

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ОДЕСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ ЕКОЛОГІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет заочна форма навчання

Кафедра екологічного права і контролю

ДИПЛОМНА РОБОТА

рівень вищої освіти: «спеціаліст»

на тему: Використання альтернативних джерел енергії – шлях до збереження довкілля

Виконав студент II курсу, групи ПЕК-6
спеціальності 7.04010604
Екологічний контроль та аудит
Романюк Віктор Віталійович

Керівник асистент
Кур'янова Світлана Олександрівна

Консультант к.геогр.н., доцент
Бургаз Олексій Анатолійович

Рецензент к.геогр.н., доцент
Приходько Вероніка Юріївна

Одеса – 2016 року

ЗМІСТ

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ.....	4
ВСТУП	5
1 ДЕРЖАВНА ПОЛІТИКА УКРАЇНИ У СФЕРІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	7
2 СТАН ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ	10
2.1 Теплові електростанції.....	14
2.2 Атомні електростанції	17
2.3 Гідроелектростанції	22
3 ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ.....	25
3.1 Вплив ТЕС на довкілля.....	25
3.2 Вплив ГЕС на довкілля	27
3.3 Вплив АЕС на довкілля	29
4 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ	33
4.1 Сонячна енергетика.....	37
4.1.1. Сонячна теплоенергетика	38
4.1.2. Сонячна електроенергетика	42
4.1.3. Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики	57
4.2. Вітроенергетика.....	60
4.2.1 Стан і перспективи розвитку вітроенергетики.....	65
4.3. Біоенергетика	69
4.3.1. Енергетичні ресурси біомаси	70
4.3.2. Біоенергетичні технології.....	72
4.4. Мала гідроенергетика	77
4.5. Припливні електростанції	79
4.6. Використання гідравлічної енергії течій	85
4.7. Хвильові електростанції	87

	3
4.8. Геотермальна енергетика.....	91
4.9. Перспективи розвитку відновлювальної нетрадиційної енергетики	96
ВИСНОВОК.....	101
ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ.....	103

ПЕРЕЛІК СКОРОЧЕНЬ

АЕС – атомна електростанція;
ВДЕ – відновлювальні джерела енергії;
ВЕС – вітряна електростанція;
ВЕУ – вітроелектричні установки;
ВЛ – високовольтні лінії;
ВГК – водогосподарський комплекс;
ВЯП – відпрацьоване ядерне паливо;
ГЕС – гідроелектростанція;
ГеоТЕС – геотермальна теплова електростанція;
ГТС – гідротехнічні споруди;
ПЕС – приливна електростанція;
САЕС – сонячна аеростатна електростанція;
САР – система автоматичного регулювання;
СЗ – система збудження;
СРП – синтетичне рідке паливо;
СО – система охолодження;
ЗПГ – зріджений природний газ;
ТПВ – тверді побутові відходи;
ТВ – технічне водопостачання;
ТЕС – теплова електростанція;
ФЕУ – фотоелектрична установка.

ВСТУП

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії останнім часом стали одним із важливих критеріїв сталого розвитку світової спільноти. Здійснюється пошук нових і вдосконалення існуючих технологій, виведення їх до економічно ефективного рівня та розширення сфер використання.

Головними причинами такої уваги є очікуване вичерпання запасів органічних видів палива, різке зростання їх ціни, недосконалість та низька ефективність технологій їхнього використання, шкідливий вплив на довкілля, наслідки якого все більше і більше турбують світову спільноту.

До нетрадиційних відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) відносять гідроелектростанції (великі, середні та малі), геотермальну, сонячну, фотоелектричну та теплову енергію, енергії припливів, хвиль океану, вітру, тверду біомасу, гази з біомаси, рідкі біопалива та відновлювані муніципальні відходи, а також теплову енергію, що «створюється» завдяки тепловим насосам, торф, шахтний метан та вторинні джерела енергії, такі як: скидне тепло, промислові відходи, тиск доменного газу та природного газу під час його транспортування.

На сьогодні частка НВДЕ у виробництві енергії у світі ще не є значною, але їх потенціал на кілька порядків перевищує рівень світового споживання паливно-енергетичних ресурсів. Темпи зростання обсягів виробництва енергії НВДЕ також значно перевищують аналогічні для традиційних видів енергії. Так, у найближчі 10 років, прогнозується щорічне зростання світових обсягів виробництва електроенергії традиційної електроенергетики на рівні 2,8%, а електроенергії НВДЕ – 9,2% [1].

В Україні також існує значний потенціал використання НВДЕ. З іншого боку, проблеми ефективності використання традиційних джерел енергії в Україні стоять ще гостріше, ніж у світі чи країнах ЄС. Причинами цього є застарілі технології, вичерпання ресурсів використання основних

фондів генерації електроенергії і тепла, що разом з низькою ефективністю використання палива призводить до значних обсягів викидів шкідливих речовин. Значні втрати при транспортуванні, розподілі та використанні електроенергії і тепла, а також монопольна залежність від імпорту енергоносіїв ще більш ускладнюють ситуацію на енергетичних ринках країни.

Таким чином, Україна має нагальну потребу у переході до енергетично ефективних та екологічно чистих технологій, якими є, в тому числі, і НВДЕ. Але, незважаючи на декларативні заяви щодо усвідомлення цієї потреби з боку різних гілок влади та низку нормативно-законодавчих актів, які стосуються розвитку НВДЕ, – реальних кроків щодо впровадження НВДЕ зроблено досить мало. Частка НВДЕ в енергетичному балансі країни становить лише 7,2 % (6,4 % - позабалансові джерела енергії; 0,8 % - відновлювані джерела).

В умовах зростаючої енергетичної залежності України від російських енергетичних поставок та постійного підвищення цін на енергоносії, енергоємна національна економіка, що розвивається, зазнає значних втрат, що призводить до зниження рівня виробництва та гальмування соціально-економічного розвитку. Тож питання зниження енергозалежності через формування ефективної програми енергозбереження та розвитку альтернативної енергетики України слід віднести до стратегічно важливих, які потребують нагального вирішення.

1 ДЕРЖАВНА ПОЛІТИКА УКРАЇНИ У СФЕРІ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Україна намагається не відставати від розвинених європейських країн, які динамічно розвивають „зелену” енергетику, максимально використовуючи власний природний потенціал. Лише у 2009 р. з державного бюджету на розвиток альтернативної енергетики в Україні було виділено 500 млн. грн. на об’єкти Міністерства житлового господарства і 1,5 млрд. грн. – за лінією Міністерства регіонального розвитку і будівництва. Але ефективність державної політики у сфері альтернативної енергетики залежить у першу чергу від ефективності нормативно-законодавчої бази, яка покликана створювати сприятливі умови для роботи на українському ринку відновлюваної енергетики. Основними законами, що регулюють правовідносини у сфері альтернативної енергетики є Закон України „Про альтернативні джерела енергії” [2], прийнятий Верховною Радою України 20 лютого 2003 р. 26 вересня 2008 р. Верховна Рада України ухвалила Закон про „зелені тарифи” на електричну та теплову енергію, 17 лютого 2009 р.[3]. Верховна Рада України прийняла Закон «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України з питань оподаткування щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії та видів палива» 1 квітня 2009 р.[4]. Президентом України був підписаний Закон про внесення змін до Закону України „Про електроенергетику” [5] щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії. Більшість фахівців-енергетиків позитивно оцінюють прийняття Закону про „зелений тариф”, згідно з яким оптовий ринок електричної енергії України зобов’язаний купувати по „зеленому тарифу” електричну енергію, що добута з альтернативних джерел енергії. „Зелений тариф” затверджується Національною комісією регулювання електроенергетики України для суб’єктів господарювання, які є

виробниками електричної енергії на альтернативних джерелах, строком на 10 років.

Суттєвим законодавчим кроком на шляху до розвитку альтернативної енергетики можна вважати надання податкових пільг енергокомпаніям, що працюють на альтернативних джерелах енергії, вивільнені кошти за рахунок наданих пільг мають направлятись на здешевлення вартості продукції. Згідно з внесеними змінами до Закону України „Про податок на додану вартість” [6], до 1 січня 2019 р. звільняються від оподаткування операції з ввезення на митну територію України обладнання для виробництва енергії з альтернативних джерел енергії, якщо таке обладнання не виробляється на митній території України. Закон про внесення змін до Закону України „Про електроенергетику” встановлює чіткі схеми обрахунку так званого „зеленого тарифу” для кожної галузі альтернативної енергетики, залежно від кількості енергії, яку вона виробляє. Такий крок робить більш прозорими схеми встановлення тарифу для конкретної енергокомпанії. Зазначений порядок стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії застосовується за умови, що починаючи з 1 січня 2012 р. питома вага сировини, матеріалів, основних фондів, робіт та послуг українського походження у вартості будівництва відповідного об’єкта електроенергетики становить не менше 30 %, а починаючи з 1 січня 2014 р. – 50 %. Додатковою умовою застосування зазначеного порядку стимулювання виробництва електроенергії за допомогою геліоустановок є використання, починаючи з 1 січня 2011 р., на об’єктах електроенергетики сонячних модулів, у вартості виробництва яких питома вага матеріалів та сировини українського походження становить не менше, ніж 30 %.

Представники компаній, що працюють на українському ринку альтернативної енергетики, зазначають, що існуюче законодавство недосконале та потребує значних доповнень та уточнень. Зокрема, наголошується на тому, що процедура отримання пільги у вигляді звільнення від податку на прибуток є досить складною та бюрократизованою. Таку

пільгу може отримати підприємство, яке занесено до спеціального Державного реєстру. Для того, щоб потрапити в реєстр треба пройти відповідну експертизу Державної інспекції по енергозбереженню, однак відповідну інструкцію було розроблено лише для енергоефективних проектів, а механізм проведення подібних експертиз для виробників обладнання не визначено. Щодо положення закону згідно з яким вивільнені за допомогою пільг кошти мають направлятися на здешевлення продукції, то механізми контролю за тим, чи дійсно ці кошти направляються на зазначені законом цілі, не визначені. Слід зазначити, що до сьогодні не сформований реєстр імпортованої продукції альтернативної енергетики, що виробляється за межами України, на яку поширюється пільга у вигляді скасування ввізного мита. Не чітко визначений механізм отримання „зеленого тарифу” в Законі про „зелений тариф”. Більшість експертів наголошують на тому, що проблемним моментом у процедурі отримання „зеленого тарифу” є досягнення домовленостей з обленерго, які знаходяться у приватній власності, тому виникають проблеми з підписанням відповідних договорів. Не врегульовані питання компенсації витрат енергокоманій, працюючих на альтернативних джерелах, за підключення до єдиної електромережі [5, с. 14, 15]. Україна може посісти гідне місце серед країн-виробників сонячних фотоелементів на кремнієвій основі. На сьогодні українські виробники кремнієвих фотоелементів використовують кремній китайського виробництва. Кабінет Міністрів України минулого року звернув увагу на проблему вироблення власного кремнію та ухвалив Постанову Кабінету Міністрів України від 28.10.2009 р. № 1173, згідно з якою затверджено Державну цільову науково-технічну програму „Створення хіміко-металургійної галузі виробництва чистого кремнію протягом 2009-2012 років” [7]. Фахівці Мінпромполітики зазначають, що реалізація Програми оцінюється у 2,7 млрд. грн., з яких держава профінансує біля 7 %, які підуть на наукові дослідження. Решту фінансування виконання програми забезпечать підприємства, які візьмуть участь в її реалізації.

2 СТАН ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ В УКРАЇНІ

Як уже згадувалось, енергетика охоплює енергетичні ресурси, добування, перетворення, передавання і використання різноманітних видів енергії. Найпоширенішою галуззю енергетики є електроенергетика. Вона охоплює всі типи електростанцій: теплові, атомні, сонячні, гідравлічні, вітрові, теплоелектроцентралі та господарство електромереж.

Провідне місце в електроенергетиці України належить атомним (АЕС) і тепловим електростанціям (ТЕС) - разом вони дають понад 90% всієї виробленої електроенергії.

Перші ТЕС були побудовані наприкінці XIX ст., набули масового поширення у XX ст. і до переходу на газ розміщувалися поблизу джерел паливних ресурсів.

Теплові електростанції потужністю понад 2 млн кВт-год називають державними районними електростанціями (ДРЕС) - їх розміщують у великих промислових регіонах (рис.2.1).

Найбільшими споживачами електроенергії є промисловість (65%), транспорт і сільське господарство (по 10%), будівництво, побут та інші галузі.

У великих містах працюють теплоелектроцентралі (ТЕЦ), які є результатом комбінування двох виробництв: електроенергії та гарячої води для опалення приміщень у холодну пору року.

Першу атомну електростанцію було введено в експлуатацію 27 червня 1954 р. у м. Обнінськ Калузької області. Від того часу ядерна енергетика у всьому світі почала бурхливо розвиватися. За даними МАГАТЕ (міжнародного агентства з атомної енергетики) на початок 90-рр. XX ст. у світі працювало понад 430 енергоблоків ефективною потужністю близько 318 тис. МВт, які забезпечували 17% світового виробництва електроенергії,

на різних стадіях будівництва знаходилося ще 100 реакторів загальною потужністю 80 тис. МВт.

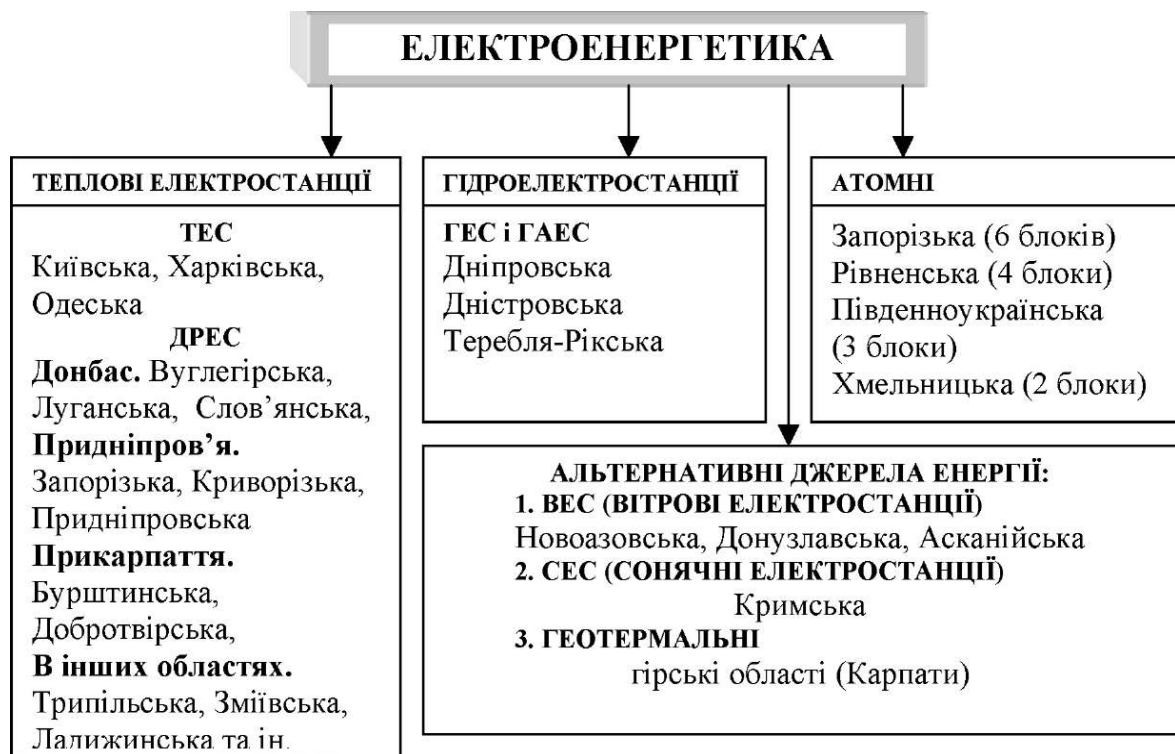


Рис. 2.1.- Географія розміщення електростанцій України

На сьогоднішній день в Україні функціонує чотири АЕС - це Запорізька (6 млн кВт.), Хмельницька та Південноукраїнська (по 3 млн кВт.) та Рівненська (1,818 МВт). Будівництво Кримської та Чигиринської АЕС зупинено, а Чорнобильську АЕС не експлуатують з 15 грудня 2000 року.

За сучасних технологій і дотримання норм безпеки атомна енергетика є незамінною для промислового Придніпров'я та південних, бідних на енергетичні ресурси, районів України. На жаль, складність експлуатації і надзвичайно високі ризики роботи з ядерним паливом стримують більш широке поширення і використання атомних електростанцій.

Роль гідроенергетики в Україні відносно незначна. Великі гідроелектростанції (ГЕС) розміщені на Дніпрі: Київська, Канівська, Кременчуцька, Дніпровська, Дніпродзержинська, Каховська; на Дністрі — Дністровська. Єдину велику ГЕС на гірських річках було споруджено у

Карпатах - це Теребля-Рікська. Всі ГЕС України дають близько 7% електроенергії (табл.2.1). Загалом на ГЕС припадає близько 20% електроенергії, одержуваної на Землі.

Таблиця 2.1 - Характеристика енергетичного комплексу України (2012 р.)

Тип електростанцій	Встановлена потужність		Виробництво електричної енергії	
	млн кВт	частка у %	млрд кВт	частка у %
ТЕС	36,4	67,5	83.254	43.2
АЕС	12,8	23.8	92,543	47,4
ГЕС	3.7	8,7	10,109	5,2
Інші джерела	-	-	8,220	3.2
Всього	53.9	100	195,131	100

В останні десятиліття розпочато спорудження альтернативних електростанцій, які використовують невичерпні природні ресурси і практично не завдають шкоди навколишньому середовищу. Достатньо потужні вітрові електростанції (ВЕС) збудовані на морських узбережжях: Новоазовська, Чорноморська, Донузлавська та Асканійська. Районне значення можуть мати сонячні електростанції (СЕС) та геотермальні (що використовують внутрішнє тепло Землі).

Використання енергії відновлюваних джерел дасть можливість знизити споживання дефіцитних для України нафтопродуктів на 5-6%, у тому числі за рахунок використання геліоресурсів - на 1,7%, вітроенергії - на 2,8%, геотермальної енергії - на 0,1%, біогазу - на 0,2%, гідроенергії річок - на 0,9% (табл.2.2).

За останні роки в нашій країні поступово зростає потужність електростанцій. Україна водночас є як експортером, так і імпортером електроенергії. Україна експортує електроенергію до країн Центральної

Європи (Угорщини, Польщі, Болгарії, Молдови). Донецький регіон частину електроенергії одержує з Росії.

Електроенергія передається на значні відстані за допомогою ліній електропередач (ЛЕП) великої потужності - 500 і більше КВт (ЛЕП-500, ЛЕП-750, ЛЕП-800, ЛЕП-1500).

Таблиця 2.2 - Ресурси нетрадиційних джерел енергії України

Джерело енергії	Теоретичний потенціал, МВт-год. за рік	Використання сьогодні		Технічний потенціал		Реально можливий об'єм використання	
		МВт-год. за рік	т умов. палива	МВт-год. за рік	т умов. палива	МВт-год. за рік	т умов. палива
Геліо-ресурси	$720 \cdot 10^9$	$81 \cdot 10^3$	$10 \cdot 10^3$	$0,11^3 \cdot 10^9$	$0,16 \cdot 10^9$	$(30+40)10^9$	$(3.6+3.8)10^6$
Вітроенергетика	$965 \cdot 10^*$	$0,8 \cdot 10^{-1}$	$3.096 \cdot 10^3$	$0,36 \cdot 10^9$	$(40+70)10^9$	$(3.8+8,4)10^6$	$(3.8+8,4)10^6$
Геотермальна енергетика	$5128 \cdot 10^9$	$0,4 \cdot 10^{-1}$	$0,049 \cdot 10^3$	$14 \cdot 10^9$	$1,7 \cdot 10^9$	$2800 \cdot 10^6$	$230 \cdot 10^6$
Енергетика с.-г. відходів	$12,5 \cdot 10^6$	$0,14 \cdot 10^3$	$0,002 \cdot 10^3$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$	$6,1 \cdot 10^6$	$0,73 \cdot 10^6$
Гідроенергетика	$43,4 \cdot 10^6$	$10,2 \cdot 10^6$	$1,22 \cdot 10^6$	$2 \cdot 1,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$	$21,5 \cdot 10^6$	$2,6 \cdot 10^6$

Електричні мережі Міністерства палива та енергетики України нараховують майже 1 млн. км повітряних і кабельних ліній електропередач усіх класів напруги, понад 202 тисяч трансформаторних підстанцій загальною потужністю 200832 МВ-А і є складовою Об'єднаної енергетичної системи (ОЕС) України.

Ця система працює у паралельному режимі з ОЕС Молдови, а з серпня 2001 року здійснено перехід на паралельну роботу і з ОЕС Російської Федерації. З 1 липня 2002 року після успішних випробувань української ОЕС у паралельному режимі із СЕТКЕБ/ІСТЕ було виділено так званий "Бурштинський острів", який охоплює Бурштинську та Калушську ТЕС, а також Теребля-Рікську ГЕС.

"Бурштинський острів", небезпідставно називають енергетичним вікном для Європи, успішно пройшов однорічну експлуатаційно-випробувальну роботу за європейськими стандартами, отримав позитивне рішення керуючого Союзу з координації передачі електроенергії (ІСТЕ) щодо постійної роботи південно-західної частини України у синхронному режимі з ЦСТЕ.

Національною енергетичною програмою України до 2010 року визначено низку стратегічних напрямів розвитку електричних мереж, зокрема, підвищення якості експлуатації, прискорення процесів їх розвитку та технічного переоснащення.

2.1 Теплові електростанції

На теплових електростанціях як первинне джерело енергії використовують органічне паливо: газ, вугілля, сланці, нафтовий мазут. Система технологій отримання електроенергії на теплових електростанціях складається з послідовних ланцюгів (рис.2.2).

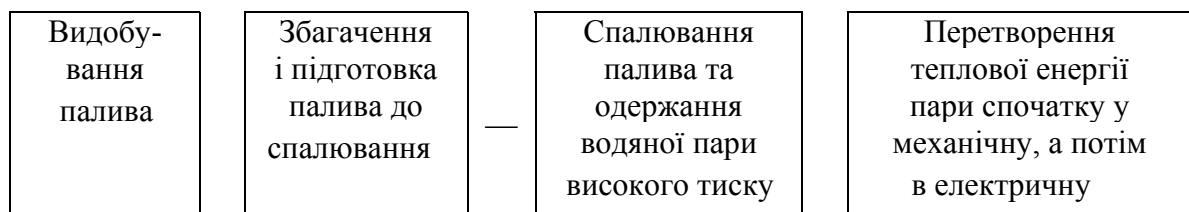


Рис.2.2 - Система технологій отримання електроенергії на теплових електростанціях

Підготовка твердого палива до спалювання передбачає збагачення, роздрібнення і сушіння палива. Підготовка мазуту полягає в його підігріванні, очищенні від механічних домішок, а іноді в обробленні спеціальними присадками. У разі спалювання палива хімічно зв'язана енергія перетворюється в теплову, яка розігріває в котлах воду і перетворює її на перегріту пару. При цьому температура пари становить 540°C , а тиск досягає величини 3,5-6,5 кПа. Потік перегрітої пари спрямовується на лопаті турбіни, яка призводить до обертання ротор електричного генератора. З метою підвищення к.к.д. турбінної установки відпрацьована пара проходить через конденсатор і деаератор. Конденсатори охолоджуються водою з джерел зовнішнього постачання (річка, водосховище тощо). У конденсаторі охолоджувальної води передається майже 55% теплоти пари. Цю частину теплоти не використовують. Саме ці витрати енергії використовуються в ТЕЦ для підігрівання води та опалення житла. Тому ТЕЦ будують безпосередньо біля індустріальних міст.

