

І.О. Сінчук, С.М. Бойко, К.І. Лосіна

НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

**Кременчук
2013**

620.9(075)
С38

І. О. Сінчук, С. М. Бойко, К. І. Лосіна

НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Навчальний посібник

**Під редакцією
доктора техн. наук,
професора Сінчука О. М.**

**м. Кременчук
Видавництво ПП Щербатих О.В.
2013**

УДК 621.316
ББК 31.261я73
Н 57

Авторський колектив:

І. О. Сінчук, С. М. Бойко, К. І. Лосіна, І. А. Луценко, Г. І. Ткаченко

Рекомендовано до друку Вченою радою електротехнічного факультету
Криворізького національного університету Міністерства освіти і науки України
(протокол № 1 від 30.08.2013)

Рецензенти:

В. П. Резцов, член кореспондент НАН України, доктор техн. наук, професор
(Інститут відновлювальних джерел електричної енергії НАН України, м. Київ)

М. М. Юрченко, доктор техн. наук, професор (Інститут електродинаміки
НАН України, м. Київ)

В. М. Кутін, доктор техн. наук, професор (Вінницький національний
технічний університет, м. Вінниця)

466 166

Сінчук І. О.

Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії: Навчальний посібник /
Н 57 І. О. Сінчук, С. М. Бойко, К. І. Лосіна, І. А. Луценко, Г. І. Ткаченко; під
ред. доктора технічних наук, професора О. М. Сінчука. – Кременчук:
Видавництво ІП Щербатих О. В., 2013. – 192с.

ISBN 978-617-639-043-5

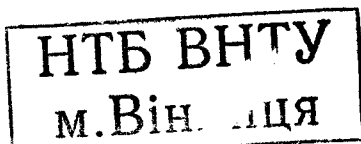
У посібнику викладено основні положення про відновлювальні
енергоресурси, основні принципи їх використання. Розглянуті конструкції
та режими роботи енергоустановок, що використовуються альтернативні
джерела енергії. Наведені приклади та міжнародний досвід експлуатації
альтернативних електростанцій.

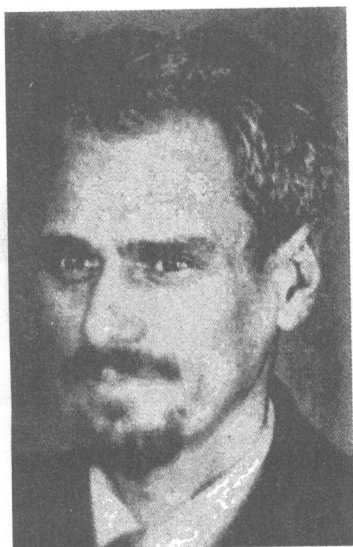
Рекомендовано для студентів денної та заочної форм навчання
спеціальності 7.05070108, 8.05070108 – "Енергетичний менеджмент",
6.050702 – "Електромеханіка" та інших споріднених спеціальностям при
вивченні дисципліни "Нетрадиційні та відновлювані джерела енергії".

УДК 621.316
ББК 31.261я73

ISBN 978-617-639-043-5

© І. О. Сінчук, С. М. Бойко, К. І. Лосіна,
І. А. Луценко, Г. І. Ткаченко, 2013





Кондратюк Юрій Васильович
(Шаргей Олександр Юрійович)
(1897–1941 рр.)

Присвячуємо
основоположникам
вітчизняної
вітроенергетики і перш
за все Кондратюку
Юрію Васильовичу
(Шаргею Олександр
Юрійовичу)

Для тех, кто хочет
думать и созидать во
благо своего отечества

Ю. Кондратюк
(О. Шаргей)

ЗМІСТ

Перелік умовних скорочень	8
Вступ	9
Розділ 1 Загальні відомості	12
1.1 Поняття та класифікація нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії.....	12
1.2 Історичні передумови використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії.....	21
1.3 Потенційні світові запаси нетрадиційної та відновлювальної енергії у світ.....	24
1.3.1 Потенціал енергії Сонця в світі.....	26
1.3.2 Потенціал енергії вітру в світі.....	27
1.3.3 Потенціал енергії річок.....	28
1.3.4 Потенціал енергії Землі.....	29
1.3.5 Потенціал енергії Світового океану.....	32
1.4 Акумулявання енергії.....	34
1.5 Енергетичний потенціал нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії в Україні.....	37
1.5.1 Потенціал вітрової енергії на території України.....	38
1.5.2 Потенціал сонячної енергії в Україні.....	40
1.5.3 Потенціал малих рік України.....	40
1.5.4 Потенціал біомаси в Україні.....	41
1.6 Загальна характеристика використання правових та наукових засад для розвитку нетрадиційних джерел енергії.....	42
1.7 Застосування нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії у світі.....	43
Контрольні питання до розділу 1.....	45

