого впливу підвищених температур і тиску перетворилось в кам'яне вугілля, а останнє - в антрацит. Аналогічним чином з останків морських тварин, нижчих організмів і рослинних залишків, що також протягом мільйонів років накопичувались та піддавались дії тиску порід, утворилась нафта. Таким чином, в остаточному підсумку біомаса і зв'язані з нею походженням копалини углеводородного палива є не чим іншим, як величезними акумуляторами сонячної енергії.

У перерахуванні на суху масу утворення біологічних матеріалів у біосфері іде зі швидкістю близько $2,5 \cdot 10^{11}$ тон на рік, при цьому щорічно хімічно

зв'язується приблизно 10^{11} т вуглецю, а споживана сонячна енергія складає $2 \cdot 10^{21}$ Дж/рік ($7 \cdot 10^{13}$ Вт). Потік фотосинтетичної енергії на нашу планету складає близько 250 кВт на людину, що еквівалентно виробленню 100 000 великих атомних електростанцій. З загальної кількості біомаси тільки 0,5% вживається людством у вигляді їжі. Утворення біомаси змінюється в залежності від місцевих умов. На одиниці площі суші її утвориться приблизно в 2 рази більше, ніж на одиниці поверхні моря.

Промислове використання енергії біомаси може бути дуже значним. Наприклад, за рахунок відходів виробництва цукру в країнах, що його поставляють, покривається до 40% потреб у паливі. Застосування біопалива у вигляді дров, гною і бадилля рослин має першочергове значення в домашньому господарстві приблизно 50% населення планети. Але для того щоб розглядати біомасу як поновлюване джерело енергії, необхідно забезпечити її виробництво

принаймні на одному рівні зі споживанням. Для людства страшне те, що в даний час витрата деревного палива значно випереджає його відтворення.

Чиста питома енергія, яку можна одержати при спалюванні, коливається від 10 МДж/кг (сиря деревина) до 40 МДж/кг (жири, нафтоподібні речовини) і 55 МДж/кг для метану. Теплота згоряння сухої біомаси, що є власне кажучи вуглеводами, складає близько 20 МДж/кг. Концепція Енергетичної програми України до 2030 року передбачає перелік великомасштабних заходів в галузі біоенергетики. Вважається, що застосування біоенергетичних установок по переробці відходів тваринництва дозволить істотно поліпшити екологічний стан поблизу великих тваринницьких комплексів, де зібрана величезна кількість непереробної біомаси. Крім того, можна розраховувати на одержання високоякісних органічних добрив і за рахунок виробництва біогазу забезпечити економію традиційного палива.

Щорічно накопичується велика кількість твердих побутових відходів, які направляються на смітники і сміттяпереробні заводи. Потенційна енергія, укладена в них, еквівалентна сотням тисяч тон умовного палива. Відзначимо, що у світовій практиці одержання енергії з твердих побутових відходів здійснюється в основному спалюванням і газифікацією. У Японії, Данії і Швейцарії спалюється близько 70 %, у Німеччині – 30%, Італії – 25%, США -близько 14 %.

Як сировину для одержання рідкого і газоподібного палива можливе застосування біомаси швидкозростаючих рослин і дерев. Для цих цілей вважається доцільним використовувати площі вироблених торф'яних родовищ, не придатні для вирощання сільськогосподарських культур, а також площі чорнобильської зони.

Фотосинтез - процес утворення органічних речовин і акумулювання хімічної енергії під дією сонячного випромінювання, відбувається в листі рослин і в інших фотосинтезуючих організмах. Це найважливіший процес, з поновлення енергії, тому що всі живі організми складаються з матеріалу, що одержується в результаті фотосинтезу.

При фотосинтезі відбуваються хімічні реакції, в яких беруть участь вуглець С, водень Н, кисень О і сонячне випромінювання. У результаті фотосинтезу утворюються хімічні сполуки цих елементів, енергія яких більше, ніж енергія вихідних матеріалів, на величину поглиненої сонячної енергії. При наступній взаємодії отриманих речовин з киснем ця енергія вивільняється у виді тепла (приблизно 16 МДж/кг)

При згорянні енергія біопалива розсіюється, але продукти згоряння можуть знову перетворюватися в біопаливо шляхом природних екологічних чи сільськогосподарських процесів. Таким чином, використання промислового біопалива, будучи добре ув'язаним із природними екологічними циклами, може не давати забруднень і забезпечувати безупинний процес одержання енергії. Подібні системи називаються агропромисловими. Схема планетарного кругообігу біомаси наведено на рис. 12.3