За енергетичним устаткуванням ТЕС поділяють на паротурбінні, газотурбінні та дизельні.

Паротурбінні електростанції (ПТЕС). Основне енергетичне устаткування ПТЕС: котлоагрегати, парові турбіни, турбогенератори та інше обладнання. Паротурбінні електростанції поділяють на конденсаційні (КЕС) та теплоелектроцентральні (ТЕЦ).

На КЕС тепло, яке отримали під час спалювання палива, перетворюється на енергію водяної пари, яка подається у конденсаційну турбіну, де внутрішня енергія пари перетворюється спочатку в механічну енергію обертання турбіни, а потім електричним генератором у електричний струм. Відпрацьована пара відводиться у конденсатор, звідки конденсат пари перекачується насосами знов у парогенератор. Таким чином забезпечується замкнений цикл використання пари.

На відміну від КЕС у теплових електроцентралях перегріта пара не повністю використовується у турбінах, а частково відбирається для потреб

теплофікації. Комбіноване використання тепла значно підвищує економічність теплових електростанцій та суттєво знижує вартість виробленої енергії.

До складу ТЕС входять: паливне господарство зі системою підготовки палива до спалювання; котельне обладнання з установками водопідготовки та конденсатоочищення; система технічного водопостачання; система шлаковидалення; електротехнічне господарство та система контролю й автоматичного управління енергообладнанням.

Газотурбінні електростанції (ГТЕС) використовують як резервні джерела енергії (25-110 МВт) для перекривання навантаження в години "пік" або у разі виникнення в енергосистемах аварійних ситуацій. Також застосовують комбінування парогазового обладнання (ПГО), в якому продукти спалювання та нагріте повітря потрапляють у газову турбіну, а тепло відпрацьованих газів використовується для підігрівання води або виробництва пари для парової турбіни низького тиску. к.к.д. ГТЕС зазвичай становить 26-28%, потужність до декількох сотень МВт.

Дизельна електростанція (ДЕС) - енергетична установка з одним або декількома електричними генераторами з приводом від дизелів. Великі ДЕС мають потужність до 5000 кВт і більше.

На стаціонарних дизельних електростанціях встановлюють чотиритактні дизель-агрегати потужністю від 110 до 750 кВт. Стаціонарні дизельні електростанції та енергопотяги обладнано декількома дизель-агрегатами та мають потужність до 10 МВт.

Пересувні дизельні електростанції мають потужність від 0,2 до 5000 кВт, а потужністю 25-150 кВт розташовують здебільшого в кузові автомобіля або на залізничній платформі та вагоні. Дизельні електростанції використовують у сільському господарстві, в лісовій промисловості, у пошукових партіях, військових потребах як основне, резервне або аварійне джерело електропостачання силових та освітлювальних мереж. На транспорті дизельні електростанції застосовують як основне енергетичне

обладнання (дизель-електровози, дизель-електроходи). На рис.2.3 зображено загальний вигляд пересувної дизельної електростанції потужністю 100 кВт.

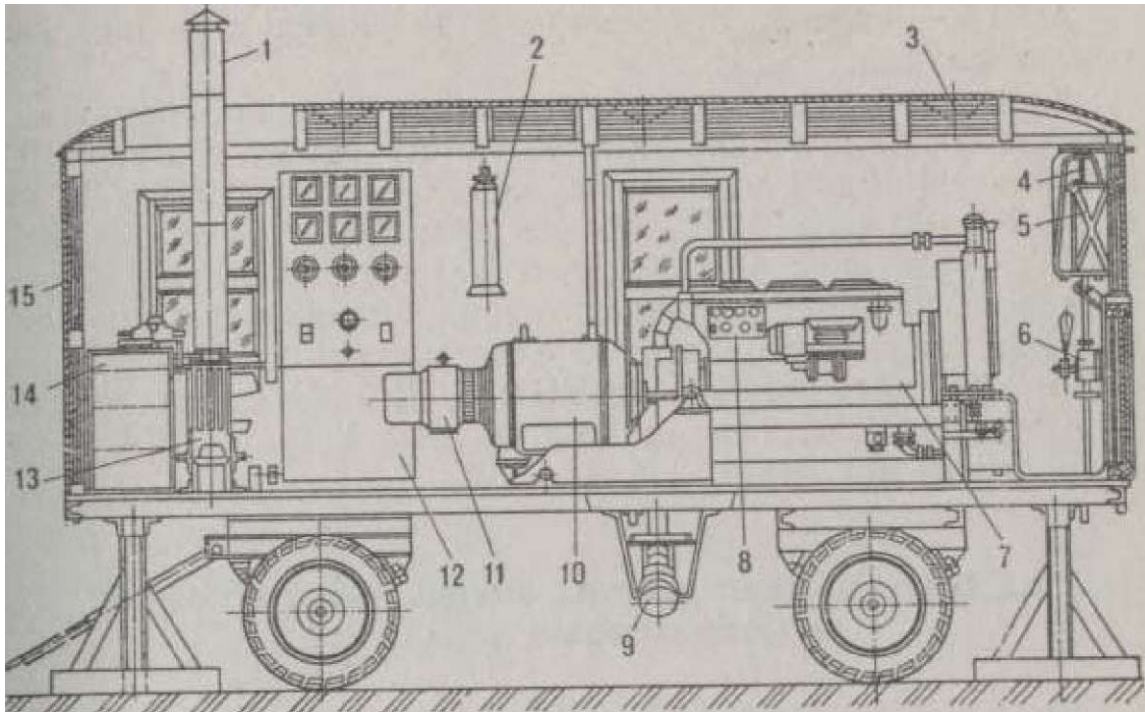


Рис. 2.3. Пересувна електростанція ПЕС-100:

1 - вентиляційна труба; 2 - вогнегасник; 3 - плафон освітлення вагона; 4, 5 - паливний і мастильний баки; 6 - ручний насос; 7 - дизель; 8 - щиток контролю роботи дизеля; 9 - вихлипна труба; 10 - генератор; 11 - збудник; 12 - розподільний щит; 13 - нагрівник; 14 - верстак; 15 - утеплений корпус

2.2 Атомні електростанції

Використання ядерної енергії на АЕС стало можливим завдяки відкриттю реакції ділення ядер важких елементів під впливом нейтронів та створенню ядерних реакторів для здійснення керованої ядерної ланцюгової реакції. Ядерна енергетика здійснює перетворення ядерної енергії в інші види - теплову, електричну, механічну тощо.

Ядерна енергія найбільш концентрована форма енергії, що використовується людиною. Коли ядра важких атомів діляться на дві частини, відбувається виділення енергії: миттєве (або вибухове) в атомних бомбах та повільне, кероване - у ядерних реакторах. У природі існує тільки

один елемент, який сам ділиться - це уран. Уранова руда складається з трьох ізотопів: уран-233, -235 та -238; і тільки уран-235 підходить як паливо для ядерних електростанцій. Під час виробництва енергетичного палива спочатку до складу руди входить не більше 0,7% урану-235. У процесі збагачення руди концентрація цього ізотопу збільшується до 90 відсотків. Перетворення ядерної енергії в електричну здійснюється на атомних електростанціях, основною складовою частиною яких є ядерний реактор. Під час поділу 1 кг урану виділяється стільки теплової енергії, скільки можна отримати, спалюючи 2000 тонн вугілля. До того ж в атмосферу не потрапляють шкідливі домішки і діоксид карбону (IV) - вуглекислий газ. Єдиною відмінністю між атомною електростанцією і станцією, що працює на вугіллі, є джерело теплової енергії. Кінцеві технологічні процеси перетворення механічної енергії в електричну на обох типах станцій збігаються [8].

У більшості країн світу експлуатують переважно енергетичні реактори на теплових нейтронах із слабо збагаченим або природним ураном, вододіаного типу, в яких вода використовується як теплоносіє та сповільнювач. На них припадає 75% реакторів, у тому числі 55% становлять реактори типу "з водою під тиском", до числа яких відноситься ВРЕР-1000 (рис. 3.4).

Основна частина ядерного реактора - активна зона, де протікає ланцюгова реакція ділення ядерного палива у вигляді ТВЕЛів. Діаметр ТВЕЛа - 9,1 мм, діаметр паливних таблеток (спечений порошок UO_2) - 7,53 мм, маса завантаження двоокису урану у ТВЕЛі становить 1565 г. ТВЕЛи об'єднано в тепловидільні збірки (ТВЗ) касетного типу, які містять 317 ТВЕЛів та 12 напрямних стрижнів керування. Кількість ТВЗ в активній зоні - 163, з них з регулювальними стрижнями - 61.

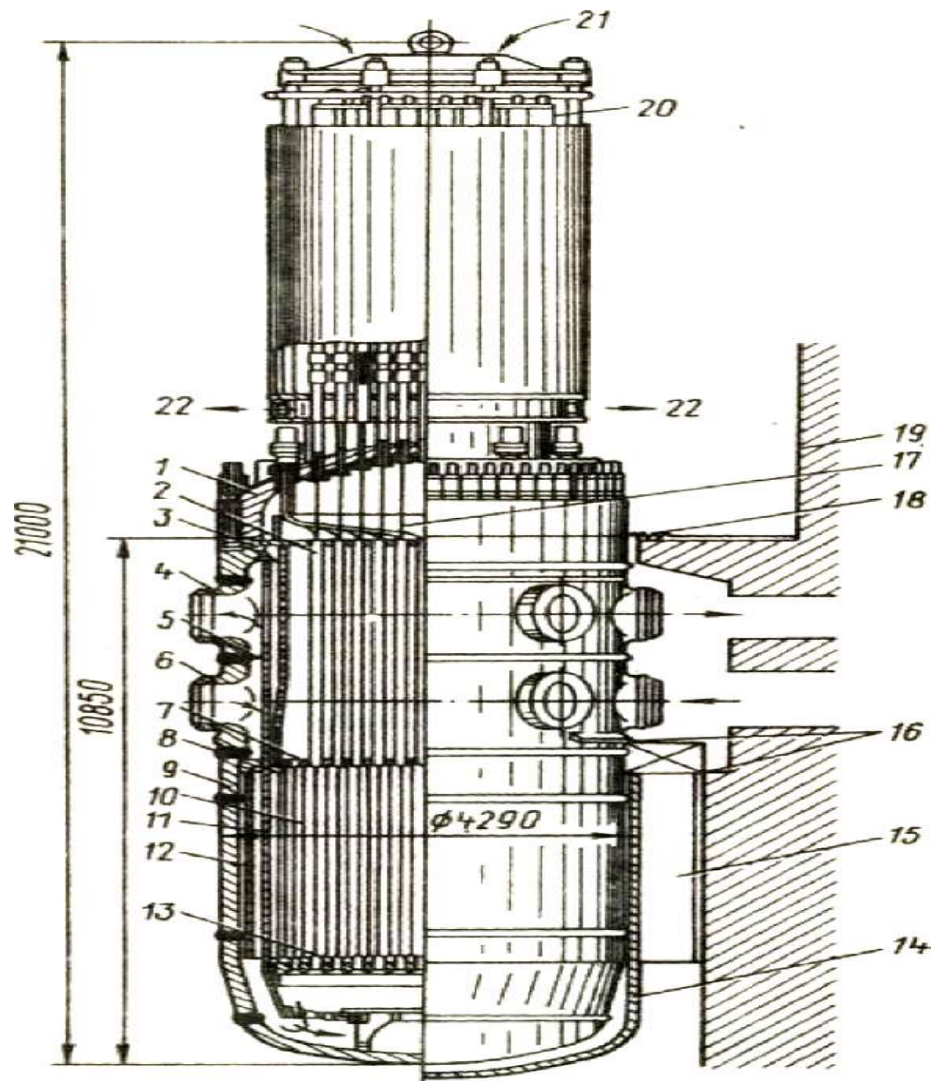


Рис.2.4 - Водо-водяний реактор ВВЕР - 1000:

1- знімна кришка корпусу; 2 - пряма труба для органів та приводів СУЗ; 3 - циліндр; 3.5 - роз'єднувальна обичайка; 6 - патрубок входу теплоносія; 7 - притисна плита; 8 - обмежувальний пояс; 9 - корпус реактора; 10 - касети з твелями; 11 - корзина активної зони; 12 - тепловий захист корпусу; 13 - опорна плита (для касет); 14 - теплоізоляція; 15 - тепловий захист; 16 - кронштейни і ферма для підтримки корпусу; 17 - штанга приводу органів СУЗ; 18 - кільцевий ущільнювач та компенсальний лист; 19 - обмурівка приміщення; 20 - чохла для приводів органів СУЗ; 21- вхід охолоджувального повітря; 22 – вихід охолоджувального повітря

Заміну касет, які вигоріли, роблять на зупиненому реакторі. Щорічно вивантажують близько 33% робочих касет і довантажують таку ж кількість палива.

На рис.2.5 зображено схему і принцип роботи атомної електростанції на теплових нейтронах із використанням сповільнювача і теплоносія (звичайної води) у так званому первинному контурі.

Активну зону реактора становлять стрижні (трубки) 1 з ядерним паливом у вигляді ТВЕЛів і регулювальні стрижні 3 (кадмій, бор). Ці стрижні омиваються водою 2 (під великим тиском за температури до 300°C), яка є, як відзначалося вище, і уповільнювачем нейтронів, і теплоносієм.

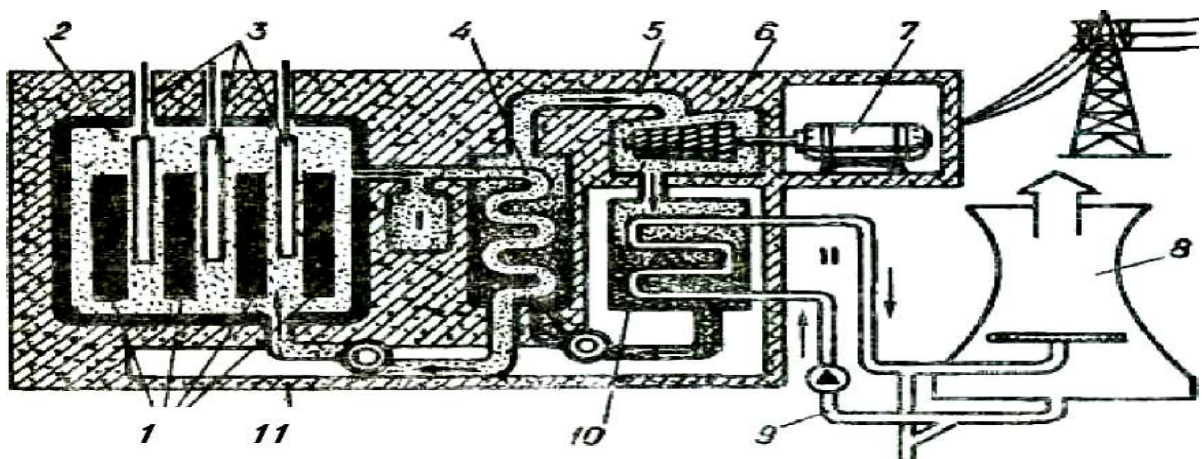


Рис.2.5 - Схема атомної електростанції на теплових нейтронах:

- 1 - стрижні (трубки); 2 - вода; 3 - регулювальні стрижні; 4 - змійовик-нагрівач;
 5 - паропровід робочої пари; 6 - турбіна; 7 - генератор електричного струму;
 8 - градирня; 9 - паропровід відпрацьованої пари; 10 - конденсатор;
 11 - бетонний кожух

Ця вода створює перший замкнений контур: активна зона - змійовик-нагрівач 3. Вона радіоактивна, тому всі ці частини реактора і нагрівача обмежені бетонним кожухом 11, який захищає навколишнє середовище від шкідливого впливу радіоактивного випромінювання активної зони.

Другий водяний контур (захищений від радіоактивних елементів) становлять - вода у нагрівачу 3, паропровід 5 та конденсатор 10. Це ще один замкнений контур. Вода цього контуру, нагріта до високої температури під великим тиском у нагрівачу, перетворюється на пару і через паропровід спрямовується на турбіну 6, яка приводить у дію генератор електричного струму 7. Таким чином, ядерна енергія перетворюється спочатку у

внутрішню енергію пари, яка виконує механічну роботу, обертаючи ротор електричного генератора, а в кінцевому результаті - в енергію електричного струму. Відпрацьована пара від турбіни надходить у конденсатор, який ще через один контур зв'язаний з відкритою водою та градирнею 8.

Для зниження радіації до безпечного рівня і створення нормальних умов праці реактор екранують біологічним екраном, до складу якого входить сповільнювач "швидких" нейтронів. Це може бути вода, свинець, залізо чи бетон, який містить залізну руду.

Атомна енергетика - це не тільки атомні електростанції, а й комплекс підприємств, які потрібні для забезпечення їх паливом. Це рудники, де видобувають уранову руду, заводи із її збагачення і видалення оксиду урану, підприємства, на яких відокремлюють ізотопи урану та створюють тепловідільні елементи. Після того, як ці елементи будуть використані на АЕС, їх транспортують на завод, де з відпрацьованого палива відокремлюють продукти поділу і неспалене паливо. Цей цикл закінчується захороненням решток поділу та інших радіоактивних елементів [8].

Добова витрата мазуту на ТЕЦ потужністю 2 000 МВт становить 8,3 тис. тонн, а якщо станція працює на вугіллі - 10 тис. тонн. У той же час потреба в паливі АЕС такої самої потужності становить 180 кг. Збільшення потужності енергоблоків до 1000 МВт робить АЕС конкурентоспроможними порівняно з ТЕЦ. Тому АЕС проектується як великі енергетичні комплекси потужністю 4-6 млн.кВт, через те, що будівництво великих АЕС вигідно з економічної точки зору.

Сьогодні на основі досліджень стала реальною задача комплексного використання атомних станцій для виробництва електричної та теплової енергії. Тому їх розташовують поблизу міст та промислових комплексів.

Оскільки для АЕС практично не існує проблеми транспортування палива, то і розташовувати їх можна у районах із напруженим паливо-енергетичним балансом. Єдиною суттєвою умовою є необхідність їх спорудження біля водних джерел для забезпечення охолодження реакторів.

2.3 Гідроелектростанції

Гідроенергетика має дуже важливе значення для стабільного функціонування українського енергетичного сектору - лише ГЕС та ГАЕС (гідроакумулювальні електростанції) забезпечують покриття пікових навантажень і автоматичне регулювання частоти та потужності в Об'єднаній енергетичній системі України.

Враховуючи значний термін експлуатації діючих ГЕС (Дніпрогес - 70, інші - 40-50 років), питання підвищення надійності та ефективності використання встановленого обладнання набуває першочергового значення. У зв'язку з цим є дуже важливим рішення уряду України щодо проведення реконструкції та технічного переоснащення ГЕС за допомогою Світового банку реконструкції і розвитку. Для успішного проведення реконструкції слід використати весь світовий досвід у галузі гідроенергетики, передові наукові досягнення.

Гідроенергетичні ресурси - це запаси потенціальної енергії річкових потоків та водойм. Але не всі потенціальні можливості гідроенергетичних ресурсів є економічно доцільними для використання.

Технічно доцільними для використання на території України можуть бути гідроенергетичні ресурси Дніпра - 46%; Дністра та Тиси - по 20% і на всі інші річки України - 14%, тобто ці ресурси дуже обмежені.

Особливо велике значення ГЕС Дніпровського каскаду мають для водопостачання маловодних районів Центра та Півдня країни. Загалом з ресурси штучних накопичувачів води на Дніпрі забезпечують 35% промислової та комунально-побутової потреби країни.

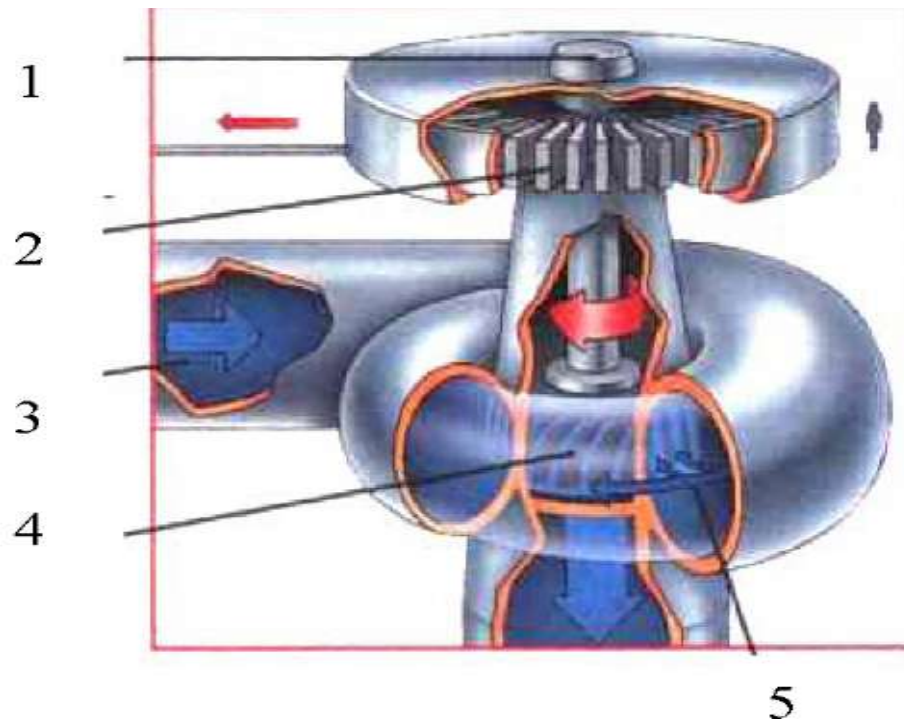


Рис.2.6- Гідротурбіна:

*1 - вал турбіни; 2 - ротор генератора; 3 - спіральний трубопровід;
4 - лопаті; 5 - потік води*

На деяких гідростанціях використовують метод наливного водосховища, або гідроакumuляції. Протягом дня вода переходить із вищого рівня водойми на нижчий, обертаючи при цьому гідротурбіни. Вночі, коли споживання енергії незначне, насоси, на які подається надлишкова енергія з гідроелектростанції, перекачують воду з нижчого рівня на вищий. Надлишок води спускають через водозлив.

Гідроакumuлювальні електростанції (ГАЕС) включаються в регіональну енергомережу з іншими електростанціями і виконують роль демпфера - самі споживають електроенергію, коли вона є в надлишку, і повертають у мережу, коли її недостатньо [9].

Електричні машини гідроакumuлювальних станцій можуть працювати як насоси, коли качають воду у верхнє водоймище, і як гідротурбіни електрогенератора — коли вода з верхнього водоймища перетікає в нижнє. Першу в СРСР гідроакumuлювальну електростанцію було споруджено у 1971 році на правому березі Київського моря. Її потужність - 225 МВт, напір - 65

м, довжина водоймища - 275 м. Після 1980 року в СРСР було побудовано ще дві ГАЕС: у Загорську (Московська обл.) на р. Кум'я потужністю в 1200 МВт і в Литві на річці Неман - 1600 МВт.

3 ВПЛИВ ЕЛЕКТРОЕНЕРГЕТИКИ НА ДОВКІЛЛЯ.

Електроенергетика - з одного боку основа розвитку всіх без винятку галузей народного господарства, а з другого - джерело техногенного впливу на навколишнє середовище, що суттєво погіршує умови життєдіяльності. У наші дні, ще не знайдено жодного джерела електроенергії, використання якого б не впливало прямо або опосередковано на біосферу.