Розділ 2 Геліоенергетика	46
2.1 Геліоенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення.....	46
2.2 Сонячна теплоенергетика.....	50
2.2.1 Типи колекторів.....	52
2.2.2 Принципи дії колекторів.....	58
2.3 Сонячна фотоенергетика.....	61
2.3.1 Сонячні модулі.....	65
2.3.2 Сонячні електростанції.....	66
2.4 Екологічні наслідки розвитку геліоенергетики.....	70
Контрольні питання до розділу 2.....	73
Розділ 3 Біоенергетика	74
3.1 Біоенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення.....	74
3.2 Застосування біомаси.....	76
3.3 Одержання біогазу.....	77
3.4 Газифікація біомаси.....	78
3.5 Способи використання та перетворення ВЕР.....	79
3.6 Екологічні наслідки розвитку біоенергетики.....	83
Контрольні питання до розділу 3.....	85
Розділ 4 Вітроенергетика	86
4.1 Вітроенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення.....	86
4.2 Класифікація вітроколіс.....	90
4.3 Класифікація вітроустановок.....	92
4.4 Принцип роботи вітроустановок.....	97
4.5 Особливості розташування вітроелектростанцій.....	99
4.6 Екологічні наслідки розвитку вітроенергетики.....	101
Контрольні питання до розділу 4.....	104

Розділ 5 Вітроенергетичні установки на підприємствах гірничорудної промислової галузі.....	105
5.1 Використання вітрогенераторів для виробництва електричної енергії в підземних виробках залізорудних шахт.....	105
5.2 Використання вітрогенераторів для виробництва електричної енергії в кар'єрах.....	112
5.2.1 Вітроенергетичні установки на відвалах кар'єрів та шахт.....	112
5.2.2 Вітроенергетичні установки між відвалами кар'єрів.....	114
Контрольні питання до розділу 5.....	117
Розділ 6 Геотермальна енергетика.....	118
6.1 Геотермальна енергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення.....	118
6.2 Джерела геотермального тепла.....	125
6.3 Методи та способи використання геотермального тепла для отримання тепло- та електроенергії.....	127
6.4 Приклади використання геотермальної енергії.....	130
6.5 Екологічні наслідки розвитку геотермальної енергетики.....	133
Контрольні питання до розділу 6.....	134
Розділ 7 Мала гідроенергетика.....	135
7.1 Мала гідроенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення.....	135
7.2 Енергетичні установки по використанню енергії океану.....	140
7.2.1 Енергія хвиль та припливів.....	148
7.2.2 Енергія хімічних зв'язків газів, солей, мінералів тощо.....	152
7.2.3 Прихована енергія течій у різних частинах морів та океанів.....	155
7.2.4 Різниця температур води на поверхні та в глибині, а також перетворення її на традиційні види енергії.....	161
7.3 Екологічні наслідки розвитку малої гідроенергетики.....	163

Контрольні питання до розділу 7.....	166
Розділ 8 Комплексне використання відновлювальних джерел і акумуляторів енергії.....	167
8.1 Загальні відомості, основні поняття, визначення.....	167
8.2 Класифікація комбінованих джерел і акумуляторів енергії, основні характеристики.....	169
8.3 Комбінація нетрадиційних джерел з традиційними джерелами енергії.....	170
8.4 Комбінація нетрадиційних джерел з акумуляторами енергії.....	174
8.5 Комбінація одночасного використання декількох нетрадиційних джерел енергії.....	174
8.6 Комплексне використання відновлюваних джерел і акумуляторів.....	177
8.7 Принципи комбінування різних відновлювальних джерел енергії.....	179
Контрольні питання до розділу 8.....	183
Підсумкова частина.....	184
Список використаної літератури.....	187