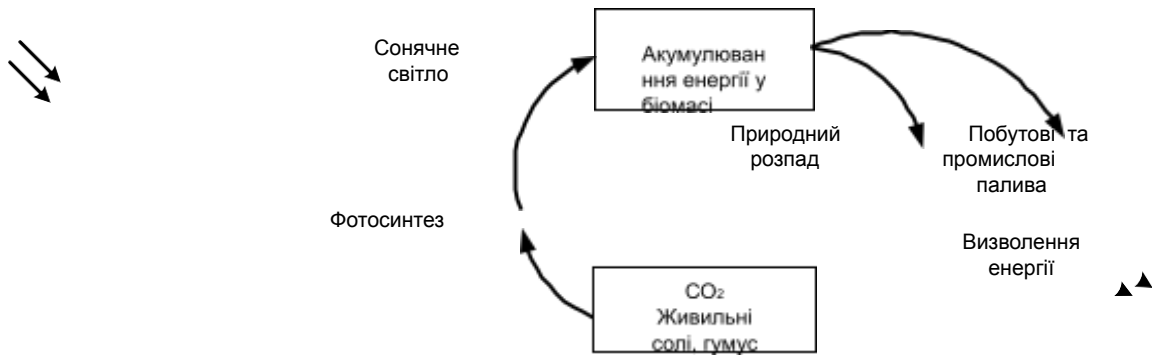


Рис. 12.3 - Схема планетарного кругообігу біомаси

Класифікація основних типів енергетичних процесів, пов'язаних з переробкою біомаси:

Термохімічні процеси:

- Пряме спалювання для отримання теплоти.
- Пиролиз. Біомасу нагрівають або в умовах відсутності повітря або за рахунок згоряння деякої її частини при обмеженому доступі повітря чи кисню. Склад продуктів, що виходять при цьому, надзвичайно різноманітний: гази, рідина, олія, деревне вугілля. Зміна складу продуктів пиролізу залежить від температурних умов, типу сировини, що вводиться в процес, способів ведення процесу. Якщо основним продуктом пиролізу є паливний газ, то процес називається газифікацією, а установки для його одержання - газогенераторами. КПД пиролізу визначається як відношення теплоти згоряння похідного палива до теплоти згоряння вихідної біомаси і досягає рівня 80-90 %. Види палива, що одержується в результаті пиролізу, мають трохи меншу сумарну енергію згоряння в порівнянні з вихідною біомасою, але - більшу універсальність застосування: кращу керованість горіння; велику зручність в обертанні і транспортуванні, широкий діапазон можливих устроїв-споживачів, менший вплив на навколишнє середовище при згорянні.

- Гідрогенізація. Здрібнену, що розклалася, або переварену біомасу, наприклад, гній, нагрівають в атмосфері водню до температури близько 600⁰С при тиску близько 5 МПа (50 атм). Одержувані при цьому паливні гази, переважно метан та етан, при спалюванні дають близько 6 МДж на 1 кг сухої сировини.

Біохімічні процеси.

- Анаеробна переробка. Під час відсутності кисню деякі мікроорганізми здатні одержувати енергію, безпосередньо переробляючи вуглеродоутримуючі складові. При цьому виробляється суміш вуглекислого газу CO₂, метану CH₄ і побіжних газів, що називається біогазом.

- Одержання біогазу. Економічно виправдано, коли відповідний біогазогенератор переробляє існуючі потоки відходів, прикладами яких можуть служити стоки каналізаційних систем, тваринницьких ферм і т.п. Одержання біогазу, що можливо в установках самих різних масштабів, особливо ефективно на агропромислових комплексах, де доцільна реалізація повного екологічного циклу. У таких комплексах гній піддають анаеробному збраживанню. Біогаз використовують для освітлення, приведення в дію машин і механізмів,

електрогенераторів, для обігріву приміщень. Оброблені відходи використовуються як високоякісні добрива.

- Спиртова ферментація. Етиловий спирт - летуче рідке паливо, яке можна використовувати замість бензину. Він виробляється мікроорганізмами в процесі ферментації, в якості сировини звичайно використовують цукор.

Агрохімічні процеси.

- Екстракція палив. У деяких випадках рідкі чи тверді різновиди палив можуть бути отримані прямо від тварин чи рослин. Наприклад, сік живих рослин збирають, надрізає шкірку чи стебел стовбурів, зі свіжезрізаних рослин його видавлюють під пресом. Добре відомий подібний процес одержання каучуку.

4 Енергія морських хвиль та припливів

Дещо більшим від ресурсів гідроенергії є світовий ресурс енергії морських хвиль та припливів. 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 припливом, у гирлі річки Северен в Англії із 14,5-метровим припливом та в інших регіонах із великими припливами води.