3.1 Вплив ТЕС на довкілля

Взаємодія ТЕС з довкіллям залежить від кількісних та якісних характеристик відходів у ланцюгу від видобування енергоносіїв до одержання електроенергії.

Вплив на атмосферу. Теплові електростанції, що працюють на твердому паливі, викидають у атмосферу частки золи та недогорілі частки палива, сірчистий та сірчаний ангідриди, оксиду азоту та вуглецю, водяну пару тощо.

Під час використання природного газу в атмосферу надходять токсичні речовини - оксиди азоту та оксид вуглецю, а у разі транспортування палива на ТЕС та його складування повітря забруднюється пилом.

Концентрація забруднювальних речовин в атмосфері залежить від рельєфу місцевості, швидкості вітру, перегрівання їх щодо температури навколишнього середовища, висоти хмарності, фазового стану та інтенсивності. Так, градирні в системі охолодження конденсаторів ТЕС суттєво зволожують мікроклімат у районі станції, сприяють утворенню низької хмарності, туманів, зниженню сонячної активності, викликають мряку, а взимку іній та ожеледицю. Взаємодія викидів із туманом призводить до утворення стійкої сильно забрудненої дрібнодисперсної хмари тобто смогу.

Вплив на гідросферу. Взаємодія ТЕС із гідросферою характеризується в основному споживанням води, в тому числі необоротним споживанням води, коли вода перетворюється на пару і розсіюється в атмосфері. За деяким оцінюванням на охолодження конденсаторів на ТЕС витрати води становлять 120 кг/кВт-год. Основним фактором впливу на гідросферу є скидання теплої води у водойми, наслідками якої можуть бути:

- постійне локальне підвищення температури;
- зміна умов льодоставу і паводків;
- виникнення випаровувань і туманів.

Поряд із порушенням мікроклімату теплові викиди призводять до заростання водойм водоростями, порушення кисневого балансу, що створює загрозу для життя мешканців рік та озер. Як показали дослідження гідробіологів, вода, нагріта до температури 26-30°C, пригнічує мешканців водойм, а якщо температура води піднімається до 36°C - риба починає гинути. Крім конденсаторів турбоагрегатів споживачами охолоджувальної води є системи зливання шлаків та інші системи, що викидають зливи на поверхню землі, або в гідросферу.

Вплив на літосферу. Основними факторами впливу ТЕС на літосферу є осадження на її поверхні твердих часток та різних хімічних розчинів; вилучення зі сільськогосподарського використання орних земель та луків під будівництво ТЕС і золовідвалів. Видалені з топки зола та шлаки утворюють золошлаковідвали на поверхні літосфери.

Під час промивання поверхонь нагріву котлоагрегатів утворюються розведені розчини соляної кислоти, натрію, аміаку, солей амонію, заліза та інших речовин.

Отже, електростанція потужністю 1000 МВт, яка працює на вугіллі, викидає в атмосферу приблизно 5000 тонн SO_2 ; 10000 тонн оксидів азоту.

На поверхню землі надходить близько 400000 тонн золи, в якій міститься 80 тонн важких металів. Така станція під час спалювання палива витрачає таку кількість кисню, яку виділяє 101 тисяча гектарів лісу.

Теплове забруднення. Термодинамічна особливість виробництва на ТЕС електроенергії полягає в тому, що близько 67% теплової енергії відводиться в навколишнє середовище.

Відведення теплової енергії потребує річок, природних водойм, або створення ставків-охолоджувачів. Тобто від народного господарства відбирають додаткові площі земної поверхні. Крім конденсаторів турбоагрегатів споживачами охолоджувальної води є системи зливу шлаків та інші системи, що викидають зливи на поверхню землі, або в гідросферу.

Під час будівництва електростанцій теплове скидання чинними нормами не обмежують, а лише вимагають, щоб підігрів води у водоймах не перевищував її природної температури, а саме влітку на 3°C , а взимку на 5°C . Таким чином, запобігання тепловому забрудненню водного басейну зводиться до переведення його у прихований стан випаровуванням нагрітої води.

3.2 Вплив ГЕС на довкілля

Використання ГЕС призводить не тільки до позитивних, але й до негативних наслідків, які завдають шкоди водним екосистемам, порушують їх умови, погіршують якість води, зменшують біопродуктивність. Наслідки гідротехнічного будівництва на екосистеми водних об'єктів можна поділити на такі типи:

- морфометричні - зміна окреслення та довжини берегових ліній, перерозподіл глибин, зміна площі водного дзеркала;
- гідрофізичні - збільшення та зменшення водності, перерозподіл водного стоку у просторі та часі, зміна швидкості течії, зміна водообміну та терморегіму;
- гідрохімічні - зміна загальної мінералізації та іонового вмісту, зміна газового (кисневого) режиму, збільшення вмісту органічних та біологічних речовин;

- токсикоекологічні та радіоекологічні параметри: збільшення вмісту важких металів, пестицидів, радіонуклідів, збільшення індексів біотестів;
- гідробіологічні та біопродуктивні параметри: зміна флори та фауни, в тому числі зменшення рідкісних, цікавих та господарсько важливих видів, розвиток шкідливих видів, поява цвітіння води, заростання та заболочення водоймищ, погіршення умов самоочищення.

Утворення штучних водосховищ нерідко негативно впливало на географічні, економічні і кліматичні характеристики біосфери. З затоплених водосховищами площ переселено десятки мільйонів людей, переміщено промислові підприємства, дороги, лінії електропередач, трубопроводів тощо.

Передусім, це стосується створення водосховищ, які затоплюють великі площі сільськогосподарських угідь і лісів. На кожний кіловат потужності гідроелектростанції затоплюється майже 300 м землі. Нині на території колишнього СРСР під водою поховано майже 100 тисяч км родючих земель.

Чи правильним є твердження, що сучасна гідроенергетика - це економічно ефективне та екологічно чисте джерело електроенергії? За об'єктивного порівняння гідроенергетики з теплоенергетикою з'ясовується, що це твердження не враховує багатьох, сказати б побічних, аспектів гідроенергетики.

У басейнах рік України значна частина площі таких водоймищ - це мілководдя (до 2 м глибини), де утворюються сприятливі умови для швидкого розмноження синьо-зелених водоростей. Небезпека цього явища полягають у зменшенні концентрації розчиненого кисню у воді та насичення води токсичними хімічними сполуками (фенолом, індолом та ін.), що виділяються в процесі відмирання й розкладання водоростей. Це явище називається "цвітінням" води і набуло особливого поширення у другій половині XX ст. Пояснюють його тим, що у зв'язку із широким застосуванням мінеральних добрив у великі мілководні басейни, які добре

прогріваються сонцем, із дощовими потоками з ґрунту потрапляє велика кількість поживних для водоростей елементів - азот, фосфор, калій. У таких водоймищах зникає риба.

Крім того, утворення великих водоймищ змінює мікроклімат регіону. Так, утворення глибокого (понад 100 м) Красноярського водоймища на Єнісеї спричинило зниження температури води влітку більш ніж на 10°C, а взимку, навпаки, в сорокаградусний мороз річка, оповита густим туманом, не замерзає вздовж 300 км униз за течією. Для спорудження цієї ГЕС було затоплено найцінніші сільськогосподарські угіддя краю.

Лише цей перелік змін в екосистемах призводить до думки, що збитки від будівництва та експлуатації ГЕС на рівнинних територіях, можуть значно перевищувати вигоду від отриманої електроенергії, тобто твердження про "найдешевший" кіловат, який ніби дає ГЕС, не відповідає дійсності. Очевидно, що великі ГЕС раціонально будувати лише в гірських районах.

3.3 Вплив АЕС на довкілля

Німецький учений-атомник Е. Гауль зауважив: "Немає жодного іншого енергоносія, використання якого залишало б хоч приблизно стільки відходів, скільки дає ядерна енергетика, і немає таких відходів, які за ступенем небезпечності хоча б приблизно нагадували продукти розщеплення".

Нагромадження в природі невластивих для неї радіоактивних речовин у край шкідливо діє на біосферу.

Ядерні відходи утворюються не лише на стадії, коли відпрацьоване паливо виймають з реакторів та відправляють на перероблення, але й у процесі видобування уранової руди, збагачення урану, виготовлення ядерного пального та в результаті аварій. Відходи залишаються радіоактивними від десятків до сотень тисяч років. Досі ядерна промисловість не знайшла безпечної технології перероблення та утилізації радіоактивних відходів.

Кількість радіоактивних відходів зростає на стадії збагачення уранової руди, з якої виготовляють ТВЕЛи. У реактор типу РБМК завантажується майже 180 тонн таких ТВЕЛів, які в результаті роботи реактора перетворюються на високорадіоактивні відходи.

Відпрацьовані ТВЕЛи кілька років зберігають на території АЕС у спеціальних басейнах із водою, поки трохи знизиться їх радіоактивність, після чого в особливих контейнерах спеціальними поїздами їх перевозять на підприємство для регенерації ядерного палива. Тут ТВЕЛи обробляють, вилучаючи з них уран, який ще не "вигорів", і виготовляють із нього нові твели.

Деякі країни (США, Канада і Фінляндія) планують здійснювати захоронення своїх відходів на територіях своїх країн із мінімальним переробленням. Велика Британія, Франція, Росія та Японія здійснюють "глибоке" перероблення з наступним захороненням відходів у контейнерах, залитих склом. Інші держави, зокрема й Україна, "тимчасово" зберігають відходи у спеціальних сховищах.

До останнього часу жодна з перелічених країн не здійснила захоронення відходів у промислових масштабах. Є ідеї захоронення радіоактивних відходів у гранітних породах, вулканічних туфах, пластах солі, або взагалі, відправлення в космос, чи на інші планети.

Україна, за даними Національної комісії радіаційного захисту України при Верховній Раді, накопичила 120 млн м твердих та рідких радіоактивних відходів. Перероблення 1 дм за світовими цінами коштує 50 доларів - це означає, що Україна має витратити не менше 60 трлн. доларів на знешкодження своїх запасів радіоактивних відходів [10].

Розв'язання цього завдання аморальним чином покладено на майбутні покоління.

Поступово впроваджується програма будівництва атомних блоків нового покоління - з реакторами на швидких нейтронах. Принцип дії таких реакторів полягає в тому, що вони зможуть використовувати плутоній із

використаного ядерного палива як нове паливо. Під час використання і виробництва ядерного палива з плутонію можна створити на деякий час паливний замкнений цикл, який зменшив би витрати на добування та збагачення урану.

З іншого боку, штучний елемент плутоній (період напіврозпаду перевищує 20 тис. років), який нагромаджується в атомних реакторах, - це найбільш токсична речовина з усіх, що будь-коли створені людиною: 450 г плутонію (за об'ємом це кулька розміром з апельсин) достатньо, щоб знищити все населення земної кулі. Сьогодні на Землі в ядерних боєголовках, відпрацьованих ТВЕЛах та інших відходах АЕС накопичено тисячі тонн цієї отрути.

На жаль, всупереч величезним інвестиціям і дослідженням протягом останніх десяти років, реактори на швидких нейтронах залишаються технологічно небезпечними та економічно невиправданими.

Ці реактори у Великій Британії та Франції закрили через їх небезпечність та дуже значні витрати. Аварія на ядерній станції в Японії з реактором на швидких нейтронах призвела до її повного закриття (РоЕ, 1998). На сьогодні у світі практично немає у використанні потужних комерційних реакторів на швидких нейтронах.

Прихильники атомної енергетики довго переконували щодо великої переваги АЕС, стверджуючи, що відпрацьоване паливо можна багаторазово переробляти та знову використовувати у реакторі, доки не *вигорить* уран. Насправді ж, вже після другого циклу регенерації, залишки палива у ТВЕЛах насичуються великою кількістю сторонніх ізотопів і продуктів розщеплення, а це унеможливорює використання їх у реакторі втретє. Вигоряє лише 2% урану, який був у ТВЕЛі першого циклу. А сам ТВЕЛ стає надзвичайно небезпечним радіоактивним матеріалом, який потрібно десь зберігати сотні й тисячі років. Для поховання лише одного реактора потрібно близько 40 га землі.

Основний фактор забруднення АЕС - радіоактивність. Радіоактивність контуру ядерного реактора зумовлено активністю продуктів корозії та проникнення продуктів ядерного поділу в теплоносії. Це стосується майже всіх речовин, які взаємодіють із радіоактивним випромінюванням. Пряме викидання радіоактивних відходів попереджається багатоступеневою системою захисту. Але останнім часом усе більшої гостроти набуває екологічна проблема, пов'язана з діяльністю АЕС.

Деякі країни світу, такі як Франція (майже 80% від загального виробництва електроенергії), Швеція (52,4%) та Україна (50%) зробили основну ставку саме на АЕС. Німеччина, Швеція, Данія та Австрія вже заявили про свій намір цілком відмовитись від АЕС, і поступово зупиняють та демонтують діючі блоки.

Ті, хто проти АЕС, а їх значно більше після аварії на ЧАЕС, наполягають на найшвидшій забороні цього способу добування енергії, шкідливого та небезпечного для біосфери.

Забруднення починається на стадії видобування сировини. Після вилучення урану 90% добутої з надр породи повертається у звалища і перетворюється на джерело забруднення атмосфери радіоактивним газом радоном, який викликає у ссавців рак легенів. Кількість радіоактивних відходів зростає на стадії збагачення руди. В результаті роботи реактора радіоактивним стає все, що контактує з відпрацьованим ядерним паливом (машини, контейнери, обладнання, одяг персоналу). Все це необхідно ховати та охороняти сотні років, щоб не потрапило до зловмисників. АЕС виробляє сотні видів радіоактивних речовин, яких раніше не було в біосфері і до яких живі істоти не пристосовані.

Щороку під час виробництва ядерної енергії утворюється 200 тис. м відходів з низькою і проміжною активністю і 10 тис. м високоактивних відходів та відпрацьованого ядерного палива. Відходи накопичуються, їх кількість стрімко збільшується.

4 СУЧАСНИЙ СТАН ТА ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ АЛЬТЕРНАТИВНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Одним з пріоритетних напрямків розвитку енергетики в ХХІ ст. є всебічне використання відновлювальних джерел енергії, які мають величезні ресурси, що дозволить знизити негативний вплив енергетики на довкілля, підвищити енергетичну і екологічну безпеку. До традиційних джерел енергії відносяться:

- невідновлювальні, які включають вугілля, природний газ, нафту, уран;
- відновлювальні, які включають гідроенергетику, деревину у вигляді дров.

Сучасна енергетика в основному базується на невідновлювальних джерелах енергії, які, маючи обмежені запаси, є вичерпними і не можуть гарантувати стійкий розвиток світової енергетики на тривалу перспективу, а їх використання – один з головних факторів, який призводить до погіршення стану навколишнього середовища і його кризового стану.

До нетрадиційних (альтернативних) відносяться відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), які використовують потоки енергії Сонця, енергію вітру, теплоти Землі, біомаси, морів і океанів, річок, існуючих постійно або періодично в навколишньому середовищі й у майбутній перспективі практично невичерпані. Всі ВДЕ поділяються на дві групи, що використовують пряму енергію сонячного випромінювання і її вторинні прояви (побічна сонячна енергія), а також енергію взаємодії Сонця, Місяця і Землі.

Результатом побічної діяльності Сонця є відповідні ефекти в атмосфері, гідросфері та геосфері у вигляді вітру, гідроенергії, енергії течій, хвиль, припливної енергії, теплової енергії навколишнього середовища тощо (рис. 4.1).

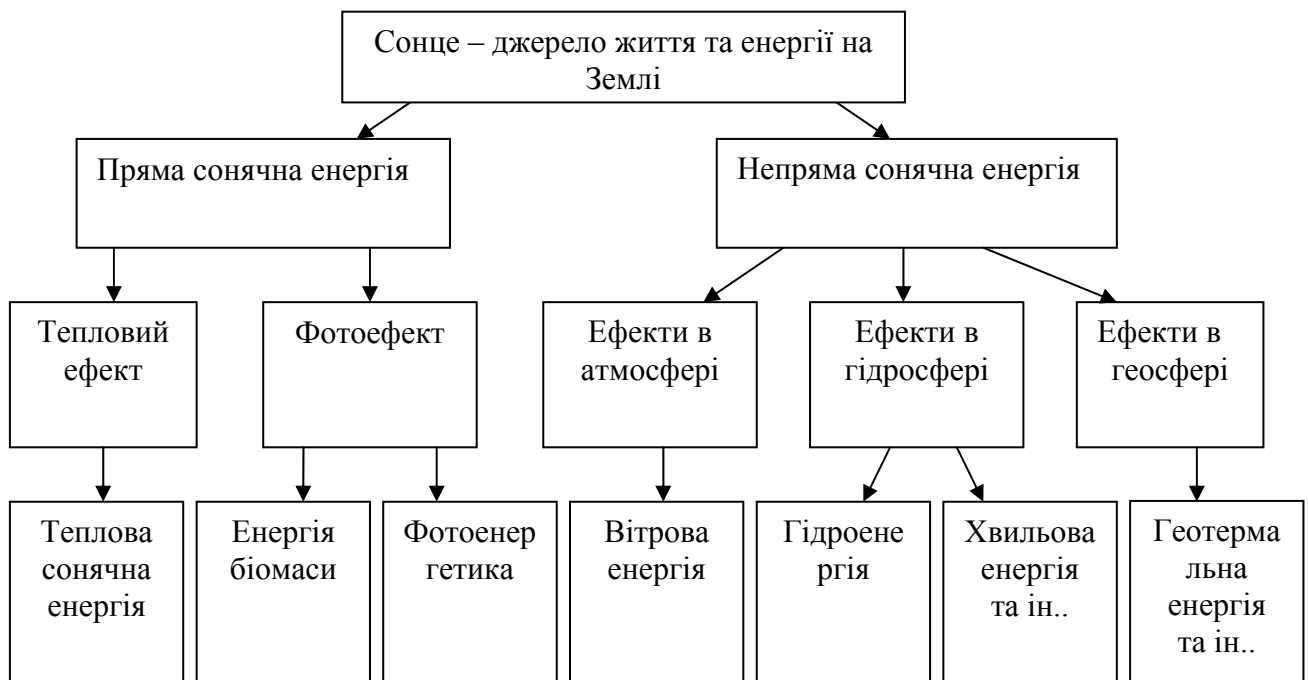


Рис.4.1 - Класифікація основних відновлювальних джерел енергії

До нетрадиційних відновлювальних джерел енергії відноситься мала гідроенергетика з ГЕС потужністю до 30 МВт, а в ряді країн до 10 МВт.

Основними перевагами ВДЕ в порівнянні з традиційними невідновлювальними джерелами є:

- практично невичерпні ресурси;
- зниження негативного впливу на довкілля, включаючи викиди різних забруднюючих речовин, парникових газів, радіоактивне і теплове забруднення тощо.

Основними факторами, що обмежують використання нетрадиційних ВДЕ, є:

- мала густина енергетичного потоку, яка складає, наприклад, для сонячної енергії на поверхні Землі $1,36 \cdot 10^{-3}$ МВт/м², вітрової при швидкості вітру 10 м/с – $6 \cdot 10^{-4}$ МВт/м², геотермальної – $3 \cdot 10^{-8}$ МВт/м², в той час як для енергії АЕС – 0,2 МВт/м²;
- значна нерівномірність вироблення енергії в часі та її використання;

- відносно висока капіталоємність енергетичних установок і вартість виробленої електроенергії.

Необхідність широкого використання ВДЕ визначається швидким зростанням потреби в електричній енергії, яка за прогнозами має збільшитися у 2 рази до 2030 р. і в 4 рази до 2050 р. у порівнянні з 2000 р.; вичерпанням у видимому майбутньому розвіданих запасів органічного палива; кризовим станом довкілля в зв'язку із забрудненням оксидами азоту і сірки, вуглекислим газом, пилоподібними частинками від згорання палива, радіоактивним і тепловим забрудненням тощо.

Відновлювальні джерела енергії мають принципові відмінності, тому їх ефективне використання стає можливим на основі науково розроблених принципів перетворення ВДЕ у види, необхідні споживачам. У навколишньому середовищі завжди існують потоки відновлювальної енергії, тому в процесі розвитку відновлювальної енергетики необхідно орієнтуватись на місцеві енергоресурси, вибираючи з них найефективніші. Використання ВДЕ має бути багатоваріантним й комплексним, що дозволяє прискорити економічний розвиток регіонів. Наприклад, хорошою базою для використання ВДЕ можуть бути агропромислові комплекси, де відходи тваринництва й рослинництва є сировиною для одержання біогазу, а також рідкого й твердого палива, виробництва добрив.

Для ефективного планування енергетики на відновлювальних енергоресурсах необхідно: по-перше, систематичне дослідження навколишнього середовища, аналогічне дослідженням геологічного характеру при пошуку нафти або газу, по-друге, вивчення потреб конкретного регіону в енергії для промислового, сільськогосподарського виробництва й побутових потреб. Зокрема, щоб вибрати найекономічніше джерело енергії, необхідно знати структуру споживачів енергії.

Однією з найважливіших характеристик відновлювальних джерел енергії є їх енергетичний потенціал – показник, який визначає кількість енергії, властиву відповідному виду ВДЕ.

Для оцінки енергетичних ресурсів відновлювальних джерел енергії, можливих для використання, розрізняють наступні види енергетичного потенціалу ВДЕ:

- теоретичний, що характеризує загальну кількість енергії;
- технічний – частина теоретичного потенціалу, яку принципово можливо використати за допомогою сучасних пристроїв;
- економічно ефективний – частина технічного потенціалу, яку в теперішній час доцільно використовувати, виходячи з економічних, соціальних, екологічних та інших факторів.

Орієнтовні показники енергетичних ресурсів ВДЕ у світі показано в табл.4.1.

Таблиця 4.1 - Енергетичний потенціал відновлювальних джерел енергії

Відновлювальні енергоресурси	Показники, млрд. т у.п./рік	
	Технічний	Економічний
Променева енергія Сонця	5	1
Теплова енергія морів і океанів	1	0,1
Енергія вітру	5	1
Гідроенергія, в тому числі:		
енергія водотоків*	4,5	2,6
енергія хвиль	0,05	0.01
енергія припливів	0,7	—
Енергія біомаси (за винятком дров)	2,55	2,0
Геотермальна енергія	0,4	0,2

*Гідроенергоресурси водотоків наведені для великої і малої гідроенергетики.

4.1 Сонячна енергетика

Сонячне випромінювання є невичерпним джерелом енергії. Густина сонячного потоку в космосі на межі земної атмосфери складає $1,36 \text{ кВт/м}^2$, його максимальна інтенсивність на поверхні Землі – 1 кВт/м^2 (при тривалості до 2 годин у літні дні), а його середня інтенсивність у більшості країн – $0,20\text{--}0,25 \text{ кВт/м}^2$. Низька ступінь концентрації є недоліком при використанні сонячної енергії. Із загальної кількості сонячного випромінювання, що потрапляє на земну поверхню, 46% – розсіяна сонячна радіація, 54% – пряма сонячна радіація.

У сонячній енергетиці, що широко розвивається, можна виділити два основних напрями: сонячна теплоенергетика, яка використовує сонячну енергію для отримання теплоти, і сонячна електроенергетика, котра використовує сонячну енергію для вироблення електроенергії.

При взаємодії сонячного випромінювання з природними процесами утворюються вторинні джерела енергії (рис.4.2).