Перелік умовних скорочень

- АЕС – атомна електростанція
АГ – асинхронний генератор
БіоТЕЦ – біомасові теплоелектроцентралі
ВДЕ – відновлювані джерела енергії
ВЕК – вітровий електротехнічний комплекс
ВЕР – вторинні енергетичні ресурси
ВЕС – вітроенергетична система
ВЕУ – вітроенергетична установка
ВК – вітрове колесо
ГАЕС – гідроакумуюча електростанція
ГВП – гаряче водопостачання
ГЕС – гідроелектростанція
ДЕС – дизель-електрична система
КВЕВ – коефіцієнт використання енергії вітру
ККД – коефіцієнт корисної дії
НВДЕ – нетрадиційні відновлювальні джерела енергії
НДЕЕ – нетрадиційні джерела електричної енергії
ОГЕС – океанічні гідроелектростанції
ОТЕК – океанотермічна енергоконверсія
ПЕС – приливна електрична станція
СЕС – сонячна електростанція
СК – система керування
ТЕП – тяговий електричний привід
ТЕС – теплова електростанція
ЦПП – центральна підземна підстанція
ФБ – фотоелектричні батареї
ФЕП – фотоелектричний пристрій
ФЕУ – фотоелектрична установка

Вступ

Зараз, як ніколи раніше, гостро стало питання: що чекає на людство – енергетичне голодування чи енергетичний достаток? Очевидно, що на даний час людство переживає енергетичну кризу, а саме, бажані потреби людства у електричній енергії у декілька разів перевищують об'єми її виготовлення [1-3]. І це при тому, що сумарну кількість виробленої електроенергії можна записати майже фантастичним числом, яке становить майже 27-30 трлн. кВт/год кожного року [4].

Достовірно відомо, що рівень матеріальної, а відповідно і духовної культури людства прямо залежить від кількості енергії, що воно має та виробляє. Матеріальні потреби людства, як і кількість населення планети, постійно збільшуються, тому потреба в енергії збільшується геометричній прогресії.

Безумовно, український читач цього посібника не зразу зрозуміє актуальності поставленої проблеми у вище викладених фразах. Більше того скептично подумає: «Україна виробляє електричної енергії більше ніж споживає. Про яку енергетичну кризу в нашій країні ми ведемо мову?». Так, шановний читачу. Дійсно, ми виробляємо електричної енергії більше ніж споживаємо. Проте, це сьогоднішній факт. А що буде завтра? Адже для виробництва електричної енергії ми в свою чергу використовуємо, не відновлювальні природні ресурси – газ, нафту, вугілля, корисні копалини, тощо. Але ці ресурси зовсім не вічні і, більше того, деякі з них (газ, нафта) у країні дефіцит уже сьогодні. Тому проблема видобутку електричної енергії на основі відновлювальних джерел актуальна для України як і для всього світу, вже сьогодні, а не завтра.

Між тим, засоби масової інформації, в тому числі українські, постійно інформують нас про винайдення різноманітних нових, більш екологічно чистих, способів одержання енергії. Але ж в чому тоді причина повільного зростання частки таких джерел у загальному видобутку енергії. Справа у тому, що до цього часу не знайдено джерела енергії, більш рентабельного за прадавній спосіб одержання енергії – спалення органічної сировини. І на сьогодні 80% всієї енергії людство отримує спалюючи вугілля, нафту та нафтопродукти, природний газ,

торф тощо. Але тих запасів енергії, що природа накопичувала сотні мільйонів років, вистачить лише на декілька сот років. Отже єдиний спосіб змусити людство перейти на більш екологічно чисті джерела енергії – це прийняття на державному рівні та на рівні світової спільноти низки регулюючих актів, котрі б обмежили видобуток паливних ресурсів. Але ряд держав і не збираються обмежувати таким способом свої прибутки.

Отже, основний тягар по збереженню енергії лягає на розвинені держави Північної Америки та Європи. Все більше і більше вчених шукають рентабельніші джерела, з використанням відновлюваних ресурсів, що дало б можливість, частково замінити паливні. Найбільш підходять такі джерела як використання енергії текучої води та вітру, океанських приливів та відливів, тепла земних надр та, звичайно, енергії Сонця. Також багатообіцяючими є дослідження, метою яких є спроба відтворити, в умовах нашої планети, керуючі термоядерні процеси, які відбуваються на зірках [5-8].

Вчені дають визначення енергії – це здатність до виконання роботи тілом або системою тіл, а механічна робота здійснюється, коли на об'єкт діє фізична сила, яка є результатом взаємодії, під дією якої тіло здійснює переміщення у просторі. Чітке визначення енергії передбачає, що енергія – це різниця потенціалів між різними точками поля.