Перша у світі та найбільша на сьогодні ПЕС міститься у Франції на березі Ла-Маншу в гіолі 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.

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

Моря і океани є величезними акумуляторами і трансформаторами сонячної енергії, яка перетворюється в енергію хвиль, течій, тепла та вітру. Енергетичні ресурси океану відновні і практично невичерпні. Досвід експлуатації вже діючих систем океанської і морської енергетики свідчить, що вона майже не завдає шкоди навколишньому середовищу. Світовий океан містить велетенський енергетичний потенціал. Це, по-перше, сонячна енергія, поглинута океанською водою, що виявляється в енергії морських течій, хвиль, прибою, різниці температур різних шарів морської води і, по-друге, енергія тяжіння Місяця та Сонця, яка спричинює морські припливи та відпливи. Використовується цей величезний і екологічно чистий потенціал поки що недостатньо.

Енергія припливів

Під впливом Місяця та Сонця в океанах і морях збуджуються припливи, які спричинюють періодичні коливання рівня води при її горизонтальному переміщенні. Відповідно енергія припливів складається з потенційної енергії води та кінетичної енергії хвиль. За розрахунками, вся енергія припливів Світового океану оцінюється у 1 млрд кВт, тоді як сумарна енергія всіх річок земної кулі

дорівнює 850 млн кВт. Отже, величезна енергетична потужність морів і океанів дуже цінна для людини.

Століттями загадкою була причина морських припливів і відпливів. Сьогодні достовірно відомо, що ритмічний рух морських вод викликають сили тяжіння Місяця і Сонця. Припливи - результат гравітаційного притягання великих мас води океанів Місяцем і, меншою мірою, Сонцем. При обертанні Землі частина води океану піднімається і якийсь час утримується в цьому положенні гравітаційним притяганням. Під час припливу максимальний рівень підйому води досягає суші. Подальше обертання

Землі послаблює вплив Місяця на цю частину океану, і приплив спадає. Припливи і відпливи повторюються двічі на добу, хоча точний час їх настання змінюється залежно від сезону і положення Місяця.

Якщо Місяць, Сонце і Земля знаходяться на одній прямій, то Сонце своїм тяжінням підсилює дію Місяця, - відбувається сильний приплив. Коли ж Сонце стоїть під прямим кутом до відрізка Земля-Місяць (квадратура), то настає слабкий приплив (мала вода). Період зміни сильного і слабого припливів - сім днів. Проте на рух припливів і відпливів впливають особливості руху небесних тіл, характер берегової лінії, глибина води, морські течії і вітер. Середня висота припливу становить лише 0,5 м, за винятком тих випадків, коли водяні маси переміщуються у відносно вузьких межах. Тоді висота хвилі може у 10-20 разів перевищувати нормальну висоту припливного підйому.

Найвищі і найсильніші припливні хвилі виникають у невеликих і вузьких затоках або гирлах річок, що впадають у моря і океани. Наприклад, припливна хвиля Індійського океану йде проти течії Гангу на відстань 250 км від його гирла. Припливна хвиля Атлантичного океану підіймається на 900 км вгору Амазонкою. У закритих морях, наприклад, Чорному або Середземному, виникають малі припливні хвилі. Найбільш придатними для використання енергетичного потенціалу є ті ділянки морського узбережжя, де припливи мають велику амплітуду, а контур і рельєф берега дають змогу влаштувати великі замкнуті "басейни".

Здавна люди намагались використати енергію припливів. Уже в Середньовіччі вона була застосована для практичних цілей. Першими спорудами, механізми яких приводились у дію припливною енергією, були млини та лісопильні, що з'явилися у X-XI ст. на берегах Англії та Франції. Ритм роботи цих млинів був переривчастим, що допустимо для примітивних споруд, які виконували прості, але корисні для свого часу функції. Для сучасного промислового виробництва він мало придатний, тому енергію припливів спробували використати для отримання більш зручної електричної енергії. Але для цього необхідно було створити на берегах океанів і морів припливні електростанції (ПЕС). Перша морська ПЕС потужністю 635 кВт була побудована у 1913 р. у бухті Ліверпуля (Англія).

Спорудження ПЕС пов'язано з великими труднощами. Перш за все енергія залежить від характеру припливів, на які неможливо впливати, оскільки вони визначаються астрономічними чинниками. Незважаючи на це, робота з розробки планів ПЕС продовжується - на сьогодні запропоновано близько 300 різних технічних проектів їх будівництва. Однак далеко не у кожному регіоні земної кулі є умови для такого будівництва. Дослідження показали, що передача припливної

електроенергії з узбережної зони у центральні частини материків буде виправдана лише для деяких районів Західної Європи, США, Канади, Південної Америки. Отже, у припливах і відпливах, що змінюють один одного двічі на день, міститься величезна енергія, яку теоретично можливо використовувати без жодних технічних проблем, однак такі масштабні проекти пов'язані з великими витратами капіталу, а також імпульсним характером одержання великої кількості електроенергії у віддалених від споживачів районах.