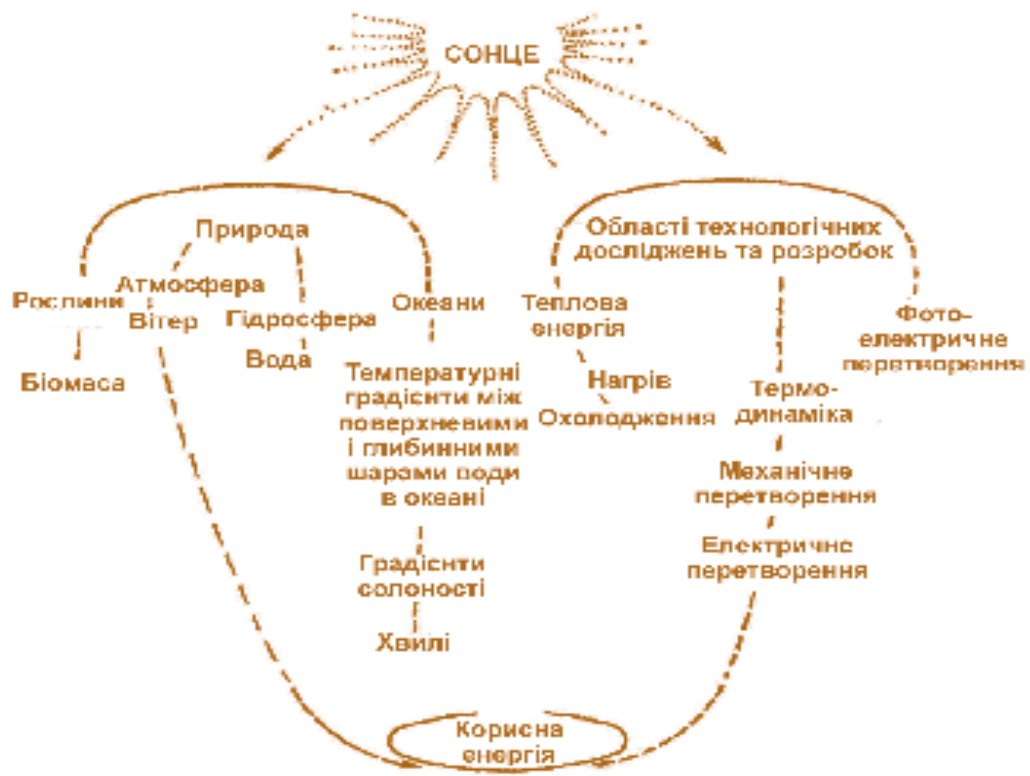


Рис. 4.2 - Утворення вторинних джерел енергії

4.1.1. Сонячна теплоенергетика

У сучасному світі сонячна енергія широко використовується для теплопостачання, включаючи гаряче водопостачання і опалення, а також для холодопостачання, кондиціювання повітря, висушування та в інших технологічних процесах.

Системи сонячного теплопостачання класифікуються наступним чином:

- системи «активного» сонячного теплопостачання, що використовують «активні» установки на основі сонячних колекторів з циркуляцією теплоносія, в якості якого можуть застосовуватися рідина (вода, розчини солей) і газ (повітря);
- системи «пасивного» сонячного опалення, в яких різні конструкційні елементи споруд використовуються в ролі теплоприймачів сонячної енергії;
- комбіновані системи сонячного теплопостачання, в яких використані елементи «пасивного» і «активного» сонячного теплопостачання.

У сучасних низьких середньотемпературних системах теплопостачання (до 100°C), що використовуються для перетворення сонячної енергії в низькопотенційне тепло для гарячого водопостачання, опалення та інших теплових процесів, основним елементом є плоский колектор, який являє собою геліоприймальний абсорбер з циркулюючим теплоносієм, конструкція плоского сонячного колектора теплоізована з тильної сторони і зашлена з лицьової сторони. Принципова схема плоского колектора наведена на рис.4.3.

Особливістю плоского колектора є те, що він вловлює як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію. Об'єми таких систем розраховуються в квадратних метрах сонячних колекторів.

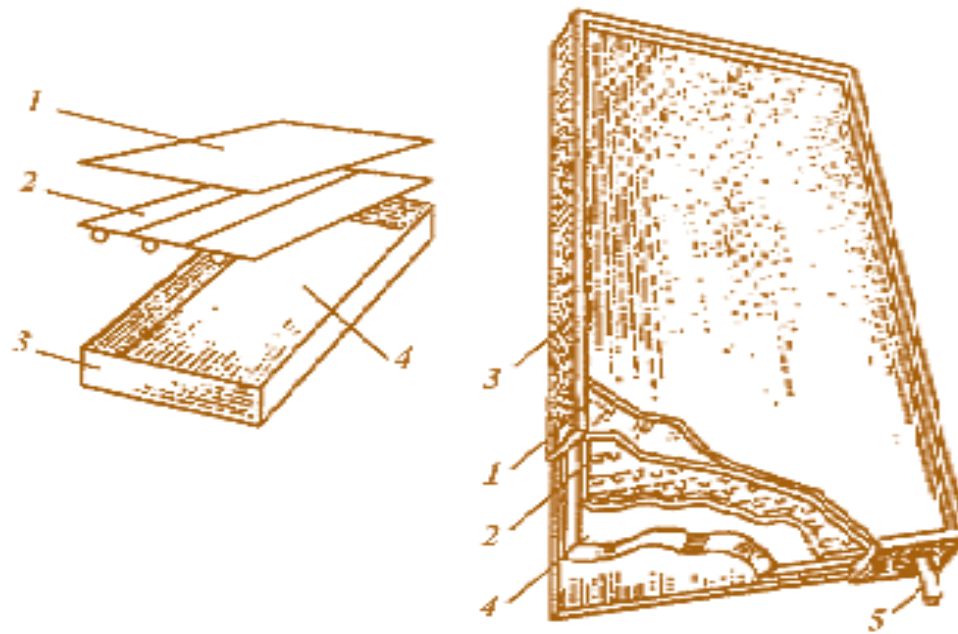


Рис.4.3 - Схема конструкції плоского колектора сонячної енергії:

1 – зашклення; 2 – променепоглиняльна поверхня з трубками для рідини, яка нагрівається (абсорбер); 3 – корпус; 4 – теплоізоляція;
5 – трубка для подачі теплоносія

У системах високотемпературного теплопостачання (вище 100°C) використовують високотемпературні сонячні колектори. На даний час найкращим з них вважається концентруючий сонячний колектор, що являє собою параболічний жолоб з чорною трубкою в центрі, на яку фокусується сонячне випромінювання. Такі колектори дуже ефективні у промисловості та для виробництва пару в електроенергетиці. Їх недоліком є неможливість використання розсіяної сонячної радіації.

У звичайних плоских колекторах практично неможливо отримати температуру теплоносія вище 100°C . Збільшення робочої температури теплоносія до $250\text{--}300^{\circ}\text{C}$ можливо досягнути за допомогою вакуумних скляних сонячних колекторів. Як теплоносій в колекторах може використовуватися вода, розчин етиленгліколя і пропіленгліколя, силіконове масло, а також повітря.

Принципові схеми водяного і повітряного опалення приміщень колекторами наведено відповідно на рис.4.3 і рис.4.4.

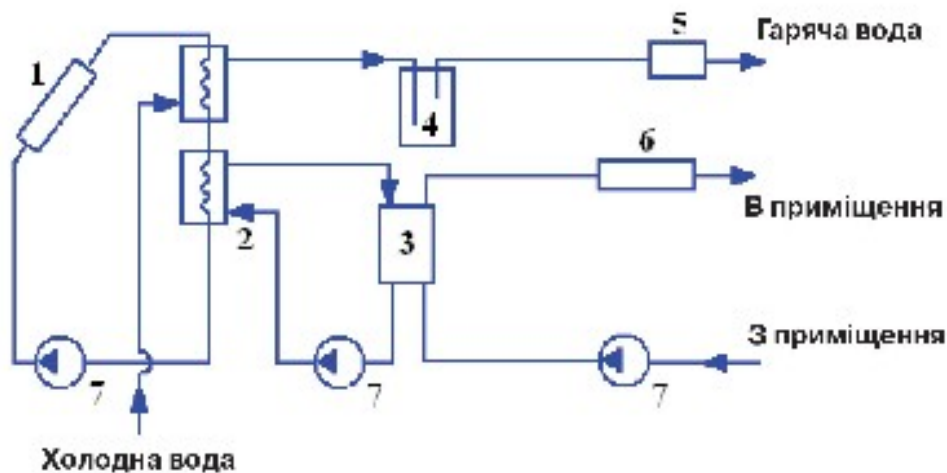


Рис.4.4 - Принципова схема комбінованої водяної системи сонячного теплопостачання: 1 – сонячний водяний колектор; 2 – швидкісний водо-водяний теплообмінник; 3 – бак-акумулятор; 4 – бак гарячої води; 5 – додаткове джерело теплоти системи гарячого водопостачання; 6 – додаткове джерело теплоти для системи опалення; 7 – циркуляційні помпи

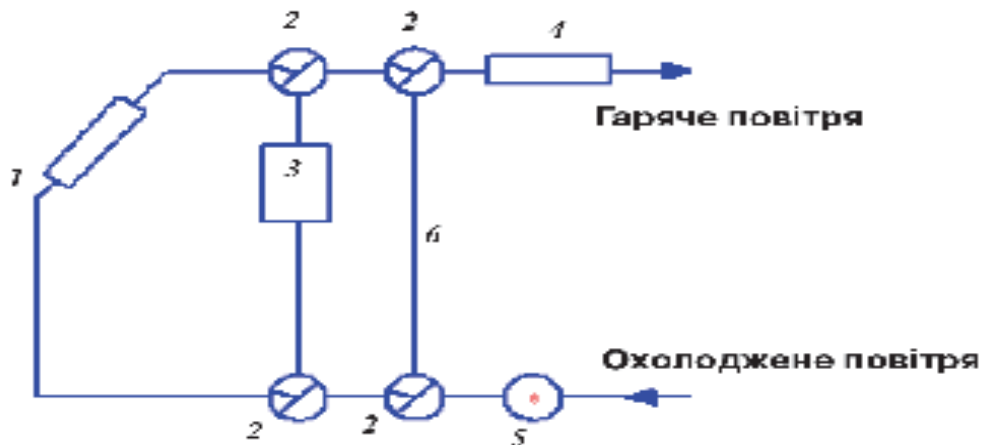


Рис.4.5- Принципова схема активної повітряної системи сонячного опалення:

1 – сонячний повітряний колектор; 2 – триходова заслінка; 3 – гальковий акумулятор теплоти; 4 – додаткове джерело енергії; 5 – вентилятор; 6 – байпасна лінія акумулятора

Пасивні сонячні системи є більш простими і дешевими у порівнянні з активними, бо не потребують додаткових пристроїв поглинання, перетворення і розподілення сонячної енергії. Пасивне використання енергії Сонця для опалення будівель відбувається за рахунок планувальних,

архітектурно-конструктивних рішень, коли вся будівля може розглядатися як колектор сонячної теплоти.

У пасивній системі повинна бути оптимальна орієнтація будівлі приблизно вздовж осі схід–захід, на південній стороні має бути не менше 50–70% всіх вікон, на північній – не більше 10%, житлові кімнати повинні розташовуватися з південної сторони і т. п. Крім того, передбачаються спеціальні пристрої – дахи–теплонакопичувачі, конвекційні системи тощо.

Активне використання сонячної енергії може бути здійснене за допомогою сонячного ставка. Такі ставки є добрими акумуляторами сонячної енергії. Завдяки тому, що густина соляового розчину в нижніх шарах у порівнянні з верхніми значно вища, у таких ставках практично відсутній конвекційний тепломасообмін, в результаті чого у придонній зоні ставка створюється шар води з високою температурою. Така властивість соляних ставків може бути використаною для отримання електричної енергії, як це показано на рис.4.6.

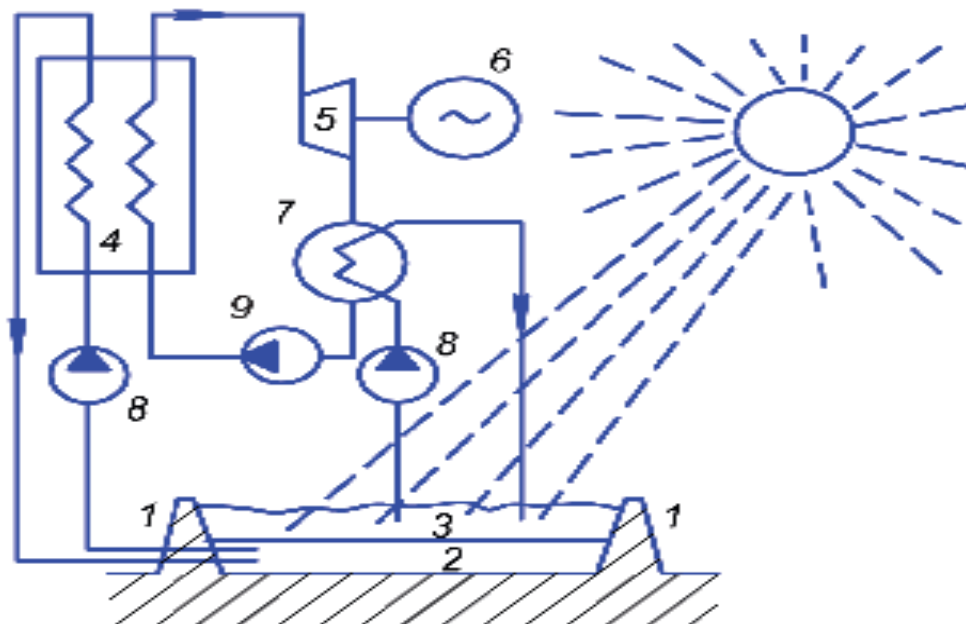


Рис.4.6 - Схема використання сонячного соляного ставка для отримання електричної енергії: 1 – дамби; 2 – гаряча вода з високою концентрацією солі; 3 – охолоджуюча вода з низькою концентрацією солі; 4 – теплообмінний апарат; 5 – турбіна; 6 – генератор; 7 – конденсатор; 8 – циркуляційні помпи; 9 – живильна помпа

На активному використанні теплової дії сонячних променів базуються сонячні енергетичні печі, обігрівання басейнів, опріснення морської і засоленої води, отримання дистильованої води, сонячні побутові печі, висушування сільськогосподарських продуктів тощо.

4.1.2. Сонячна електроенергетика

Сонячна енергія може бути перетворена в електричну двома основними шляхами: термодинамічним і фотоелектричним.

При термодинамічному методі електричну енергію за рахунок використання сонячної енергії можна отримати використанням традиційних схем в теплових установках, в яких теплота від згоряння палива замінюється потоком концентрованого сонячного випромінювання. Принципова схема отримання електричної енергії в сонячній теплоелектростанції наведена на рис.4.7.

Існують сонячні теплоелектростанції трьох типів:

- баштового типу з центральним приймачем-парогенератором, на поверхні якого концентрується сонячне випромінювання від плоских дзеркал-геліостатів;
- параболічного (лоткового) типу, де в фокусі параболоциліндричних концентраторів розміщуються вакуумні приймачі-труби з теплоносієм;
- тарілкового типу, коли в фокусі параболічного тарілкового дзеркала розташовується приймач сонячної енергії з робочою рідиною.



Рис.4.7 - Принципова блок-схема сонячної теплоелектростанції

Станції баштового типу складаються з п'яти основних елементів: оптичної системи, автоматичної системи управління дзеркалами і станцією в цілому, парогенератора, башти і системи перетворення енергії, яка включає теплообмінники, акумулятори енергії і турбогенератори.

Принципова схема сонячної електростанції баштового типу показана на рис.4.8.

Оскільки у такій електростанції використовується пряме сонячне випромінювання, концентруючі геліостати повинні мати систему слідування за Сонцем, при цьому кожний з геліостатів орієнтується в просторі індивідуально.

Температура, яку можна отримати на вершині башти з допомогою дзеркальних концентраторів, складає 300–1500°C. В одному модулі можна отримати потужність, яка не перевищує 200 МВт, що пов'язано зі зниженням ефективності перенесення енергії від найбільш віддалених концентраторів на вершину башти.

Світова практика експлуатації станцій баштового типу довела їх технічну можливість і працездатність. Основним недоліком таких установок є значна площа, яку вони займають. Так, для розміщення баштової електростанції потужністю 100 МВт необхідна площа 200 га.

Пуск сучасної сонячної електростанції баштового типу відбувся 30 березня 2007 року в районі Санлукар-ла-Майор недалеко від Севільї (Іспанія). Чудова бетонна башта висотою 115 м і 624 дзеркала геліостатів площею 120 м^2 кожне забезпечує парою паротурбінну установку потужністю 11 МВт, що достатньо для постачання електроенергією 6000 будівель, економлячи тим самим 18000 тонн вуглеродних викидів за рік.

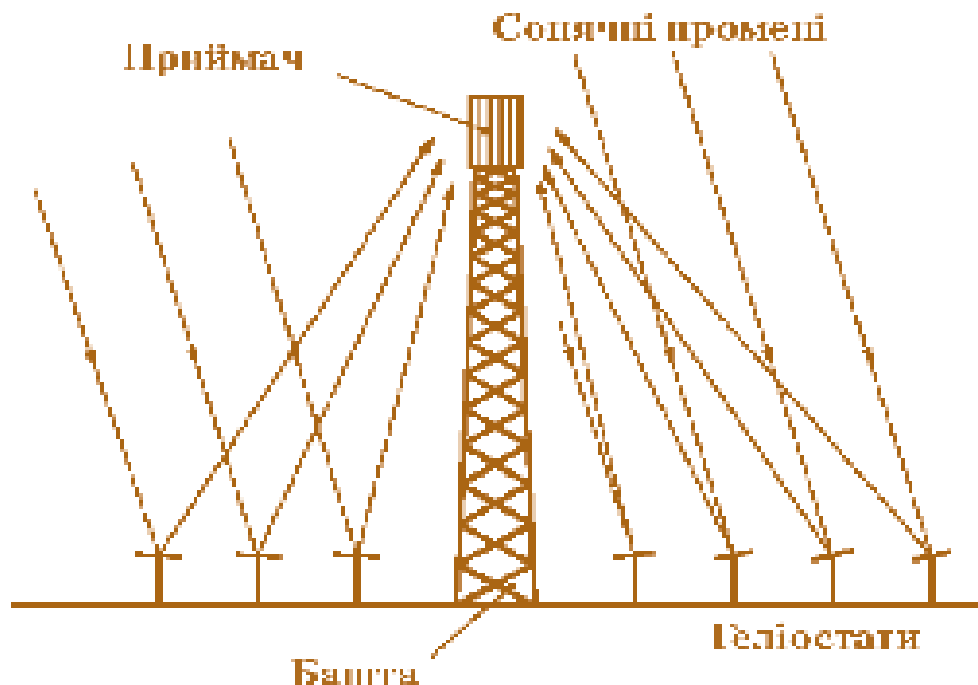


Рис.4.8 - Схема електростанції баштового типу

Демонстраційна сонячна термодинамічна електростанція «Solar Two» (рис.4.9) працювала з 1981 по 1999 роки в пустелі Мохаве (Каліфорнія, США). Її потужність перевищувала 10 МВт. Сонячну башту цієї станції оточували 1926 геліостатів загальною площею 83000 м^2 . Цікаво, що сонячне світло гріло не воду, а проміжний теплоносій – розплавлену суміш натрію і калію. Від неї вже закипала вода, що давала пару для турбін. У 1999 році

вчені перебудували цю станцію у гігантський детектор черенковського випромінювання для вивчення дії космічних променів на атмосферу.



Рис.4.9 - Сонячна термодинамічна електростанція «Solar Two»



Сонячна електростанція в Севільї (PS1), Іспанія (фото «Solucar»)

Світло від сотень великих дзеркал настільки яскраве, що викликає свічення пилу і вологи в повітрі, завдяки чому і помітні промені, оточуючі красиву білу башту. На передньому плані бачимо розташовані поряд з

дзеркалами фотоелектричні панелі з концентраторами. Дзеркала ж, направлені на сонячну башту, з цього ракурсу не видні.

Поруч з даною станцією відбувається будівництво ще однієї подібної станції (PS2), але більш потужної. Буде встановлено приблизно 1255 дзеркал. Розрахункова потужність електростанції – 20 МВт. Пуск другої станції зменшить викиди CO_2 в атмосферу на 54000 тонн за рік і забезпечить електроенергією біля 18000 будівель. А всього до 2013 року різні за принципом дії сонячні установки, які будуть встановлені на площадці в Санлукар-ла-Майор, матимуть сумарну електричну потужність 300 МВт, що достатньо для задоволення потреб в електроенергії такого міста, як Севілья.

У сонячних електростанціях параболічного типу (рис.4.10) використовуються параболічні дзеркала (лотки), що концентрують сонячну енергію на приймальних трубках, які розташовані в фокусі конструкції і вміщують в собі рідинний теплоносій. Ця рідина нагрівається приблизно до 400°C і прокачується через ряд теплообмінників, при цьому виробляється перегріта пара, яка приводить в дію звичайний турбогенератор для вироблення електричної енергії.

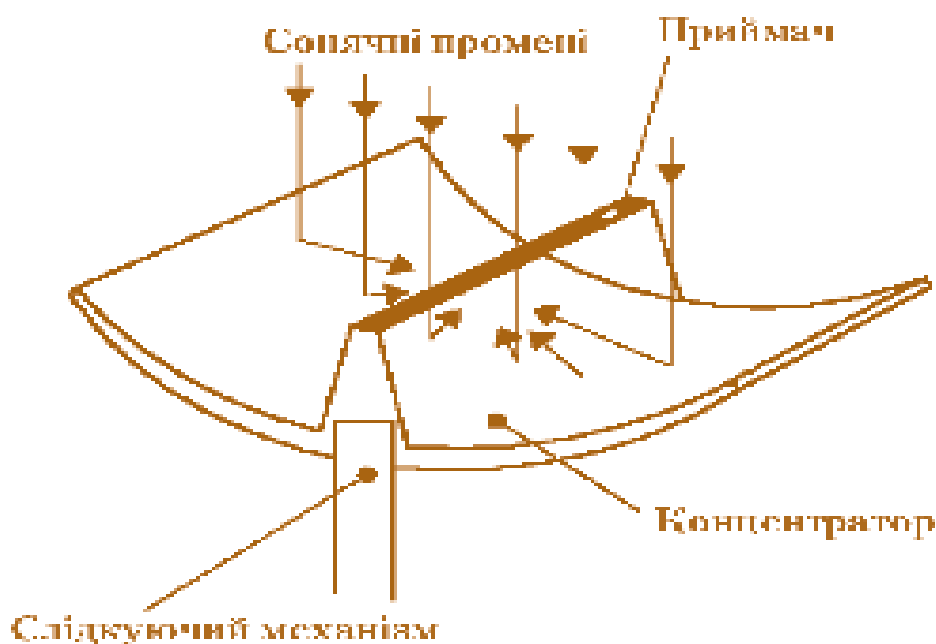


Рис.4.10 - Схема сонячної електростанції параболічного типу

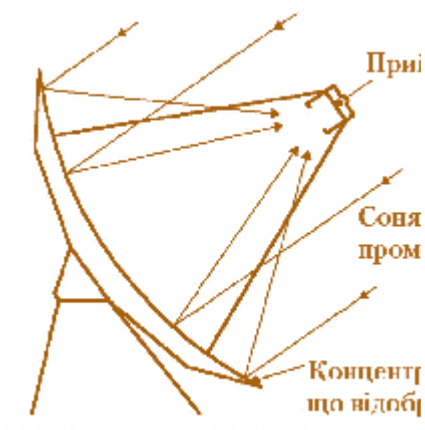
Станції параболічного типу використовуються все ширше завдяки більш простій системі слідкування за Сонцем і меншій металоємності. Питома вартість станцій параболічного типу близька до питомої вартості АЕС.