Виділяють чотири напрямки енергії: традиційна енергія на органічному паливі (вугілля, газ, нафта, нафтопродукти); гідроенергетика; атомна енергетика; відновлювані джерела енергії (ВДЕ). Поняття альтернативної енергії складається з чотирьох ключових галузей:

1) відновлювані джерела енергії (сонячна енергія, вітрова, біомаса, геотермальна, низькопотенціальне тепло землі, води, повітря, гідравлічна, у тому числі міні-ГЕС, припливи, хвилі);

2) вторинні відновлювані джерела енергії включають тверді побутові відходи (ТПВ), тепло побутових і промислових стоків, тепло та газ, вентиляцію;

3) інший напрямок нетрадиційні технології: використання не відновлюваних і поновлюваних джерел енергії (воднева енергетика; мікровугілля;

турбіна в малій енергетиці; газифікації та піроліз; каталітичні методи спалювання або переробки органічного палива; синтетичне паливо);

4) наступний напрямок – це енергетичні установки (або перетворювачі), які зазвичай існують незалежно від виду енергії. Установки включають: тепловий насос, машину Стірлінга, вихрові труби, гідропарову турбіну та установки прямого перетворювання енергії – електрохімічні установки і, перш за все, паливні елементи, фотоелектричні перетворювачі, термоелектричні генератори, термоемісійні установки [9-25].

Переваги відновлюваних джерел енергії порівняно з традиційними:

- вони є практично невичерпними;
- не забруднюють навколишнє середовище;
- відпадає необхідність у добуванні, переробці та доставці палива;
- немає потреби використовувати воду для охолодження, вилучати золіві відходи або продукти розпаду;
- немає необхідності у дефіцитних високотемпературних матеріалах, за винятком сонячних концентраторів тепла;
- можуть працювати без обслуговування;
- немає потреби в транспортуванні енергії.

Основним недоліком більшості відновлюваних джерел енергії є непостійність їхнього енергетичного потенціалу.

Необхідність використання відновлюваних джерел енергії визначається такими факторами:

- швидким зростанням потреби в електричній енергії, споживання якої через 50 років, за деякими оцінками, зросте в середньому в 3-4 рази, а в розвинутих країнах – в 5 разів;
- вичерпуванням у майбутньому розвіданих запасів органічного палива;
- забрудненням навколишнього середовища оксидами азоту та сірки, вуглекислим газом, пилоподібними останками від згорання видобувного палива, радіоактивним забрудненням і тепловим перегрівом при використанні ядерного палива.

Розділ 1 Загальні відомості

1.1 Поняття та класифікація нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії

Енергетика має свою систему термінів і понять.

Велика енергетика – напрямок енергетики, пов'язаний з отриманням мереж тепла і електрики. Характерною рисою установок у великій енергетиці є великі розміри генераторних блоків і залежність від користувача [29].

Мала енергетика – напрямок енергетики, пов'язаний з отриманням незалежних від централізованих мереж тепла і електрики. Характерною ознакою установок в малій енергетиці є компактні розміри генераторних блоків і, як правило, мобільність конструкцій.

Загальноприйнятого терміна «мала енергетика» в даний час немає. В електроенергетиці найбільш часто до малих електростанцій прийнято відносити електростанції потужністю до 50 МВт з агрегатами одиничною потужністю до 25 МВт. Зазвичай такі електростанції поділяють на три підкласи [47]:

- мікроелектростанції потужністю до 100 кВт;
- мініелектростанції потужністю від 100 кВт до 1 МВт;
- малі електростанції потужністю більше 1 МВт.

Автономні джерела енергії – джерела електричної енергії, необхідні для роботи систем і пристроїв, не пов'язаних з лініями електропередачі.

Традиційні невідновлювані джерела енергії – це природні запаси речовин і матеріалів, які можуть бути використані людиною для виробництва енергії. Прикладом можуть служити ядерне паливо, вугілля, нафта, газ. Енергія невідновлюваних джерел на відміну від відновлюваних знаходиться в природі в зв'язаному стані і вивільняється в результаті цілеспрямованих дій людини [34].

Нетрадиційні відновлювані джерела енергії – це джерела на основі постійних існуючих або періодично виникаючих в навколишньому середовищі потоків енергії. Відновлювана енергія не є наслідком цілеспрямованої діяльності

людини, і це є її визначальною ознакою [57].

Усі енергетичні ресурси на Землі, що є продуктами безперервної діяльності Сонця, можуть бути поділені на дві основні групи: на акумульовані природою й у більшості випадків непоновлювані та на неакумульовані, але постійно відновлювані (табл.1.1). До першої групи належать запаси паливних корисних копалин: нафта, кам'яне та буре вугілля, торф і підземні гази, а також уранові руди та інші хімічні елементи або їх сполуки, які застосовують при термоядерних і ядерних реакціях. До другої групи належать сонячне випромінювання, вітер, потоки рік, морські хвилі та припливи, внутрішнє тепло Землі, тощо.