Найпростішою енергетичною установкою є гребля з турбінами поперек гирла морської затоки, але вона може спричинити деградацію навколишнього середовища. Як уже зазначалося, електростанції, які використовують енергію морських припливів, вигідно споруджувати на тих ділянках узбережжя Світового океану, де припливи найвищі. До таких ділянок належать, наприклад, канадська затока Фанді (висота припливу становить 17 м), протока Ла-Манш (15 м), Пенжинська затока Охотського моря (13 м) та ін. Уся потужність океанських припливів на планеті оцінюється у 3000 ГВт. З них приблизно 1000 ГВт розсіюється у мілководних прибережних районах, де можливе зведення інженерних споруд. Загальна кількість припливної енергії у Світовому океані - 3,9 о 10м кДж.

Нині ПЕС побудовані і вже років 20-25 успішно працюють на трьох континентах: промислова Ране на узбережжі Ла-Маншу (Франція) потужністю 240 МВт, дослідні - Кислогубська у Кольській затоці (Росія) потужністю 400 кВт, Цзянсян потужністю 3,2 МВт (Китай) та Аннаполіс потужністю 20 МВт (Канада).

У Японії, наприклад, ПЕС працює за такою схемою: вночі, коли споживання електроенергії низьке, приплив піднімає морську воду у спеціальне водоймище, а вдень ця вода зливається назад, генеруючи електрику. Для Японії з її протяжною береговою лінією знайти придатні місця для будівництва таких ПЕС легко. У цій країні на сьогодні діють 53 атомні (тобто потенційно небезпечні) електростанції, а викопне паливо вона змушена імпортувати. Тому будівництво ПЕС для Японії і економічно вигідне, і екологічно дуже важливе. У процесі будівництва припливної електростанції велика увага приділяється саме екологічності спорудження. Для цього форма дна каналів, якими протікає морська вода, вибирається так, щоб тварини, що випадково потрапили до каналу, могли вибратися з нього.

Як же працює ПЕС? На річці будується гребля для затримки вод високого припливу. Коли припливні води відступають, затримана греблею вода випускається в океан через грушоподібні турбіни під греблею, і виробляється електроенергія. Електроенергію можна виробляти як при відпливі, так і при припливі. Припливна хвиля затримується за греблею в результаті відкриття ряду донних затворів, що дозволяє їй рухатися нагору річкою у напрямку джерела. Затвори закривають тоді, коли приплив досягає найвищого рівня, а потім, по мірі відпливу, воді, замкненій за греблею, дозволяють стікати до моря через турбіни. При низькому рівні води, тобто при відпливі, велика частина цієї води спускається. Коли припливні води знов надходять, то зупиняються перед закритими затворами, рівень води з боку моря перевищує її рівень на боці греблі, зверненої до суші. Після того, як буде досягнутий достатній напір, воді дозволяють текти нагору річкою, проходячи через турбіни, і знову виробляти електрику. Таким чином, енергія виробляється і за рахунок відпливу, і за рахунок припливу.

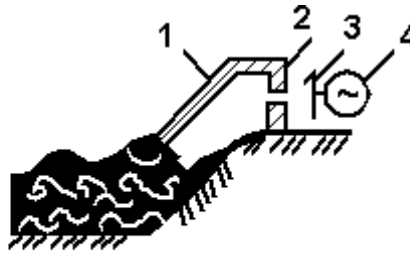


Рисунок 15. Схема прибійної електростанції

На рис. 15 показана схема побудованої в Японії прибійної електростанції потужністю 50кВт. 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.

В Японії створено подібну прибійну електростанцію потужністю 50 кВт. Собівартість виробленої нею електроенергії становить 20-30 ен/кВт·год, що відповідає собівартості електроенергії, яка виробляється дизель-електричними станціями.

Основними причинами, які стримують розвиток хвильових енергоустановок, є розосередження енергії на великій поверхні, непостійне хвилевідтворення, низька швидкість руху хвиль при значних силах їхньої дії. Таким чином, коли проектується хвильові енергоустановки, слід насамперед вирішувати питання концентрації та акумулювання енергії, а також ефективного її перетворювання з максимальним використанням наявних технічних рішень. Основними шляхами розвитку хвильових енергоустановок є підвищення концентрації енергії хвиль і енергоємності акумуляторів, їхньої надійності та ефективності перетворювання енергії.