В установках тарілкового типу (рис.4.11) використовуються параболічні тарілкові дзеркала (схожі за формою на супутникову тарілку), які фіксують сонячну енергію на приймачі, розташованому в фокусі кожної тарілки.

Рідина в приймачі нагрівається до 1000°C і її енергія використовується для вироблення електричної енергії в двигуні Стирлінга або в установці, що працює за циклом Брайтона. Установки мають систему слідкування за Сонцем. Внаслідок ефекту аберації при відхиленні від ідеальної форми та інших конструктивних факторів максимальний діаметр тарілок не перевищує 20 м при потужності до 60–75 кВт. Питома вартість сонячної електростанції тарілкового типу може бути меншою, ніж електростанцій баштового і параболічного типів.



Вигляд на станцію PS1 з висоти пташиного польоту. На задньому плані видна площадка, яку готують під PS2 (фото «Solucar»)



а



б

Рис.4.11 - Сонячна установка тарілкового типу:
а – схема сонячної установки тарілкового типу;
б – сонячна установка потужністю 10 кВт на сонячній електростанції в Almeria (Іспанія)



Довгі параболічні (в поперечному перерізі) дзеркала з трубами для розігрівання теплоносія (фото «Solucar»)

Сонячна електростанція компанії «Solucar» в Санлукар-ла-Майор перевіряє на ділі різні технології. Наприклад, параболічні концентратори з двигунами Стирлінга і довгелезні параболічні (в поперечному перерізі) дзеркала з трубами для розігрівання теплоносія (фото «Solucar»).

Сонячні електростанції найбільш ефективні в районах з високим рівнем сонячної радіації і малою хмарністю. Їх к.к.д. може досягати 20%, а потужність 100 МВт.

Сонячна фотоенергетика являє собою пряме перетворення сонячної радіації в електричну енергію. Принцип дії фотоелектричного перетворювача базується на використанні внутрішнього фотоефекту в напівпровідниках і ефекту ділення фотогенерованих носіїв зарядів (електронів і дірок) електронно-дірочним переходом або потенційним бар'єром типу метал-діелектрик-напівпровідник.

Фотоефект має місце, коли фотон (світловий промінь) падає на елемент з двох матеріалів з різним типом електричної провідності (дірочної або електронної). Потрапивши в такий матеріал, фотон вибиває електрон з його середовища, утворюючи вільний негативний заряд і «дірку». У результаті рівновага так званого р-п-переходу порушується і в колі виникає електричний струм. Будова кремнієвого фотоелемента показана на рис.4.12.

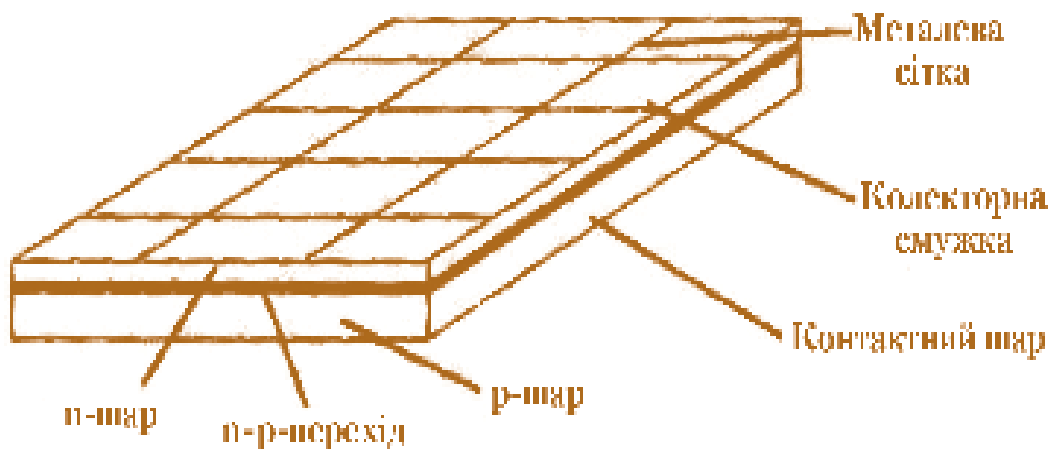


Рис.4.12 - Схема кремнієвого фотоелемента

Чутливість фотоелемента залежить від довжини хвилі падаючого світла і прозорості верхнього шару елемента. В ясну погоду кремнієві елементи виробляють електричний струм приблизно силою 25 мА при напрузі 0,5 В на 1см^2 площі елемента, тобто 12–13 мВт/см². Теоретична ефективність кремнієвих елементів складає коло 28%, практична – від 14 до 20%.

При послідовно-паралельних з'єднаннях сонячні елементи утворюють сонячну (фотоелектричну) батарею. Потужність сонячних батарей, що серійно випускаються промисловістю, складає 50–200 Вт. На рис.4.13 показані фотоелектричні батареї для маяка на о. Зміїний (Україна).



Рис.4.13 - Фотоелектрична система енергопостачання комплексу на о. Зміїний потужністю 10 кВт

На сонячних фотоелектричних станціях сонячні батареї використовуються для створення фотоелектричних генераторів. На рис.4.14 зображено блок-схему сонячної фотоелектричної станції. Термін служби такої станції становить 20–30 років, а експлуатаційні витрати мінімальні.



Рис.4.14 - Блок-схема сонячної фотоелектричної станції

Недоліком плоских фотоелементів для отримання електричної енергії є їх висока вартість (до 5 дол. США/Вт) і значні площі, необхідні для розміщення фотоелектростанції.

Фотоелектричні панелі



Одним із шляхів удосконалення фотоенергетики є створення концентруючих фотоелементів. Система концентрації сонячної енергії складається безпосередньо з концентраторів і системи слідкування за положенням Сонця, бо концентруючі фотоелементи сприймають тільки пряме сонячне випромінювання.

Сьогодні для створення концентруючих сонячних елементів використовують кремній. Так, на основі кремнію в Австралії створені елементи зі ступенем концентрації $k=11$ і к.к.д. 20%.

Для підвищення ефективності фотоелектричного перетворення сонячної енергії в якості вихідного матеріалу використовують арсенід галія, фотоелектричні втрати якого при високих температурах значно нижчі, ніж у кремнія.

На основі арсеніду галія створено двої трикаскадні елементи з високою ефективністю роботи при ступені концентрації 1000 і більше. Вже створено лабораторні зразки сонячних елементів площею $0,5 \text{ см}^2$ з $k=500$ і к.к.д. 40%.

Прогнози спеціалістів в галузі фотоелектричного перетворення сонячного випромінювання показують, що найбільш перспективними будуть концентратори з $k=1000$, які працюють з багатокаскадними арсенідгалієвими сонячними елементами нового покоління.

Одним з ефективних способів використання фотоелементів є фотоелектричний транспорт. Багато фірм створюють автомобілі на сонячних фотоелементах. У 1980 р. побудований перший сонячний літак «Солар Челленджер», який може пролетіти 160 км.

Суттєвим недоліком існуючих сонячних енергетичних установок є нерівномірність їх роботи, що пов'язано зі зміною потоку сонячного випромінювання, який досягає поверхні Землі, викликаного погодними умовами, зміною пори року і часом доби.



Модульний тип фотоелектричних перетворювачів дозволяє створювати установки будь-якої потужності й робить їх дуже перспективними.

Сонячні аеростатні електростанції можуть стати одним з можливих нових напрямків, які дозволять більш ефективно використовувати сонячну енергію. Основний елемент сонячних аеростатних електростанцій – аеростат – може бути виведеним на декілька кілометрів над поверхнею Землі, вище хмар, що забезпечить безперервне використання сонячної енергії на протязі дня (рис.4.15, 4.16).

Принципова схема роботи сонячної аеростатної електростанції (САЕС) з паровою турбіною полягає в поглинанні поверхнею аеростата сонячного випромінювання і нагрівання в результаті водяної пари, що знаходиться всередині (див.рис.4.15). При цьому оболонка аеростата виконується двошаровою. Сонячні промені, проходячи через зовнішній прозорий шар, нагрівають внутрішній шар оболонки з нанесеним покриттям, яке поглинає сонячне випромінювання. Водяна пара, що знаходиться всередині оболонки, нагрівається тепловим потоком, який потрапляє через оболонку, до 100–150°C.

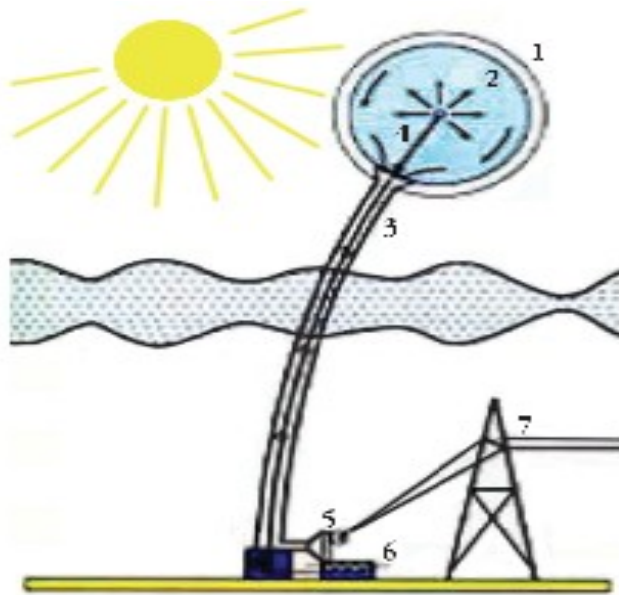


Рис.4.15 - Схема сонячної аеростатної електростанції: 1 – прозора оболонка; 2 – поглинаюча оболонка; 3 – паропровід; 4 – трубопровід з водяними помпами; 5 – парова турбіна з генератором; 6 – конденсатор; 7 – ЛЕП

Прошарок газу (повітря) між шарами, виконуючи роль теплоізоляції, зменшує втрати теплоти в атмосферу. Тиск пари практично дорівнює тиску зовнішнього повітря. Водяна пара гнучним паропроводом подається на парову турбіну, потім конденсується в конденсаторі, вода з конденсатора знову подається помпами у внутрішню частину оболонки, де випарюється при контакті з перегрітою водяною парою. К.к.д. такої установки може складати 25%, причому завдяки запасу водяної пари у внутрішній частині аеростата установка може працювати і вночі. При діаметрі аеростата 150 м і розміщенні на висоті 5 км установка може мати потужність 2 МВт.

Такі САЕС можуть розташовуватися в декілька сотень метрів над поверхнею Землі або над поверхнею моря із силовою установкою на платформах з якорем, до платформ також кріпиться аеростат. При розташуванні аеростата на висоті 5–7 км забезпечується робота САЕС незалежно від погодних умов. При цьому силова паротурбінна установка може розташовуватися на землі або в люльці аеростата з передачею електроенергії по кабелю на землю. На сьогодні існує досвід використання таких САЕС на Тайвані.

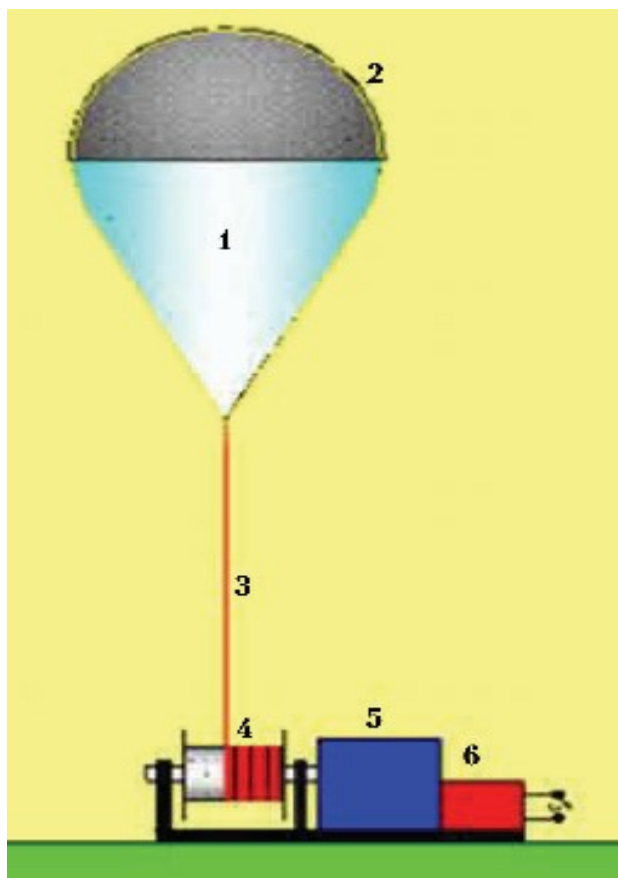


Рис.4.16 - Аеростатна сонячна електростанція: 1 – оболонка балона аеростата; 2 – тонкоплівкові сонячні елементи; 3 – канат з електричним кабелем; 4 – барабан; 5 – електромотор-редуктор; 6 – інвертор



Аеростатні сонячні електростанції можуть бути розміщені в межах міста

Перша дослідно-промислова САЕС «Чорна перлина», яка введена в експлуатацію в 2003 р., складається з приймача сонячної енергії у вигляді декількох шарів гнучких сферичних оболонок. Значною перевагою конструкції є те, що пара, яка нагнітається компресором в розділений на відсіки простір між прозорою і поглинаючою оболонками, завдяки автоматизованій системі клапанів циркулює тільки на освітленій стороні. Така САЕС потужністю 5 МВт займає площу 0,3 км². В іншій САЕС «Чорний місяць», введений в дію в 2005 р., центр оболонки діаметром 300 м знаходиться на висоті 450 м, що дозволяє різко скоротити площу, яка використовується. На основі позитивного досвіду експлуатації таких САЕС Тайвань передбачає їх широке будівництво.

Іншим можливим напрямом використання в ХХІ ст. сонячної енергії є створення орбітальних електростанцій із сонячними батареями, які акумулюють енергію Сонця і перетворюють її в мікрохвильове або лазерне випромінювання, спрямоване до Землі, де воно сприймається спеціальними антенами і потім перетворюється на електричну енергію.

В якості перетворювачів сонячної енергії в електричну зазвичай служать сонячні елементи, які з'єднуються разом, утворюючи сонячні батареї.

У космосі, де не існує атмосфери, хмар, зміни дня і ночі, на одиницю площі потрапляє цілодобово сонячної енергії в десять разів більше, ніж на земній поверхні. Дослідницькі роботи відносно сонячних орбітальних електростанцій почалися в 70-ті роки ХХ століття в США, СРСР та інших країнах.

У теперішній час роботи над створенням таких станцій проводяться у США, Росії, Японії та інших країнах з використанням новітніх науково-технічних досягнень в фотоелектричній енергетиці, електроніці й робототехніці. При цьому подальшого вирішення потребують такі технічні питання, як зниження маси орбітальних електростанцій, витрат на виведення обладнання в космос тощо.

Японія передбачає на рівні 2030 р. зібрати на орбіті на висоті 36 тис. км сонячну електростанцію, яка буде передавати електроенергію на Землю у вигляді мікрохвильового променя, прийом її буде здійснюватися наземною антеною. Важливим досягненням є отримання недавно вченими з Японського космічного агентства елементів, які перетворюють енергію сонячного випромінювання в лазерний пучок з к.к.д. 42%.

Для реалізації таких складних і вартісних проектів, як створення сонячних орбітальних електростанцій, важливішим фактором є міжнародне співробітництво.



Сонячні батареї міжнародної космічної станції

4.1.3. Стан і перспективи розвитку сонячної енергетики

Найбільш широке застосування сонячна енергетика знайшла у системах теплопостачання. Вони слугують для гарячого водопостачання, опалення та інших потреб, що дозволяє значно зменшити використання традиційних паливних ресурсів.

Сучасною тенденцією є швидке розширення сфер використання сонячної електроенергетики як для централізованого вироблення

електроенергії на сонячних електростанціях, так і в індивідуальних системах електропостачання громадських і власних будівель.

У країнах, де має місце високий рівень розвитку сонячної енергетики, існують відповідні державні програми, які забезпечують сприятливі умови, в тому числі економічні, для її використання і розвитку.

У Німеччині, яка лідирує в ЄС за сумарною потужністю сонячних установок, використання системи сонячного теплопостачання, наприклад для опалення, супроводжується підсиленням теплозахисту будівель, утилізацією теплових викидів і в цілому зниженням енерговитрат. Так, застосування сонячно-теплопомпової системи теплопостачання індивідуальних житлових домів з вакуумними сонячними колекторами забезпечує до 70% енергоспоживання.

Загальна площа сонячних колекторів в 2008 р. склала, наприклад, в Ізраїлі – 3,5 млн. м² (більше 80% води нагрівається сонячною енергією), в США – більше 10 млн. м², в Японії – 8 млн. м². Більше половини сонячних колекторів у світі – в Китаї. Основними споживачами сонячної енергії є також Швеція, Данія, Німеччина, Іспанія, Індія та інші країни.

У теперішній час біля 7 млн. будинків у світі обладнано сонячними батареями. Сонячна енергія широко використовується для виробництва електроенергії, яка передається в енергосистему, а також для децентралізованого електропостачання окремих населених пунктів, фермерських господарств, островів, морських і космічних станцій.

У 2004 р. в світі встановлена потужність сонячних теплових електростанцій склала 0,4 млн. кВт, а сонячних колекторів для теплопостачання – 77 млн. кВт (теплових).

У 2007 р. в США введена в експлуатацію сонячна електростанція потужністю 64 МВт, в Іспанії – потужністю 11 МВт з геліостатичним полем з 624 дзеркал площею 120 м² кожне і баштою висотою 115 м. У США планується будівництво сонячної електростанції потужністю 280 МВт, а в Австралії будується така електростанція потужністю 250 МВт.



Проект величезної сонячної електростанції в штаті Арізона (США), введеної в роботу в 2011 році (запланована потужність 280 МВт)

За прогнозами саме в ХХІ ст. відбудеться стрімке зростання використання сонячної енергії, і сонячна енергетика може стати одним з основних джерел відновлювальної енергії.

Щорічно в Україні виробництво фотоелектричних елементів складає біля 150 МВт, більша частина яких експортується. Існує також досвід створення сонячних електрогенераторів на основі термодинамічного методу перетворення сонячного випромінювання в електричну енергію, однак результати експлуатації сонячної електростанції потужністю 5 МВт (СЕС-5) в Криму не дали підстав для впровадження цього обладнання в Україні.

Загальна площа сонячних колекторів в Україні в 2008 р. склала біля 45 тис. м². У кліматичних умовах України ефективним є використання

сонячних колекторів для децентралізованого теплопостачання, нагрівання повітря, висушування зерна тощо.

В Україні існують достатньо сприятливі умови для використання сонячної енергії. Річний технічно досяжний енергетичний потенціал сонячної енергії в Україні еквівалентний 6 млн. т у.п., його використання дозволило б замінити біля 5 млрд.м³ природного газу.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що потрапляє на 1 м² поверхні, на території України знаходиться в межах від 1070 кВт·год/м² в її північній частині до 1400 кВт·год/м² і вище на півдні України.

4.2. Вітроенергетика

Вітроенергетика стала одним з перспективних джерел відновлювальної енергії, що найбільш динамічно розвивається, важливим напрямом енергозбереження.

Вітроенергетичні установки.

Вітер утворюється в результаті нерівномірного нагрівання поверхні Землі Сонцем. Потужність вітрового потоку пропорційна площі, яку пересікає вітровий потік, і швидкості вітру в кубі. Вітроенергетичні ресурси у США і країнах Європи класифікують в залежності від середньорічної швидкості або середньорічної питомої потужності вітру на висотах 10 і 50 м від поверхні землі (табл.4.2).

Враховуючи, що в Калінінградській області РФ відсутні власні потужні енергоджерела, а всі види вуглецевого палива завозять з «Великої землі», інтерес енергетиків до використання місцевих відновлювальних енергоресурсів цілком логічний. Відкриття найбільшої вітроелектростанції Росії відбулося 26 липня 2002 року, а будівництво її почалося в 1998 році згідно з угодою між Міністерством енергетики Росії і Міністерством екології і енергетики Данії. Вітроелектростанція включає в себе 21 вітроелектроустановку загальною потужністю 5,1 МВт. Експлуатація ВЕУ

здійснюється без присутності обслуговуючого персоналу за рахунок повної автоматизації виробничих процесів. Запуск і зупинка вітроустановок відбуваються в автоматичному режимі, а інформація про можливі порушення роботи механізмів передається через систему стільникового зв'язку і бортових комп'ютерів.

Таблиця 4.2 - Класифікація вітроенергетичних ресурсів на висотах 10 і 50 м від поверхні землі

Клас	Висота 10 м		Висота 50 м	
Клас	Швидкість вітру, м/с	Питома потужність, Вт/м ²	Швидкість вітру, м/с	Питома потужність, Вт/м ²
1	0–4,4	0–100	0–5,6	0–200
2	4,4–5,1	100–150	5,6–6,4	200–300
3	5,1–5,6	150–200	6,4–7,0	300–400
4	5,6–6,0	200–250	7,0–7,5	400–500
5	6,0–6,4	250–300	7,5–8,0	500–600
6	6,4–7,0	300–400	8,0–8,8	600–800
7	7,0–9,0	400–1000	8,8–11,9	800–1200

Принцип дії всіх вітроустановок один: під напором вітру обертається вітроколесо з лопатями, яке передає крутильний момент через систему передач валу генератора, що виробляє електроенергію. Реальний к.к.д. кращих вітрових колес досягає 45% у разі стійкої роботи при оптимальній швидкості вітру.

Існують дві принципово різні конструкції вітроенергетичних установок (ВЕУ): з горизонтальною і вертикальною віссю обертання.

Конструктивна схема ВЕУ з горизонтальною віссю наведена на рис.4.17. Основними елементами установки є вітроприймальний пристрій (лопаті), редуктор передачі крутильного моменту до електрогенератора, електрогенератор і башта. Вітроприймальний пристрій разом з редуктором

утворюють вітродвигун. Завдяки спеціальній конструкції лопатей в повітряному потоці виникають несиметричні сили, які створюють крутильний момент.

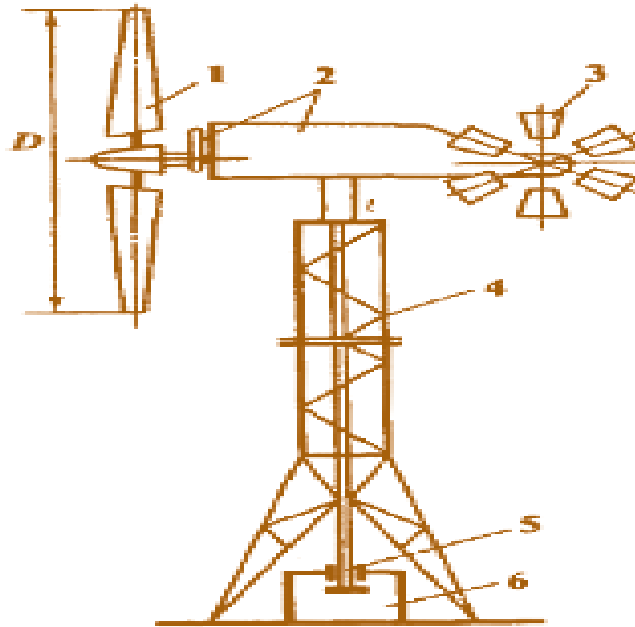


Рис.4.17 - Конструктивна схема ВЕУ з горизонтальною віссю обертання:

1 – робоча лопать; 2 – трансмісія; 3 – віндроза; 4 – башта; 5 – вал відбору потужності; 6 – електрогенератор

Оскільки вітер може змінювати свою силу і напрям, вітрові установки обладнуються спеціальними пристроями контролю і безпеки. Ці пристрої складаються з механізмів розвороту вісі обертання за вітром (віндроза), нахилу лопатей відносно землі при критичній швидкості вітру, системи автоматичного контролю потужності та аварійного відключення для установок великої потужності.