Таблиця 1.1 – Потенціальні запаси джерел енергії на Землі

Види енергії	Запаси енергії
Невідновлювані (кВт · год)	
1. Термоядерна енергія	$1\ 000\ 000\ 000 \cdot 10^{12}$
2. Ядерна енергія	$574\ 000 \cdot 10^{12}$
3. Енергія паливних копалин	$55364 \cdot 10^{12}$
Відновлювані (кВт · год/рік)	
1. Енергія сонячних променів	$667\ 800 \cdot 10^{12}$
2. Енергія морів і океанів	$70\ 000 \cdot 10^{12}$
3. Енергія вітру	$17369 \cdot 10^{12}$
4. Енергія внутрішнього тепла Землі	$134 \cdot 10^{12}$
5. Енергія річок	$18 \cdot 10^{12}$

Згідно з класифікацією Міжнародного енергетичного агентства до відновлюваних джерел енергії належать такі категорії:

- відновлювальні джерела енергії (ВДЕ), які спалюються, і відходи біомаси:
- тверда біомаса і тваринні продукти: це біологічна маса, у тому числі будь-які матеріали рослинного походження, що використовуються безпосередньо як паливо або перетворюються на інші форми перед спалюванням (деревина,

рослинні відходи і відходи тваринного походження; деревне вугілля, яке одержують з твердої біомаси);

– газ чи рідина з біомаси (біогаз, отриманий у процесі анаеробної ферментації біомаси і твердих відходів, який спалюється для виробництва електрики і тепла);

– муніципальні відходи: це матеріали, що спалюються для виробництва теплової та електричної енергії (відходи житлового, комерційного і громадського секторів), які утилізуються муніципальною владою з метою централізованого знищення;

– промислові відходи: тверді й рідкі матеріали, що спалюються безпосередньо, зазвичай на спеціалізованих підприємствах, для виробництва теплової й електричної енергії та поліпшення екології;

– гідроенергія: це потенціальна або кінетична енергія води, перетворена на електричну енергію за допомогою устаткування та обладнання гідроелектростанцій, як великих, так і малих;

– геотермальна енергія: це тепла енергія, що надходить із земних надр, зазвичай у вигляді гарячої води або пари. Використовується для виробництва або безпосередньо як джерело тепла для систем теплопостачання, потреб сільського господарства тощо;

– сонячна енергія: це енергія потоку фотонів, що випромінюються Сонцем, які рухаються в напрямку Землі, яка використовується для одержання гарячої води та електричної енергії;

– енергія вітру: це кінетична енергія повітряного потоку природного чи штучного, що застосовується для виробництва електроенергії у вітрових електроагрегатах, за допомогою вітрових турбін;

– енергія приливів, морських хвиль і океану: це механічна енергія припливних потоків, або хвиль, що використовується для виробництва електричної енергії.