Найчастіше на ВЕС (рис.4.18) використовується трилопатеve вітроколесо з горизонтальним розташуванням вісі ротора. Удосконалення відбуваються шляхом збільшення розмірів лопатей, покращення техніко-економічних показників енергетичного обладнання і електронного управління, використання композитних матеріалів і застосування більш високих башт. Деякі ВЕУ функціонують зі змінною швидкістю або взагалі не

використовують редуктор і працюють за методом прямого приводу. Так, при потужності ВЕУ 2,5 МВт діаметр лопатей вітроколеса досягає 80 м, а висота башти більше 80 м.



Рис.4.18 - Вітрова електростанція Shiloh II (США, штат Каліфорнія) введена в дію в лютому 2009 року

ВЕУ з вертикальною віссю обертання мають переваги перед установками з горизонтальною віссю, які полягають у тому, що зникає необхідність у пристроях орієнтації на вітер, спрощується конструкція і знижуються гіроскопічні навантаження, обумовлені додатковим напруженням в лопатях, системі передачі та інших елементах установки, з'являється можливість встановлення редуктора з генератором в основі башти. Конструктивна схема ВЕУ з вертикальною віссю обертання наведена на рис.4.19.

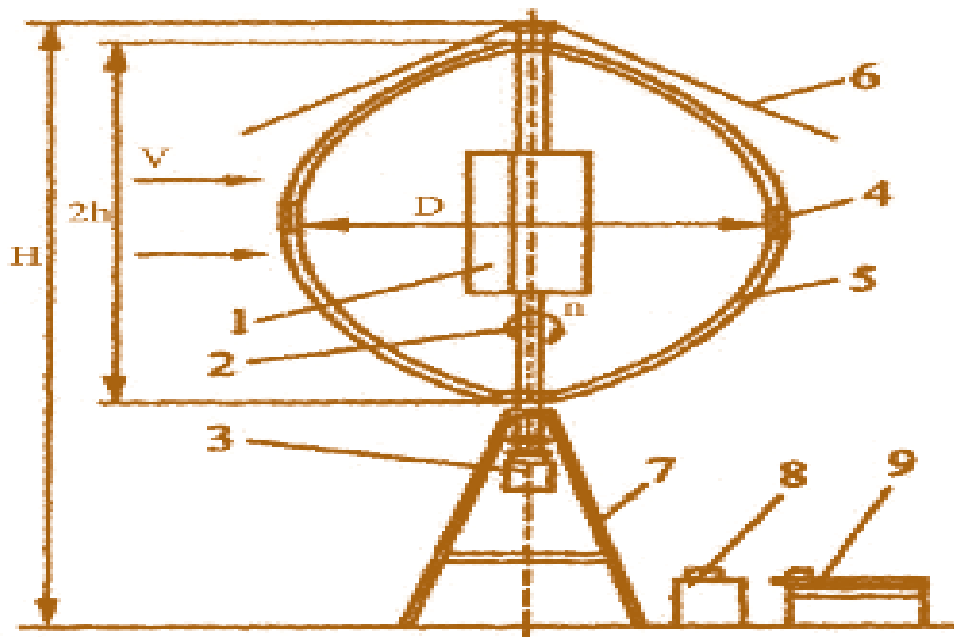


Рис.4.19 - Конструктивна схема ВЕУ з вертикальною віссю обертання:
 1 – стартер (ротор Савоніуса); 2 – вісь; 3 – електрогенератор; 4 – гальмівний пристрій; 5 – робоча лопать; 6 – розтяжка; 7 – рама; 8 – перетворювач напруги; 9 – акумулятор; V – швидкість вітру; H – висота вітроустановки; h – половина висоти робочої лопаті; n – швидкість обертання робочої лопаті; D – діаметр розгортки лопатей

У залежності від потужності генератора вітроустановки підрозділяються на класи, їх параметри і призначення наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 - Класифікація вітроустановок

Клас установки	Потужність, МВт	Діаметр колеса, м	Кількість лопатей	Призначення
Малої потужності	До 0,1	3 – 10	3 – 2	Зарядка акумуляторів, насоси, побутові потреби
Середньої потужності	Більше 0,1 до 1,0	25 – 44	3 – 2	Енергетика
Великої потужності	Більше 1,0	>45	3 – 2	Енергетика

На сьогодні розроблена і використовується значна кількість схем перетворення енергії вітру в електричну енергію постійного чи змінного струму або для виконання механічної роботи.

Середньорічне вироблення електроенергії з 1 км² площі ВЕС при різних швидкостях вітру наведено в табл.4.4.

Таблиця 4.4 - Річне вироблення електроенергії з 1 км² площі ВЕС

Середньорічна швидкість вітру, м/с	5	6	7	8	9
Виробництво електроенергії, млн. кВт·год/км ²	12	20	26	34	39

Основними недоліками ВЕС є:

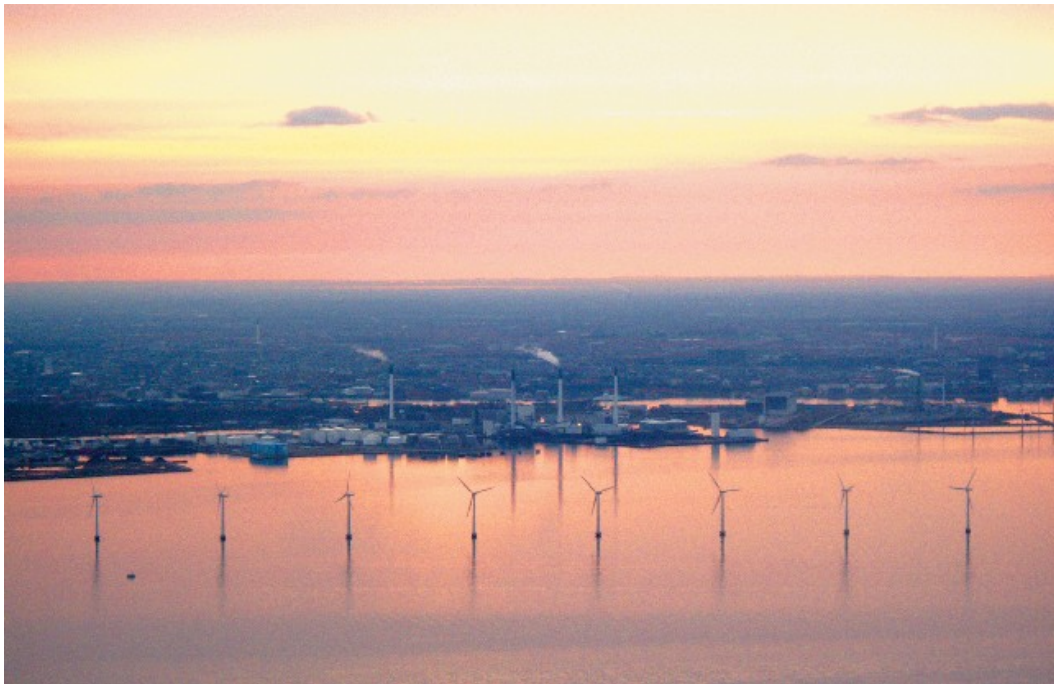
- Непостійне і нерівномірне вироблення електроенергії як протягом доби, так і за сезонами року, що пов'язано з наявністю вітру і його швидкістю.

- Використання значних площ земельних ресурсів. Так, для ВЕС потужністю 1000 МВт треба загальна площа 70–200 км², хоча більша частина цих земель може бути використаною в сільському господарстві та ін. (сама ВЕС займає 1% загальної площі). При використанні ВЕС морського базування цей недолік зникає.

Обмеження шумового впливу ВЕС досягається їх віддаленістю від населених пунктів (для ВЕС до 300 м).

4.2.1 Стан і перспективи розвитку вітроенергетики

У більшості розвинених країн в умовах державного стимулювання виробництва електроенергії на основі відновлювальних джерел енергії за останні роки досягнуто значного прогресу у будівництві та використанні вітроелектричних установок (ВЕУ).



ВЕС Копенгагена

Активно освоюється енергія вітру в країнах, що розвиваються, – Індії, Китаї, Бразилії, Єгипті та ін.

Завдяки впровадженню науково-технічних досягнень, збільшенню потужності вітроелектростанцій, що об'єднують ряд ВЕУ, вже на початку ХХІ ст. собівартість електроенергії, яка виробляється ВЕС, знизилась до 6–7 центів за кВт·год і практично зрівнялася із собівартістю електроенергії ТЕС, а з урахуванням додаткових витрат, пов'язаних з екологічними факторами, буде нижча. Питомі капіталовкладення, які приходяться на 1 кВт встановленої потужності, на потужних ВЕУ (порядку 1000 дол./кВт) менше, ніж на вугільних ТЕС.

Подальше зниження вартості й підвищення ефективності ВЕС досягаються збільшенням потужності ВЕУ і ВЕС, зростанням техніко-економічних показників ВЕУ при впровадженні нових науково-технічних рішень.

Тому розвиток ВЕС прямує шляхом як збільшенням одиничної потужності ВЕУ, так і їх кількості в складі ВЕС і відповідно в цілому потужності ВЕС. Модульна компановка ВЕС при збільшенні одиничної

потужності за останні роки до 5 МВт і більше створює сприятливі умови для їх роботи в об'єднаних енергосистемах, дозволяє підвищити їх надійність і ефективність.

Найважливіший показник – коефіцієнт використання встановленої потужності (КВВП) – зріс до 25%, а за прогнозами до 2030 р. може досягнути 30%.

Широкий розвиток отримало будівництво ВЕС на шельфі у прибережних в основному мілководних акваторіях в Данії, Нідерландах, Швеції, Великобританії та інших країнах.

У Канаді розглядається можливість будівництва ВЕС потужністю 0,7 млн. кВт на озері Онтаріо. За прогнозами до 2010 р. виробництво електроенергії на шельфових ВЕС складе до 8% загального виробництва електроенергії на ВЕС.

У 2007 р. загальна потужність ВЕС у світі склала 94 млн. кВт з виробленням біля 200 млрд. кВт·год (1,2% світового виробництва електроенергії), в країнах ЄС – 57 млн. кВт з виробленням більше 3,3% всієї електроенергії, в тому числі в Німеччині – 22,2 млн. кВт (з виробленням біля 6% всієї електроенергії), Іспанії – 15,1 млн. кВт, Данії – 3,1 млн. кВт, Італії – 2,7 і Франції – 2,5 млн. кВт, а у США – 16,8 млн. кВт (зі збільшенням у 2008 р. до 25,1 млн. кВт), в Китаї – 6,0 млн. кВт (зі збільшенням у 2008 р. до 12,2 млн. кВт), в Індії – 8 млн. кВт.

У світі в середньому щорічний приріст потужності ВЕС наблизився до 30%.

За прогнозами до 2016 р. потужність ВЕС досягне 170 млн. кВт. У країнах, які є лідерами у використанні енергії вітру, до 2030 р. частка електроенергії, що виробляється на ВЕС, може досягнути: в Данії – до 50% загального вироблення, в Німеччині – до 30%, у США – до 20%.



Будівництво прибережної вітрової електростанції в Німеччині

Завдяки своїй доступності енергія вітру знаходить широке використання в малій вітроенергетиці, в локальних системах енергопостачання споживачів.

В Україні є необхідність і існують умови для швидкого розвитку вітроенергетики. Однак Україна за рівнем використання енергії вітру знаходиться на 14-му місті серед країн Європи.

Найбільша в Україні Тарханкутська ВЕС розташована на мисі Тарханкут у Криму і введена в експлуатацію в 2001 році. На кінець будівництва її проектна потужність складе 70 МВт, а кількість вітроустановок буде доведена до 700. У 2008 році станція включала 127 вітроустановок типу USW56-100 загальною установленою потужністю 13,5 МВт і чотири – типу Т600-48 потужністю 1,8 МВт.



Тарханкутська вітроелектростанція в Криму (Україна)

Існує інвестиційний проект компанії «ЄвроУкрВінд» з будівництва Західно-Кримської ВЕС потужністю 200 МВт на основі використання інфраструктури, персоналу і земельної ділянки Тарханкутської ВЕС.

Загальна потужність всіх ВЕС України в 2007 р. склала 87 МВт. За 2008 р. тільки кримськими ВЕС виробництво електроенергії склало порядку 27 млн. кВт·год. Розроблені НАН України разом з Національним космічним агентством України (НКАУ) «Доповнення до Енергетичної стратегії України на період до 2030 р. в частині розвитку вітроенергетики» передбачають до 2030 р. побудувати в Україні ВЕС загальною потужністю 16000 МВт. Планується будівництво системи ВЕС на територіях п'яти регіонів: в Криму, в Миколаївській, Херсонській, Донецькій і Запорізькій областях.

4.3. Біоенергетика

Одним з найбільш розповсюджених джерел енергії є біомаса, яка використовується в біоенергетиці й за оцінками Світової енергетичної ради в XXI столітті буде одним з найважливіших відновлювальних джерел енергії.

4.3.1. Енергетичні ресурси біомаси

Біомаса є одним з найдавніших джерел енергії, однак її використання до недавнього часу зводилося до прямого спалювання при відкритому вогні або в печах і топках з відносно низьким к.к.д. Під біомасою розуміються органічні речовини, які утворюються в рослинах в результаті фотосинтезу і можуть бути використані для отримання енергії, включаючи всі види рослинності, рослинні відходи сільського господарства, деревообробної та інших видів промисловості. У більш широкому розумінні до біомаси відносять також побутові й промислові відходи не завжди рослинного походження, але для яких характерні однакові принципи їх утилізації.

Використання біомаси для отримання енергії на основі сучасних технологій є екологічно значно більш безпечним в порівнянні з енергетичним використанням традиційних органічних ресурсів, таких як вугілля.

Потенціальні ресурси рослинної біомаси, які можуть бути використані в якості джерела енергії, досягають 100 млрд. т у.п. У теперішній час у світовому енергобалансі рослинна біомаса (в основному дрова) не перевищує 1 млрд. т у.п. (біля 12%).

З використанням сучасних технологій частка біомаси в світовому енергобалансі може значно зрости.

Біомаса грає суттєву роль в енергобалансах промислово розвинених країн: у США її частка складає 4%, в Данії – 6%, в Канаді – 7%, в Австрії – 14%, в Швеції – 16% загального споживання первинних енергоресурсів цих країн.

У світі в 2004 р. встановлена потужність електростанцій на біомасі склала 39 млн. кВт.

У плані використання біомасу можна розділити на дві основні групи: первинна біомаса і вторинна. Джерелом первинної біомаси є наземний і водний рослинний світ, вторинної – відходи біомаси, що утворюються після

збирання і перероблення первинної біомаси в товарну продукцію, і відходи, обумовлені життєдіяльністю тварин і людей.

Згідно с цим біоенергетика забезпечує отримання енергії шляхом використання біомаси, включаючи:

- продукти лісу у вигляді відходів лісозаготівель і лісопереробки;
- сільськогосподарські відходи, які підрозділяються на рослинні відходи сільськогосподарських культур (солома злакових культур, стеблі кукурудзи, соняшника тощо) і тваринні відходи (гній і гнійні стоки тощо);
- водну рослинну біомасу (водорості, макрофіти тощо);
- промислові й міські відходи (тверді побутові відходи, відстої міських і промислових стічних вод тощо), утилізація яких дозволяє вирішувати важливі екологічні та соціальні проблеми.



Електростанція на біомасі у Данії



Пилевугільна станція «Куміярві» (Фінляндія), де одночасно спалюється сміття з вугіллям при роздільній їх подачі

4.3.2. Біоенергетичні технології

Найбільш ефективними технологіями використання біомаси в біоенергетиці є пряме спалювання; піроліз; газифікація; анаеробна ферментація з утворенням метану; виробництво спиртів і масел для отримання моторного палива.

Технології використання біомаси постійно вдосконалюються, забезпечуючи отримання енергії в придатній для споживача формі й з максимально можливою ефективністю.

У загальному випадку енергія з органічних відходів отримується або фізичними, або хімічними чи мікробіологічними методами.

Фізичним методом енергію отримують шляхом спалювання органічних відходів.

Основою хімічного метода є використання процесів піролізу і газифікації.

Найрозповсюдженішим у світі є мікробіологічний метод безвідходного виробництва – отримання біогазу анаеробним зброджуванням. Дуже цінним продуктом виробництва біогазу є отримання високоякісних органічних добрив.

Класифікація технологій з поетапним перетворенням біомаси в енергетичні продукти представлена на рис 4.20.

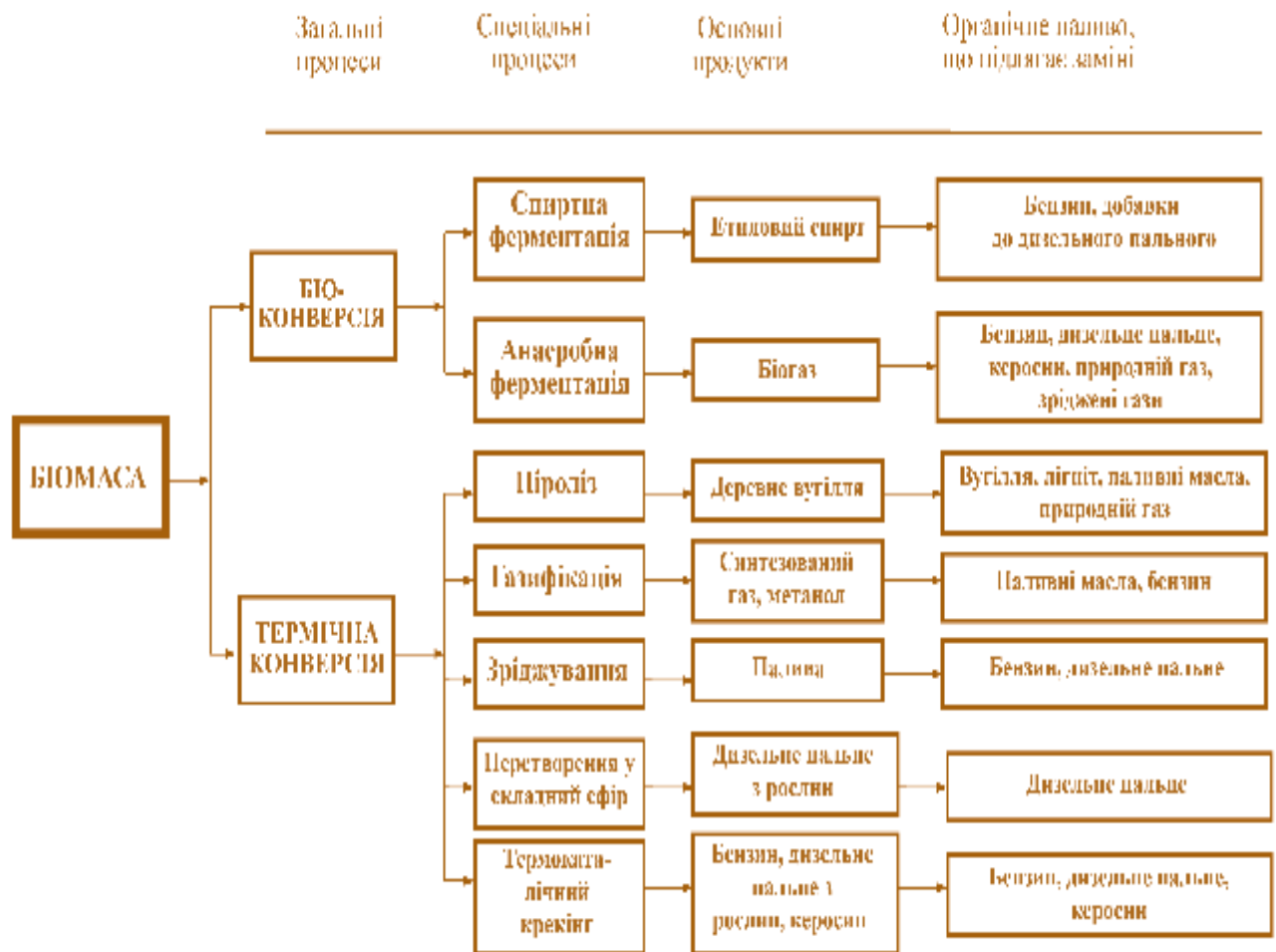


Рис.4.20 - Класифікація технологій перетворення енергії біомаси

Пряме спалювання біомаси в атмосфері повітря або кисню – один з найбільш старих методів отримання теплової енергії. Однак існує ряд проблем при його практичному використанні, головною з них є досягнення найбільш повного згоряння палива, в результаті якого утворюються діоксин вуглецю і вода, що не завдає шкоди довкіллю. До технічних пристроїв, які використовуються для прямого спалювання біомаси, відносяться печі, топки, камери згоряння. Біомаса може використовуватися шляхом прямого

спалювання в енергетичних установках у факелі, киплячому або ущільненому шарі з подальшим отриманням теплової і електричної енергії. Основна промислова технологія цього напрямку – пряме спалювання в котлі й генерація електроенергії в паротурбінній установці.

Піроліз біомаси – хімічне перетворення одних органічних сполук в інші під дією теплоти або так звана суха перегонка без доступу окислювачів (кисню, повітря). Розроблений ряд технологічних процесів піролізу біомаси, експлуатаційні умови кожного з них визначаються природою сировини, методами переробки і заданими продуктами виробництва. Характеристика продуктів піролізу залежить від типу сировини і умов проведення процесу. Основними продуктами піролізу можуть бути вуглиста речовина, паливна рідина, паливні гази, причому часто технологічний процес орієнтований на переважне отримання одного з продуктів піролізу.

Газифікація біомаси – це перетворення твердих відходів біомаси в горючі гази шляхом неповного їх окислення повітрям (киснем, водяною парою) при високій температурі. Газифікувати можна практично будьяке паливо, в результаті чого отримують генераторні гази, які мають значний діапазон використання – як паливо для отримання теплової енергії в побуті та різних процесах промисловості, в двигунах внутрішнього згорання, як сировина для отримання водню, аміаку, метилового спирту і синтетичного рідкого палива. Не дивлячись на значні різновиди способів газифікації, всі вони характеризуються одними і тими ж реакціями.

Газифікатори мають різну продуктивність з різним виходом енергії в паливному газі. Низькокалорійний газ може бути отриманий газифікацією різних видів біомаси – органічних компонентів твердих міських відходів, відходів лісу, сільськогосподарських відходів.

Ефективним є використання установок газифікації біомаси на газотурбінних і парогазових електростанціях.

Анаеробна ферментація біомаси. У процесі анаеробної ферментації складні органічні речовини розкладаються на CO_2 і CH_4 з утворенням біогазу

у вигляді суміші вуглекислого газу і метану, причому на частку метану може припадати до 70%. Технологічний процес анаеробного зброджування біомаси відбувається без надходження кисню в спеціальних реакторах-метантенках, конструкція яких забезпечує максимальне виділення метану. Особливо важливим в процесі анаеробного зброджування є створення оптимальних технологічних умов в реакторіметантенку: температури, надходження кисню, достатньої концентрації живильних речовин, допустимого значення рН, відсутності або низької концентрації токсичних речовин.