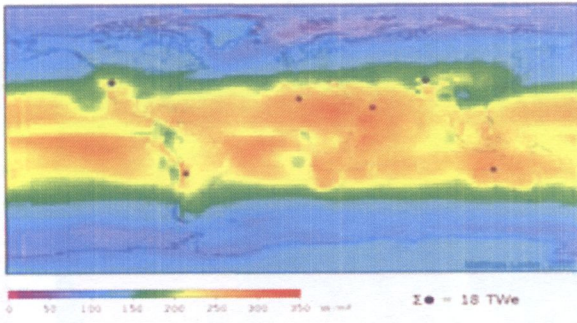


Рисунок 1.1 – Карта потенціалу енергії Сонця в світі

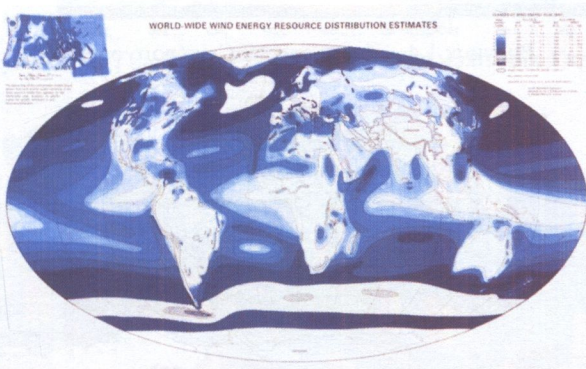


Рисунок 1.2 – Карта потенціалу енергії вітру у світі

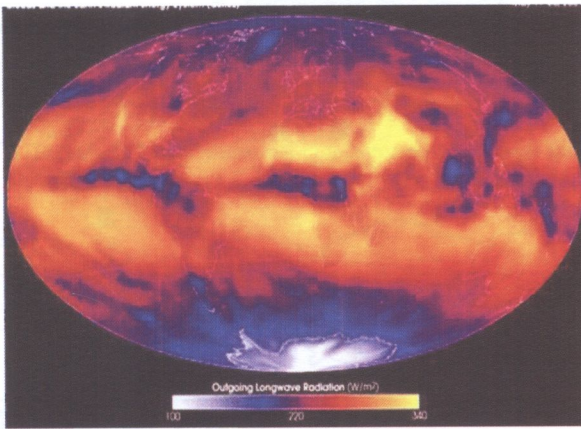


Рисунок 1.3 – Карта енергії Землі

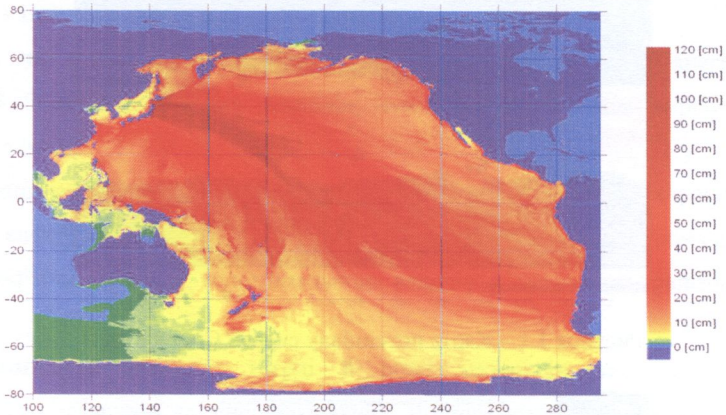


Рисунок 1.4 – Карта енергії Світового океану

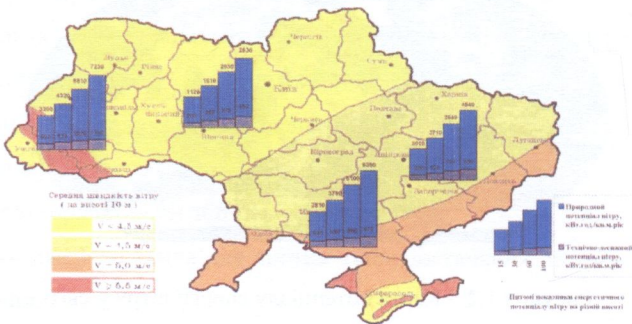


Рисунок 1.5 – Енергетичний потенціал вітру на території України

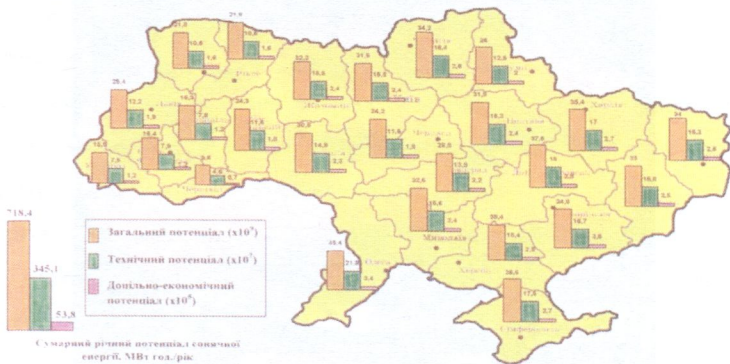


Рисунок 1.6 – Потенціал сонячної енергії на території України

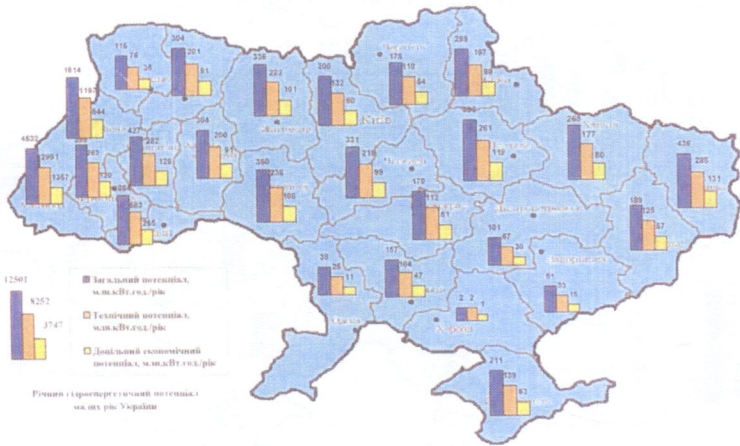


Рисунок 1.7 – Гідроенергетичний потенціал малих річок України

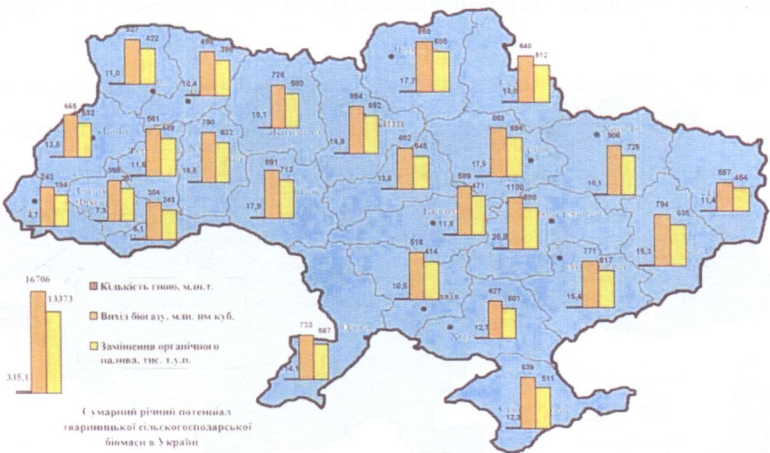


Рисунок 1.8 – Потенціал тваринницької сільськогосподарської біомаси України

466166

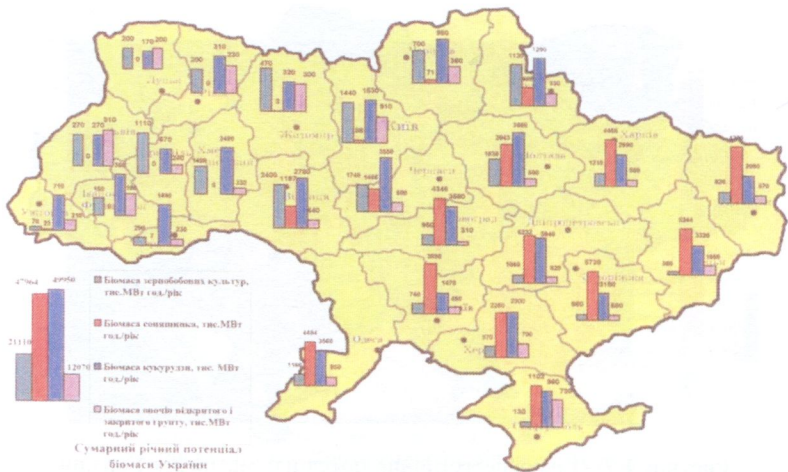


Рисунок 1.9 – Потенціал рослинної сільськогосподарської біомаси України