Найбільш ефективними вважаються біореактори, що працюють в термофільному режимі 43–62°C. На таких установках з триденною ферментацією гною вихід біогазу складає 4,5 л на кожний літр корисного об'єму реактора. Порівняльні енергетичні показники традиційних енергоносіїв і біогазу наведені в табл.4.4.

Таблиця 4.4 - Порівняльні енергетичні показники традиційних енергоносіїв і біогазу

Продукт	Одиниці вимірювання	Еквівалент 1 м ³ неочищеного біогазу 23 МДж/м ³	Еквівалент 1 м ³ очищеного біогазу 35,2 МДж/м ³
Електроенергія	кВт·ч	0,62	0,94
Природний газ	м ³	0,61	0,93
Вугілля	кг	0,82	1,25

Сучасні біогазові анаеробні установки складаються з таких основних систем:

- системи підготовки і подачі сировини в біореактор;
- біореактора (метантенка) із системою підтримання постійної температури та іншими комплектуючими пристроями;
- системи зберігання і використання біогазу;
- системи вивантаження і транспортування шламу.

Схема найпростішої біогазової анаеробної установки для індивідуального господарства зображена на рис.4.21.

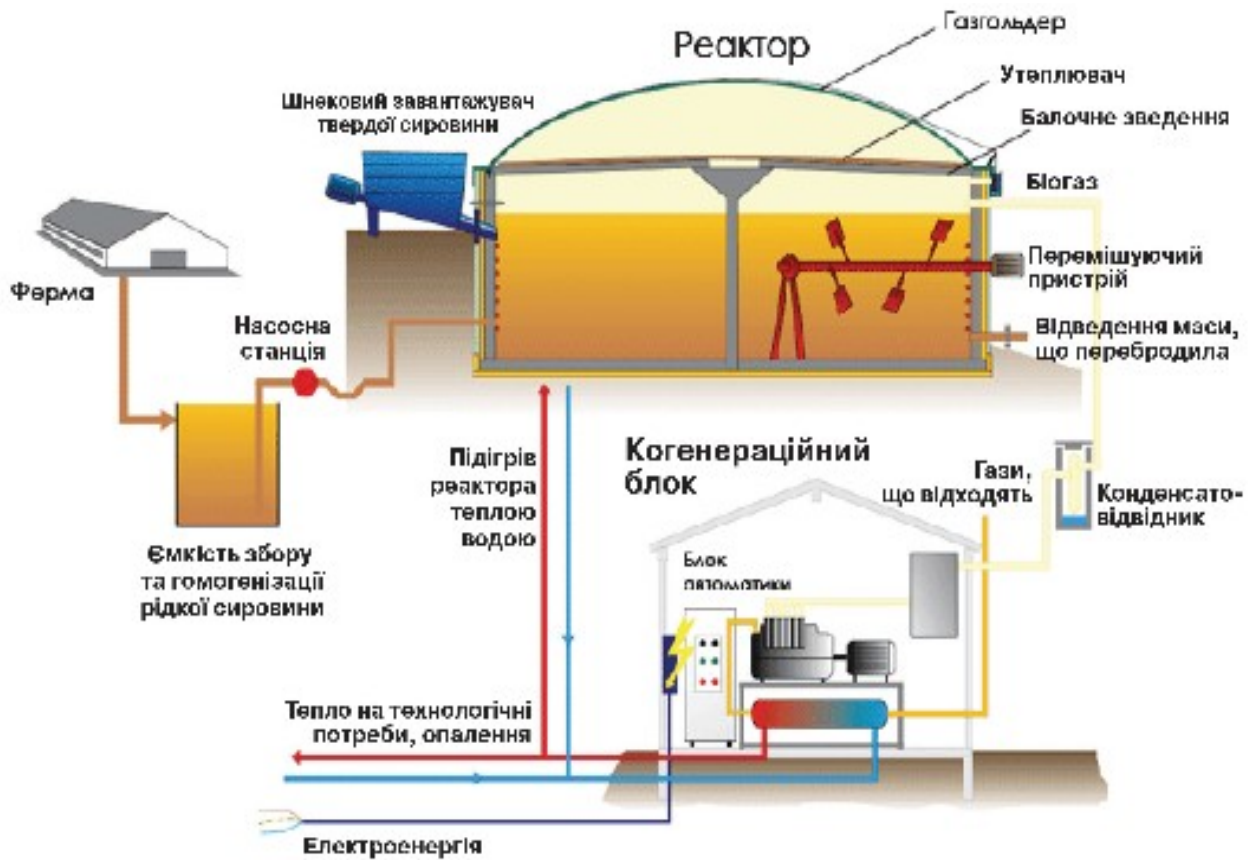


Рис.4.21 - Схема біогазової установки

Становить інтерес вирощування і використання в метантенках водяної рослинної біомаси для отримання біогазу. Однією з найбільш продуктивних водоростей є бура водорість макроцистис, розповсюджена в прибережній зоні морів і океанів, врожайність якої складає 450–1200 т сирої маси є 1 га. З кожної тонни широко відомої хлорели можна отримати 22 кДж енергії. Високою врожайністю характеризуються морські водорості дуналієла, водяний гіацинт, червона водорість тощо.

У біоенергетиці України може бути використаний значний енергетичний потенціал біомаси, в тому числі існуючий в сільському господарстві надлишок соломи і стеблів сільськогосподарських рослин, що складають біля 20 млн. т, для опалювальних котелень, розташованих в

сільській місцевості (споживаючих біля 2,9 млн. т у. п. за рік), а також для промислових енергетичних установок.

Ефективним шляхом є виробництво і використання біогазу при переробці рослинної і тваринної біомаси.

Іншим джерелом біомаси є звалища сміття. Потенціальні можливості отримання біогазу зі звалищ можуть складати 1,6 млн. т у. п. Сировиною, з якої можна отримати біогаз, можуть бути практично всі відходи, до складу яких входять органічні компоненти.

4.4. Мала гідроенергетика

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 залежності від умов створення напору ГЕС використовуються основні схеми: гребельна, дериваційна, змішана.

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.

Ряд малих ГЕС побудовано на р. Південний Буг, в тому числі одна з них – у районі м. Ладизин Вінницької області (рис.4.22).



Рис.4.22 - Загальний вигляд малої Ладжинської ГЕС потужністю 7,5 МВт на р. Південний Буг в Україні

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.

4.5. Припливні електростанції

Енергія припливів використовувалася людьми здавна у вигляді припливних млинів на узбережжі Великобританії, Франції, Іспанії, Росії, Канади, США та інших країн. Такі установки виконувалися шляхом утворення басейну при перекритті греблями невеликих бухт, де розташовувалися колеса млинів, які оберталися під час відпливу. Діаметри колес досягали 6 м. У Великобританії подібна установка під арками Лондонського мосту з 1580 р. на протязі 250 років качала прісну воду для водопостачання.

Особливістю припливних електростанцій (ПЕС) є використання ними природної відновлювальної енергії морських припливів, природа яких пов'язана з припливоутворюючою силою, що виникає при гравітаційній взаємодії Землі з Місяцем і Сонцем. Для водяної оболонки Землі практичне значення має лише горизонтальна складова припливоутворюючої сили. Через

близькість Місяця до Землі величина припливу під дією Місяця у 2,2 раза більша сонячного.

На узбережжях морів і океанів найбільш часто зустрічається півдобовий приплив, в якого за добу Місяця (24 години 50 хвилин) максимальна хвиля припливу приходиться двічі.

Величина припливу A визначається різницею рівня води при максимальному підйомі та мінімальному зниженні за період припливу. Максимальне відхилення від середнього рівня моря називається амплітудою припливу, рівною 0,54.

Нерівномірність припливних коливань на протязі місячного місяця характеризується зміною величини припливу від Амакс (сигізія) до Амін (квадратура).

Закономірність зміни припливів всередині місяця, викликана рухом Місяця і Сонця, залишається практично незмінною для всіх місячних місяців року. Середнє значення величини припливу для всіх однойменних діб місячного місяця також є практично незмінним у річному багаторічному розрізі. Відмінною особливістю припливної енергії є і незмінність величини середньомісячної енергії для будь-якого року.

Амплітуди і форми припливно-відпливних хвиль на різних узбережжях Світового океану суттєво різняться, що пов'язано із такими факторами, як глибина, конфігурація берегової лінії тощо. Так, максимальна величина припливу Амакас, що склала 19,5 м, спостерігалась у Канаді в затоці Фанді на узбережжі Атлантичного океану, 16,3 м – у Великобританії в поймі р. Северн, 14,7 м – на півночі Франції, 11,0 м – у Росії в Пенжинській затоці Охотського моря.

ПЕС «Ля Ранс» побудована в естуарії (широкій воронкоподібній поймі) р. Ранс (Північна Бретань), має велику греблю, її довжина складає 800 м. Гребля також слугує мостом, по якому проходить високошвидкісна траса, котра з'єднує міста Св. Мало і Динард. Потужність станції складає 240 МВт.



Рис.4.23 - Перша у світі припливна електростанція «Ля Ранс», Франція

Для спорудження ПЕС необхідні сприятливі природні умови, що включають: значні припливи ($A > 3-5$ м); контур берегової лінії (бажано з утворенням затоки), який дозволяє відділити від моря басейн для роботи ПЕС при мінімальній довжині та висоті перегороджуючої греблі, сприятливі геологічні умови її підмурку.



Рис.4.24 - Дамба припливної електростанції «Ля Ранс»

Загальний потенціал, можливої для використання припливної енергії, у всьому світі орієнтовано оцінюється за потужністю в 1 млрд. кВт, а за виробленням – 2000 млрд. кВт·год.

На сьогодні у світі експлуатуються з 1967 р. ПЕС «Ля Ранс» (Франція) потужністю 240 МВт, з 1968 р. Кислогубська ПЕС (Росія) потужністю 0,4 МВт, з 1984 р. ПЕС Аннаполіс (Канада) потужністю 20 МВт, 5 невеликих ПЕС в Китаї загальною потужністю 4,3 МВт, в тому числі збудована в 1985 р. ПЕС «Цзянсянь» потужністю 3 МВт, завершується будівництво ПЕС на озері Сихва в Південній Кореї потужністю 254 МВт.

Проекти потужних ПЕС розробляються:

у Великобританії – ПЕС Северн потужністю 8,6 млн. кВт, у Канаді – Кемберленд (1,15 млн. кВт) і Кобекуїд (4 млн. кВт), в Індії – ПЕС потужністю 7,4 млн. кВт в Камбейській затоці, а в Росії – Мезенська (8 млн. кВт) і Тугурська (3,6 млн. кВт), початок будівництва яких передбачається у період до 2020 р. У перспективі розглядається можливість створення гігантської Пенжинської ПЕС потужністю до 87 млн. кВт.

Для ПЕС в основному використовується найбільш ефективна одnobасейнова схема з односторонньою і двосторонньою дією. До складу споруд припливних електростанцій входять будівля для ПЕС, водопропускне спорудження і глуха гребля.

При одnobасейновій схемі двосторонньої дії досягається найбільш повна відповідність роботи ПЕС природному циклу припливів і відпливів. Схема передбачає, що на початок припливу опущені засувки відділяють басейн від моря і при досягненні необхідного мінімального напору (між рівнями моря і басейну) починають працювати турбіни, використовуючи потік води з моря в басейн, і відбувається наповнення басейну. Коли перепад між морем і басейном досягає мінімуму, відключаються турбіни, засувки піднімаються і відбувається вирівнювання рівнів у морі та басейні, після чого засувки закриваються, відділяючи басейн від моря. У період відпливу при досягненні необхідного напору (між рівнями басейну і моря) включаються турбіни і відбувається зпорожніння басейну. Потім цикл повторюється.

При роботі припливних електростанцій в енергосистемі, де спостерігається надлишок електроенергії в провальній частині графіка

навантажень, можливе використання однобасейнової схеми двосторонньої дії з помповою підкачкою, що потребує встановлення оборотних агрегатів. Ці агрегати, працюючи в помповому режимі у період провалу в графіку навантажень, збільшують об'єм води в басейні й дозволяють збільшити вироблення електроенергії при відпливі, зпрацьовуючи додатковий об'єм при збільшеному напорі.

Основний ефект такої роботи досягається шляхом кращого вписування циклу роботи ПЕС в графік навантаження енергосистеми. За такою схемою працює ПЕС «Ля Ранс».

При однобасейновій схемі односторонньої дії спрощується цикл роботи ПЕС і її робота відбувається в одному напрямі при спорожненні або заповненні басейну, причому більш ефективною є робота турбін по схемі зі спорожненням басейну. За такою схемою також може використовуватися помпова підкачка зі встановленням оборотних агрегатів. У залежності від конкретних умов для одних ПЕС більш ефективною може бути схема односторонньої дії, для других – двосторонньої.

Режим роботи ПЕС характеризується специфічними особливостями, пов'язаними з циклічністю припливів. ПЕС виробляє електроенергію протягом доби перервно у періоди припливів, які, однак, не співпадають у часі з піком у добовому графіку навантаження енергосистеми. У зв'язку з цим більш ефективна робота ПЕС в енергосистемах може бути досягнута при встановленні на них оборотних агрегатів, що дозволяє краще вписати цикл роботи ПЕС в графік навантаження енергосистеми. У цьому випадку ПЕС можуть також приймати участь в покритті пікової частини графіка навантаження.

В умовах низьких напорів на ПЕС знайшли застосування горизонтальні капсульні оборотні агрегати (ПЕС «Ля Ранс»). Останнім часом на проєктованих потужних ПЕС розглядається ефективність використання горизонтальних агрегатів з ортогональними (поперечно-струйними) гідротурбінами.

Тривалий досвід експлуатації ПЕС «Ля Ранс» потужністю 240 МВт підтвердив її ефективність при роботі в енергосистемі Франції разом з іншими електростанціями. Для оптимізації роботи ПЕС режим її експлуатації розраховувався, виходячи з параметрів природного ходу рівнів припливів, графіків навантаження енергосистеми і зміни вартості електроенергії, обмеження коливань рівнів за умовою пароплавства, природоохоронних вимог та ін. ПЕС видає гарантовану середньомісячну і середньорічну електроенергію, забезпечуючи економію палива при вартості енергії, що виробляється, нижчою, ніж на ТЕС і АЕС. Крім того, досвід експлуатації ПЕС «Ля Ранс» і моніторинг оточуючого середовища у зоні її впливу показали можливість зменшення негативних факторів і відповідне покращення умов, включаючи захист від штормового впливу.

Тривалий досвід експлуатації цих ПЕС показав їх роботоздатність і ефективність. У багатьох країнах, узбережжя яких омивається океанами, ведуться роботи з використання припливної енергії.

Виконання широкомасштабних робіт зі створення нових технологій і обладнання для ПЕС, застосування наплавного методу будівництва і нового гідроагрегату з ортогональною турбіною з к.к.д. до 70%, що являє собою поперечно-струйну турбіну, здатну обертатися в одну сторону при припливах і відпливах, дозволяє значно знизити капітальні вкладення і підвищити економічну ефективність ПЕС.

Другий варіант ПЕС дозволяє взагалі обходитися без греблі: на дні моря недалеко від берега встановлюються генератори з лопатями (подібно вітрякам), які обертаються водою, що рухається під час припливів/відпливів. Перша в світі комерційна припливна електростанція «SeaGen», розроблена компанією «Marine Current Turbines» (МСТ), встановлена в Північній Ірландії у вузькій морській затоці ЛохСтренгфорд, швидкість потоку води в припливі й відпливі в якій може перевищувати чотири метра за секунду, і підключена до національних енергомереж. Її потужність 1,2 МВт.



Рис.4.25 - Припливна електростанція в Північній Ірландії

Ефективність використання відновлювальної енергії потужних ПЕС може бути досягнута в умовах об'єднаних систем при роботі разом з ТЕС, АЕС, ГЕС і ГАЕС, завдяки чому при переривистій роботі ПЕС у добовому циклі може забезпечуватися її оптимальне вписування у графік навантаження енергосистеми. Так, у період вироблення максимальної потужності ПЕС (при максимальній величині припливу) ГЕС з регулюючими водосховищами можуть відповідно знизити свою потужність і за рахунок цього збільшити потужність та вироблення енергії у період пікової частини графіка навантажень, у період роботи в помповому режимі ПЕС використовує надлишкову енергію ТЕС і АЕС.

4.6. Використання гідравлічної енергії течій

В останні десятиріччя проводяться широкомасштабні дослідження практичного використання значного потенціалу течій в морях і океанах, які

підрозділяють на неперіодичні, мусонні (пассатні) й припливновідпливні. З них в першу чергу розглядається можливість використання енергії головних неперіодичних течій (Гольфстрим, Куросіо та ін.), сумарний енергетичний потенціал яких за різними методиками оцінюється від 5 до 300 млрд. кВт. Такі різкі розходження в оцінках можна пояснити різницями в методиках розрахунку, відсутністю достатньо обґрунтованих уявлень відносно можливих параметрів використання енергії течій, екологічних наслідків, а також відсутністю практичного досвіду.

Попередньо оцінюється можливість використання до 1–2% енергії течій в морях і океанах без негативних екологічних наслідків. Суттєвими позитивними факторами використання їх енергії є висока забезпеченість їх потужності, закономірність зміни потужності в часі протягом року.

Так, течії Гольфстрім і Куросіо несуть відповідно 83 і 55 млн. м³/с води, а, наприклад, енергетична потужність флоридської течії (частини Гольфстріму) на східному узбережжі США з витратою 30 млн. м³/с оцінюється потужністю біля 20 млн. кВт.

Також може використовуватися енергія мусонних течій, наприклад Сомалійської течії, яка омиває узбережжя Східної Африки та ін., енергія припливно-відпливних течій.

Запропоновано різні типи потужних енергетичних установок для використання енергії безнапірних потоків океанських течій (рис.4.26), а також невеликих установок для використання енергії течій в річках і каналах.

У більшості запропонованих установок використовуються лопатеві робочі колеса з вертикальною або горизонтальною віссю обертання, занурені в потік під рівень води. У варіанті установки з розташуванням горизонтальної вісі обертання вздовж потоку робоче колесо має вигляд вітроколеса або колеса осьової гідравлічної турбіни. Установка розміщується біля дна моря на жорсткій опорі або розкріплюється в потоці за допомогою тросів і якорів.

Наприклад, в проекті використання енергії океанських течій у флоридській заплаві (США) передбачається розміщення 242 підводних установок потужністю 83 МВт кожна.

Недоліком таких установок є низька концентрація енергії, у зв'язку з чим вони характеризуються великими розмірами, високою матеріалоємністю і питомою вартістю.

Окрім установок для використання енергії течій безнапірних потоків, можуть використовуватися установки для перетворення енергії напірних потоків (у трубопроводах систем водопостачання, каналізації тощо). Для цього в трубопроводах можуть розташовуватися агрегати, які включають гідравлічну турбіну і генератор.

4.7. Хвильові електростанції

У теперішній час знаходять практичне використання установки з використання енергії хвиль в морях і океанах, сумарна потужність яких за



різними методиками оцінюється в більше ніж 100 млрд. кВт.

За середньою висотою хвиль у Світовому океані 2,5 м і періоді 8 с питомий потік енергії, який припадає на 1 м фронту хвилі, складає 75 кВт/м. Питомий потік енергії вітрових хвиль, наприклад, в морях країн СНД (кВт/м):

Азовське – 3, Чорне – 6–8, Каспійське – 7–11, Охотське – 12–20, Берингове – 15–44, Баренцове – 22–29, Японське – 21–31, а сумарна потужність хвиль, набігаючих на узбережжя (в межах СНД), складає (млн. кВт): на Чорному морі – 14,7, Каспійському – 67,5, Баренцовому – 56, Охотському – 129.

До позитивних факторів хвильової енергії відносяться значний сумарний потенціал, збільшення потужності в осінньо-зимовий період, коли зростає споживання електроенергії, а до недоліків – її переривчатість.

У різних країнах експлуатується велика кількість навігаційних буїв, які використовують енергію хвиль. У 1985 р. в Норвегії були введені в дію і підключені до енергосистеми дві перші в світі дослідно-промислові хвильові електростанції.

Хвильові гідроенергетичні установки складаються з трьох основних частин – робочого тіла (або водоприймача), силового перетворювача з генератором енергії і системи кріплення.

Робоче тіло (тверде, рідинне або газоподібне), безпосередньо контактуючи з водою, переміщується під дією хвиль або змінює тим чи іншим шляхом умови їх розповсюдження. Як робоче тіло можуть використовуватися поплавки, водоприймальні камери, еластичні труби, хвильовідбійні споруди тощо.

Силовий перетворювач призначений для перетворення енергії, яка запасасться робочим тілом (механічної енергії руху твердого тіла, перепаду рівнів води в басейнах, тиску повітря або рідини), в енергію, придатну для передачі на відстань або для безпосереднього використання. Як силові перетворювачі можуть використовуватися гідравлічні або повітряні турбіни, водяні колеса, зубчаті або ланцюгові передачі та інші пристрої.



Рис.4.26 - Хвильова електростанція «Oceanlinx» (Австралія)



Рис.4.26 - Хвильова електростанція в районі м. Агусадор (Португалія)

Система кріплення забезпечує утримання на місці хвильової установки.

Різні типи хвильових установок відрізняються тією складовою енергії вітрових хвиль (різновидом кінетичної або потенціальної енергії), яку робоче тіло установки перетворює в інший вид енергії.

Однією з найбільш ефективних вважається пневматична хвильова електростанція. Основною частиною такої установки є камера, нижня відкрита частина якої занурена під найнижчий рівень води (ложбина хвилі). При підніманні й опусканні рівня води в морі в камері відбувається циклічне стискання і розширення повітря, рух якого через систему клапанів приводить до обертання повітряної турбіни. Така система широко використовується в світі для живлення електроенергією навігаційних буїв.

Одна з перших в світі хвильових електростанцій потужністю біля 500 кВт у Норвегії також являє собою пневматичну хвильову установку, основною частиною якої є камера з нижньою відкритою частиною, зануреною під найнижчий рівень поверхні води.

Друга з двох перших в світі хвильових електростанцій потужністю 450 кВт в Норвегії, яка використовує ефект набігання хвилі на пологому звужувальну поверхню (конфузорний схил), включає розташований у фіорді звужувальний канал довжиною 147 м з турбінним водоприймачем,

розташованим на 3 м вище середнього рівня моря. Установки такого типу, розташовані на березі, мають переваги перед іншими типами хвильових установок, виключаючи складності, пов'язані з їх обслуговуванням і ремонтом.

Одна з успішніших на даний момент спроба ефективно переробляти енергію океанських хвиль – хвильова електростанція «Oceanlinx» в акваторії міста ПортКембл (Австралія). Вона була введена в експлуатацію ще в 2005 році, потім була демонтована для реконструкції і переобладнання і тільки на початку 2009 р. знову запущена в дію.

Принцип її роботи полягає в тому, що хвилі, які проходять через неї, поштовхами заповнюють водою спеціальну камеру, витискаючи повітря, що існує в цій камері. Повітря під тиском проходить через турбіну, обертаючи її лопаті. У зв'язку з тим, що напрям руху хвиль і їх сила постійно змінюються, на станції «Oceanlinx» використовується турбіна Denniss-Auld з регулюючим кутом повороту лопатей. Одна силова установка станції «Oceanlinx» має потужність (в піковому режимі) від 100 кВт до 1,5 МВт. Установка в Порт-Кембл поставляє в електромережу міста 450 кВт електрики.

У вересні 2008 року в містечку Агусадор (Португалія) для забезпечення місцевих жителів електроенергією була введена в дію комерційна хвильова електростанція. Проект був створений англійською компанією «Pelamis Wave Power», яка давно експериментує з енергією океанів. Поки на станції працюють тільки три перетворювача хвильової енергії – змієподібні пристрої, наполовину занурені у воду. Діаметр кожного перетворювача – 3,5 метра, довжина 140 метрів. Саме вони конвертують силу хвиль в електрику. Принцип дії перетворювачів простий: хвилі піднімають і опускають їх секції, а внутрішня гідравлічна система створює опір руху, на основі чого виробляється електрика, яка кабелями подається на берег.

Зараз потужність станції 2,25 МВт. Через деякий час буде добавлено ще 25 перетворювачів і тоді потужність станції зросте до 21 МВт, що достатньо для живлення 15 тис. домів.

Хвилі світу можуть генерувати 2 теравати енергії, що приблизно в 2 рази перевищує об'єм всієї електроенергії, яка виробляється. Природно, кількість енергії, що виробляється, залежить від сили хвиль, яка, як відомо, непостійна в часі. Але ресурс, який використовується хвильовою електростанцією, абсолютно відновлювальний.

4.8. Геотермальна енергетика

Вираз «геотермальна енергетика» буквально означає, що це енергія тепла Землі («гео» – земля, «термальна» – теплова). Основним джерелом цієї енергії слугує постійний потік теплоти з розжарених надр, направлений до поверхні Землі. Земна кора отримує теплоту в результаті тертя ядра, радіоактивного розпаду елементів (подібно торію і урану), хімічних реакцій. Постійні часу цих процесів настільки великі відносно часу існування Землі, що неможливо оцінити, збільшується чи зменшується її температура.

Запаси геотермальної енергії величезні. Геотермальна енергія в ряді країн (Угорщина, Ісландія, Італія, Мексика, Нова Зеландія, Росія, США, Японія) широко використовується для теплопостачання, вироблення електроенергії. Так, в Ісландії за рахунок геотермальної енергії забезпечується 26,5% вироблення електроенергії.

У 2004 р. в світі сумарна потужність геотермальних електростанцій склала біля 9 млн. кВт, а геотермальних систем теплопостачання – біля 20 млн. кВт (теплових). За прогнозами потужність геоТЕС може становити біля 20 млн. кВт, а вироблення електроенергії – 120 млрд. кВт·год.

Розрізняють п'ять основних типів геотермальної енергії:

- нормальне поверхнєве тепло Землі на глибині від декількох десятків до сотень метрів;
- гідротермальні системи, тобто резервуари гарячої або теплої води, в більшості випадків самовиливної;

- парогідротермальні системи – родовища пари і самовиливної пароводяної суміші;
- петрогеотермальні зони або теплота сухих гірничих порід;
- магма (нагріті до 1300°C розплавлені гірничі породи).



Геотермальна енергія забезпечує теплом столицю Ісландії Рейк'явік. Вже в 1943 р. там були пробурені 32 свердловини на глибину від 440 до 2400 м, якими до поверхні піднімається вода з температурою від 60 до 130°C. Дев'ять з цих свердловин діють і по цей день.

Таблиця 4.5 - Сфера використання термальних вод

Температура термальної води, °C	Сфера використання
37–50	Бальнеологія
50–70	Дрібномасштабна теплофікація, гаряче водопостачання, технологічне використання води
70–120	Крупномасштабна теплофікація (міста і великі сільськогосподарські об'єкти), комплексне багатоцільове використання вод у міру вироблення теплового потенціалу
120–170	«Мала» електроенергетика з використанням робочих речовин типу фреону, аміаку та ін.
170–220	«Середня» електроенергетика з прямим використанням пароводяної суміші
Більше 220	«Велика» електроенергетика на природній сухій парі

Серед родовищ глибинної теплоти Землі існують термоаномальні зони родовищ теплоти, які мають підвищений геотермальний градієнт в насичених

водою проникаючих гірничих породах. Таким чином, проявленням геотермальної теплоти, що має практичне значення, є запаси гарячої води і пари в педземних резервуарах на відносно невеликих глибинах і гейзери, які виходять на поверхню.

Геотермальні води класифікують за температурою, кислотністю, рівнем мінералізації, жорсткістю.

Основними показниками придатності геотермальних джерел для використання є їх природна температура, згідно з якою вони підрозділяються на низькотермальні води з температурою 40–70°C, середньотермальні з температурою 70–100°C, високотермальні води і пара з температурою 100–150°C, парогідротерми і флюїди з температурою вище 150°C.



У США в Долині гейзерів розташовано 19 геоТЕС загальною потужністю 1300 МВт. Найпотужніша у світі геоТЕС (50 МВт) побудована також в США – геоТЕС Хебер.

Придатність термальних вод для тієї або іншої сфери використання ілюструється табл.4.5.

Геотермальні електростанції (геоТЕС) мають ряд особливостей:

- постійний залишок енергоресурсів, що забезпечує використання повної встановленої потужності обладнання геоТЕС;

- достатньо простий рівень автоматизації;
- наслідки можливих аварій обмежують;
- питомі капіталовкладення і собівартість електричної енергії в основному можуть бути нижчими, ніж на електростанціях, які використовують інші відновлювальні джерела енергії.

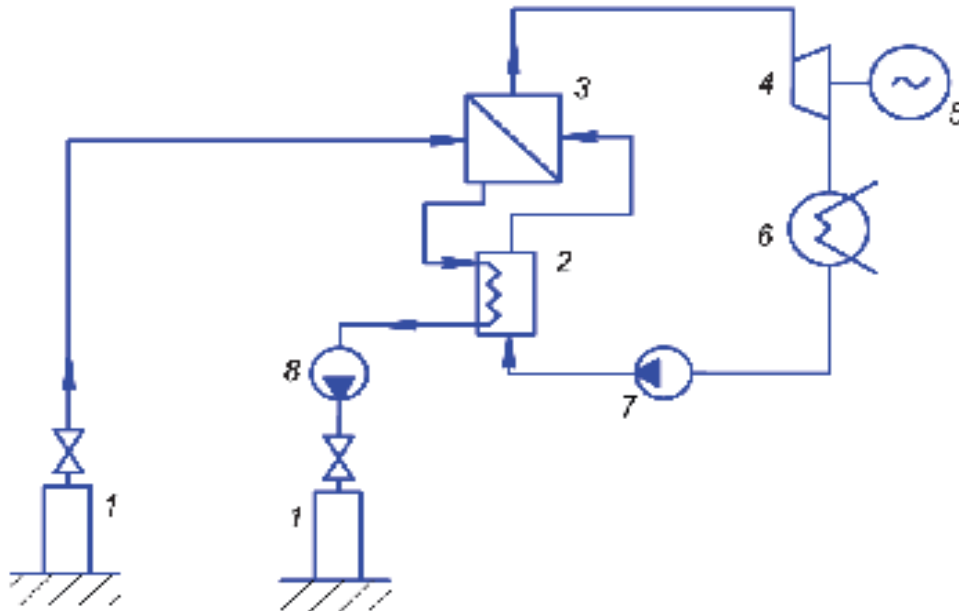


Рис.4.27 - Принципова схема двоконтурної геоТЕС: 1 – свердловина; 2 – теплообмінник; 3 – парогенератор; 4 – турбіна; 5 – електрогенератор; 6 – конденсатор з повітряним охолодженням; 7 – конденсатна живильна помпа; 8 – нагнітальна помпа ся територією станції.

ГеоТЕС можна розділити на три основні типи:

- станції, які працюють на родовищах сухої пари;
- станції з пароутворювачем, які працюють на родовищах гарячої води під тиском;
- станції з бінарним циклом, в яких геотермальна теплота передається вторинній рідині (наприклад фреону або ізобутану) і відбувається класичний цикл Ренкіна.

Найбільший ефект має місце при комбінованих схемах використання геотермальних джерел як теплоносія для підігрівання води і вироблення електроенергії на теплових електростанціях, що забезпечує значну економію органічного палива і збільшує к.к.д. перетворення низькопотенційної енергії.

Такі комбіновані схеми дозволяють використовувати для вироблення електроенергії теплоносії з початковими температурами вище 70–80°C.

Сьогодні 58 країн використовують тепло своїх геотермальних ресурсів не тільки для виробництва електроенергії, а й безпосередньо у вигляді тепла: для обігрівання ванн і басейнів – 4%; для опалення – 23%; для теплових pomp – 12%; для обігрівання теплиць – 9%; для підігріву води в рибних господарствах – 6%; в промисловості – 5%; для сушіння сільгосппродуктів, таяння снігу і кондиціювання – 1%; для інших цілей – 2%.

ГеоТЕС, побудовані в США, Італії, Росії та інших країнах, за питомими капіталовкладеннями і вартістю електроенергії можуть конкурувати із сучасними ТЕС і АЕС.

У 2008 р. в світі встановлена потужність електрогенеруючих геотермальних установок склала біля 11 млн. кВт з виробленням біля 55 млрд. кВт·год.



Рис.4.28 - Геотермальна електростанція в Ісландії

За різними прогнозами потужність геотермальних станцій до 2030 р. зросте до 40–70 млн. кВт.

В Україні існують значні ресурси геотермальної енергії. Родовища геотермальних вод, придатних до промислового освоєння в Україні,

розташовані в Закарпатській, Миколаївській, Одеській, Херсонській областях і в АР Крим. Найперспективнішими для використання геотермальних ресурсів є Карпатський регіон і Крим. Менш значимий потенціал геотермальних вод існує в Полтавській, Харківській, Сумській і Чернігівській областях. Річний технічний потенціал геотермальної енергії оцінюється як еквівалентний 12 млн. т у. п., що забезпечує перспективність розвитку геотермальної енергетики в країні.

4.9. Перспективи розвитку відновлювальної нетрадиційної енергетики

Активні науково-технічні розробки з використання нетрадиційних відновлювальних джерел енергії (ВДЕ) розпочались з 70-х років ХХ ст. у період світової енергетичної кризи.

ВДЕ використовуються як у розвинених, так і в країнах, що розвиваються. Великих успіхів в освоєнні ВДЕ досягли країни, де відновлювальна енергетика дістала всебічну державну економічну й законодавчу підтримку, а у розвиток ВДЕ вкладаються значні кошти, в тому числі у розвиток нових технологій.

На початку ХХІ ст. частка всіх відновлювальних джерел енергії (включаючи традиційну гідроенергетику, дрова) у світовому енергоспоживанні склала біля 14%, а у електроспоживанні – 19%.

Інтенсивне зростання використання енергії нетрадиційних ВДЕ, особливо на початку ХХІ ст., характерне для більшості розвинених й багатьох країн, що розвиваються. Так, частка електроенергії, виробленої за рахунок нетрадиційних ВДЕ, у 2006 році у країнах ЄС (у загальному виробництві): у Данії – 12,1%, Фінляндії – 13,1%, Угорщині – 4%, Греції – 2,8%, Італії – 2,8%, Іспанії – 2,8%, Німеччині (у 2007 р.) – 14,2%, що склало 87,6 млрд. кВт·год, у тому числі: малі ГЕС – 20,7 млрд. кВт·год, ВЕС – 39,5, ТЕС на біомасі і біогазі – 23,8, сонячні батареї – 3,5, геотермальні – 0,1.

Позитивний досвід країн ЄС показав, що серед різноманітних факторів, які впливають на рівень і перспективи освоєння ВДЕ, визначальну роль відіграють діючі у цих країнах системи державного економічного стимулювання. Одним із основних напрямів виконання країнами ЄС зобов'язань Кіотського протоколу із зниження викидів «парникових» газів стало масштабне освоєння ВДЕ.

Сумарна потужність енергоустановок на нетрадиційних ВДЕ у світі складає біля 4% потужностей усіх електростанцій з виробітки.



Рис.4.28 - Проект сонячної електростанції в Сахарі

Якщо проект зуміють реалізувати, то він стане найбільшим у світі. Електроенергія в Європу передаватиметься кабелем, який прокладуть через Середземне море.

Таблиця 4.6 - Використання нетрадиційних ВДЕ у 2020 р.

Джерело	Мінімальний сценарій	
---------	----------------------	--

енергії			Максимальний сценарій	
Джерело енергії	млн. т н.е.*	частка у структурі ВДЕ, %	млн. т н.е.*	частка у структурі ВДЕ, %
Біомаса з використанням сучасних технологій	243	45	561	42
Сонячна енергія	109	20	355	26
Вітрова енергія	85	16	215	16
Геотермальна енергія	40	7	91	7
Мала гідроенергетика	48	9	69	5
Енергія океанів	14	3	54	4
Всього	539	100	1345	100
Частка у сумарній світовій потребі в первинних енергоресурсах, %		3–4		8–12

* н.е. – нефтяний еквівалент; 1 т н.е. = 10000 ккал/кг; 1 т н.е. = 1,4 т у.п. бленням біля 2% всієї одержуваної електроенергії. Частка ВДЕ (включаючи традиційні ГЕС) у виробництві електроенергії в 2010 р. у країнах ЄС має зрости до 22%, причому у першу чергу за рахунок нетрадиційних джерел енергії, а до 2020 р. у країнах ЄС планують збільшити до 20% споживання енергії за рахунок нетрадиційних ВДЕ.

В Японії загальний внесок у виробництво електроенергії нетрадиційних ВДЕ, що складав у 2000 р. 1,2%, планується збільшити до 2010 р. до 3%, а до 2030 р. – до 10%.

Прогнозні оцінки Світової енергетичної Ради з можливого використання відновлювальних нетрадиційних джерел для різноманітних сценаріїв у 2020 р. наведені у таблиці 4.6.

Практично всі розвинені країни і багато які країни, що розвиваються, мають національні програми, направлені на стимулювання прискореного освоєння ВДЕ.

Серйозною мотивацією розвитку ВДЕ для багатьох країн, особливо тих, які залежать від імпорту традиційних енергоресурсів, виявляється забезпечення енергетичної безпеки.

Вартість багатьох технологій використання ВДЕ і одержуваної енергії неухильно знижується завдяки їх вдосконаленню й зростанню масштабів виробництва.

Нетрадиційні ВДЕ стають все більш конкурентоздатними у наступних секторах енергетики: виробництво електроенергії; теплопостачання; комплексне енергопостачання автономних споживачів.

До середини ХХІ ст. нетрадиційні ВДЕ можуть стати одним із найважливіших енергетичних ресурсів. Їх внесок в енергобаланс багатьох країн може досягти 40–50%.

Враховуючи, що багато які нетрадиційні ВДЕ характеризуються нестабільністю енергетичного потенціалу (мінливістю швидкості вітру, інтенсивності сонячного випромінювання, витрат річок та інш.), вони використовуються у комбінованих енергосистемах у поєднанні один з одним і з традиційними джерелами енергії. Крім того, ВДЕ у локальних системах теплої електропостачання застосовуються спільно з різними типами акумуляторів теплової й електричної енергії, а також із системами акумулювання на основі водню, що підвищує ефективність ВДЕ й забезпечує безперебійне енергопостачання споживачів. При цьому у майбутньому ВДЕ можуть стати одним із основних джерел виробництва водню із води.

В Україні ресурси відновлювальних джерел енергії існують практично на всій території. До основних складових відновлювальної енергетики України відносяться вітроенергетика, сонячна енергетика, мала гідроенергетика, біоенергетика, геотермальна енергетика й енергетика навколишнього середовища. Рівень технічного річного сумарного енергетичного потенціалу основних видів відновлювальних нетрадиційних джерел енергії в Україні оцінюється еквівалентним 80 млн. т у.п. (таблиця

4.7). При цьому, однак, економічно ефективний енергетичний потенціал значно нижчий.

Таблиця 4.7 - Потенціал енергії відновлювальних джерел в Україні

Напрями освоєння ВДЕ	Річний технічний енергетичний потенціал	Щорічні об'єми замінування природного газу	
Напрями освоєння ВДЕ	млрд. кВт·год	млн. т у.п.	млрд. м ³
Вітроенергетика	41,7	21	18,26
Сонячна енергетика	28,8	6	5,22
Геотермальна енергетика	105,1	12	10,43
Гідроенергетика	27,7	10	8,70
Біоенергетика	162,8	20	17,40
Енергія навколишнього середовища	154,7	18	15,65
Всього ВДЕ	520,8	87	75,66

Інтенсифікація науково-дослідних робіт у галузі відновлювальної енергетики, створення законодавчо-правової й нормативної бази та системи державного економічного стимулювання дадуть можливість ефективного й широкого використання нетрадиційних ВДЕ.

В Україні частка ВДЕ у загальному енергозабезпеченні складає біля 3%, а в електрозабезпеченні, у першу чергу за рахунок гідроенергетики, біля 7%.

ВИСНОВОК

Невідкладним кроком у напрямку покращення енергетичної ситуації України, зменшення її енергозалежності, а також подальшої інтеграції в Європейську співдружність, повинна стати усебічна підтримка держави розвитку та впровадження альтернативних енергетичних установок у регіонах з найвищими показниками економічної доцільності. Цього можливо досягнути шляхом виконання наступних дій:

- удосконалення низки існуючих законодавчих актів щодо відновлювальних джерел енергії, які б сприяли підвищенню економічної ефективності виробництва альтернативної енергії;
- розробка інвестиційних проектів з метою залучення додаткових вкладень в дану галузь;
- надання гарантій державою виробникам «чистої» енергії щодо її купівлі за фіксованими тарифами;
- забезпечення рівня енергетичної безпеки України завдяки модернізації мережі існуючих енергетичних установок, підвищення рівня їх надійності та безперебійності роботи;
- інформування населення України щодо перспективності використання нетрадиційних джерел енергії, необхідності збереження довкілля та зменшення викидів парникових газів в атмосферу від спалювання традиційних видів палива.

За період 1997-2005 років в Україні заміщено понад 84 млн. тонн у.п. традиційних паливно-енергетичних ресурсів, за рахунок використання енергії виробленої на об'єктах альтернативної енергетики. Тобто доцільно продовжити термін дії Програми розвитку нетрадиційних відновлюваних джерел енергії до 2030 року.

В цілому виконання програм з енергозбереження, в тому числі програм зі створення об'єктів альтернативної енергетики (Програма НВДЕ), в перспективі може забезпечити для України наступне:

- зміцнення державності України за рахунок підвищення енергетичної та економічної незалежності;
- зниження енергоємності внутрішнього валового продукту;
- досягнення світового рівня ефективного використання паливно-енергетичних ресурсів;
- зменшення обсягів імпорту паливно-енергетичних ресурсів;
- створення ринку енергозберігаючого та науково обладнання, відповідної техніки та технологій;
- технічне та технологічне переоснащення енергоємного виробництва;
- конкурентноздатність вітчизняних товарів;
- підвищення добробуту громадян;
- підвищення рівня зайнятості населення;
- підвищення рівня зайнятості населення;
- підвищення рівня безпеки праці та культури виробництва;
- покращення стану здоров'я людей;
- зменшення обсягів шкідливих викидів у довкілля;
- відтворення природних ресурсів;
- виконання міждержавних угод щодо підвищення рівня екологічної безпеки.

Обнадійливим є також і зростаюче усвідомлення підприємствами нагальної потреби підвищення енергоефективності виробництва у комплексі з екологічною безпекою, отримання енергоносіїв та використання з цієї метою альтернативних джерел, горючих відходів згубних для довкілля, які підлягають знешкодженню, викидів як додаткового джерела енергоресурсів.

ПЕРЕЛІК ПОСИЛАНЬ

1. Рожко А.О. Перспективи використання відновлювальних джерел енергії в Україні//Энергосбережение. – 2007. –с. 252.
2. Закон України „Про альтернативні джерела енергії” від 20.02.2003р., № 555-IV.
3. Закон України "Про електроенергетику" щодо стимулювання виробництва електроенергії з альтернативних джерел енергії від 20.11.2012 р., № 5485-VI.
4. Закон України «Про внесення змін до деяких законодавчих актів України з питань оподаткування щодо стимулювання використання альтернативних джерел енергії та видів палива» від 16.03.2007 р., № 760-V.
5. Закон України „Про електроенергетику” від 16.10.1997 р., № 575/97-ВР.
6. Закону України „Про податок на додану вартість” від 03.04.1997 р., № 168/97-ВР.
7. Паливно-енергетичні ресурси. Перспективи України.//Новини та пріоритети енергетики. – 2005, №1.
8. Постанова Кабінету Міністрів України Державна цільова науково-технічна програма „Створення хіміко-металургійної галузі виробництва чистого кремнію протягом 2009-2012 років” від 28.10.2009 р. № 1173.
9. Адаменко О.М. Альтернативні палива та інші нетрадиційні джерела енергії. Монографія.– Івано-Франківськ:ІМЕ, 2001. – 432с.
10. Нікіторович О.В. Аналіз стану та перспектив розвитку малої гідроенергетики України// Міжнародна науково-практична конференція “1-й Всеукраїнський з’їзд екологів”. – Вінниця: ВНТУ, 2006.
11. Ратушняк Г.С., В.В Джеджула. Енергозбереження в сільськогосподарській біоконверсії. Навч. посіб.– Вінниця. – ВНТУ, 2006. – 83с.

12. Гелетуха Г.Г., Железная Т.А. Анализ основных положений “Энергетической стратегии Украины на период до 2030 года” // Промышленная теплотехника. – 2006, №5. – с. 82-92.
13. Аршеневский Н.Н. и др. Гидроэлектрические станции. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
14. Бернштейн Л.Б. и др. Приливные электростанции. – М.: Энергоатомиздат, 1987.
15. Вітроенергетика світу /Зелена енергетика. – 2006. – № 2 (22). – С.19.
16. Дослідження тенденцій розвитку вітроенергетики в Європі і в Україні С. Кудря, Б. Тучинський, В. Дресвянников, З. Рамазанова /Вітроенергетика України. – 2004. – № 1–2. – С.4–7.
17. Клавдиенко В.П., Тарасов А.П. Нетрадиционная энергетика в странах ЕС: экономическое стимулирование развития. – М.: Наука, 2006. – С. 42–46.
18. Кривцов В.С., Олейников А.М., Яковлев А.И. Неисчерпаемая энергия. – Кн. 3. – Харьков: ХАИ., 2006. – С. 642.
19. Кудря С., Тучинський Б. «Бізнесопридатність» вітроенергетики України /Докл. II Междунар. конф. «Нетрадиционная энергетика в XXI веке». – Ялта, 2001. – С.89–91.
20. Ландау Ю.А. и др. Гидроэнергетика и окружающая среда. – Киев: Либра, 2004.
21. Мак-Кормик М. Преобразование энергии волн. – М.: Энергоатомиздат, 1985.
22. Мхитарян Н.М. Энергетика нетрадиционных и возобновляемых источников. – К.: Наук. думка, 1999. – 314 с. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Итоги науки и техники. – М., 1987. – Т.2.
23. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: состояние и перспективы И.П. Крайнов, П.М. Семенченко, И.А. Боровой и др. – Мариуполь: Рената, 1998.

24. Нетрадиційні та поновлювальні джерела енергії /О.І. Соловей, Ю.Г. Лега, В.П. Розен та ін. За заг. ред. О.І. Солов'я. – Черкаси: Вид. ЧДТУ, 2007.
25. Сибикин Ю.Д., Сибикин М.Ю. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии: Учебное издание. – М., 2008. – 228 с.
26. Шполянский Ю. О море! Освети и обогрей! Какие перспективы у приливных электростанций? /Мировая энергетика. – 2009. – № 3.
27. Энергетика XXI века: Условия развития, технологии, прогнозы Л.С. Беляев, А.В. Лагереv, В.В. Посекалин и др. – Новосибирск: Наука, 2004.
28. Енергоефективність та відновлювані джерела енергії Під заг. ред. А.К. Шидловського. – К.: «Українські енциклопедичні знання», 2007. – 559 с.