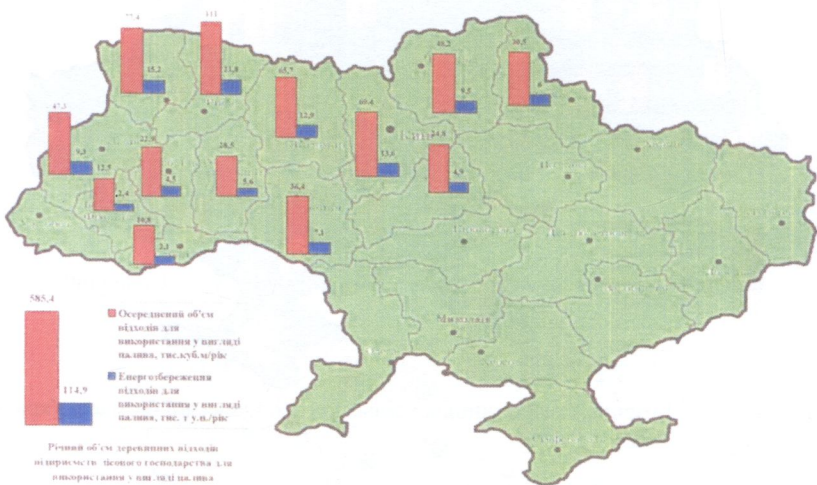


Рисунок 1.10 – Потенціал відходів лісу в Україні

Таблиця 1.2 – Показники перспективного використання нетрадиційних джерел електричної енергії, млн т у.п./рік

Напрями освоєння НДЕЕ	Рівень розвитку НДЕЕ за роками			
	2005	2010	2020	2030
Біоенергетика	1,3	2,7	6,3	9,2
Сонячна енергетика	0,003	0,032	0,284	1,1
Мала гідроенергетика	0,12	0,5	0,85	1,13
Геотермальна енергетика	0,02	0,08	0,19	0,7
Вітроенергетика	0,018	0,21	0,53	0,7
Енергія довкілля	0,0	0,03	0,98	7,6

Класифікацію відновлюваних джерел енергії наведено на рис. 1.11. Результатами прямої сонячної діяльності є тепловий ефект і фотоелектричний ефект, внаслідок чого Земля отримує теплову енергію та світло. Результатом побічної діяльності Сонця є відповідні ефекти в атмосфері, гідросфері та геосфері, що викликають виникнення вітру, хвиль, зумовлюють течію річок, створюють умови для збереження внутрішнього тепла Землі.

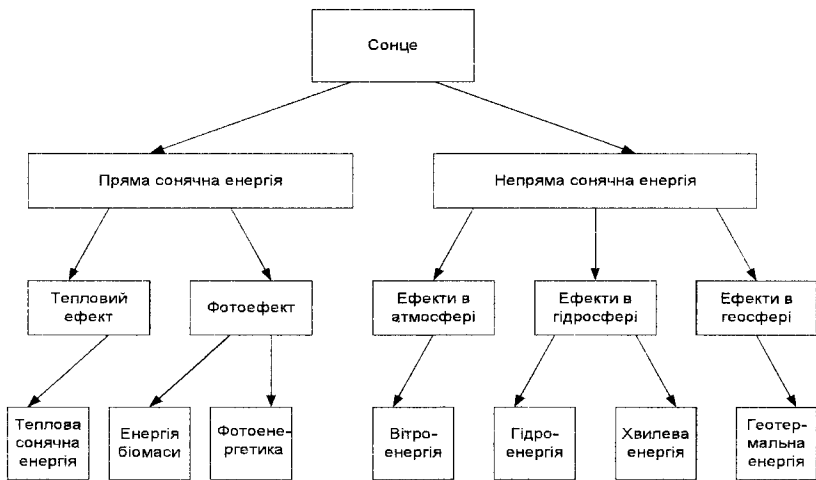
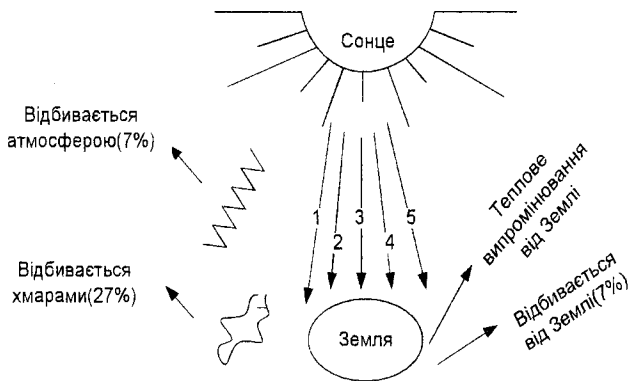


Рисунок 1.11 – Класифікація відновлюваних джерел енергії

Сонячна діяльність характеризується приблизними показниками, наведеними на рис. 1.12, які загалом утворюють схему теплового балансу Землі [6].



- 1 – перетворюється на енергію вітру (2,5%);
- 2 – перетворюється на енергію морських течій (0,04%);
- 3 – попадає на поверхню океану (33%);
- 4 – попадає на сушу (15%);
- 5 – засвоюється рослинами (0,12%).

Рисунок 1.12 – Розподіл променевої енергії Сонця

Автономна енергоустановка з НВДЕ повинна мати або акумулятори енергії, або установку-дублера, що працює на традиційному паливі. Якщо установка з НВДЕ приєднана до мережі, то мережа повинна взяти на себе компенсацію нерівномірності постачання енергії, для чого вона повинна мати достатню ємність і маневреність.

1.2 Історичні передумови використання нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії

З розвитком людської цивілізації удосконалювалися джерела енергії і знаряддя праці, які застосовувалися людиною. У Кам'яному віці такими були вогонь і лук, а в ХХ столітті з'явилися атомний реактор, експериментальні установки для керованого термоядерного синтезу, магнітогідродинамічний генератор та інше.

Створення нових джерел енергії (і вдосконалення старих) здійснювалося складними шляхами. У Стародавньому світі це відбувалося або за рахунок докладених зусиль та наполегливості окремих геніальних людей, або в результаті спостережень багатьох поколінь. У Середні століття діяльність багатьох людей була спрямована по хибному шляху. Це шлях пошуку "perpetuum mobile" – вічного двигуна, що свідчить про сильний занепад науки. У той період людської історії, так званий Новий час, джерела енергії створювалися людьми, більш обізнаними в науці і техніці, ніж ті, хто будував "вічний" двигун і шукав "філософський камінь". У ХХ столітті роботу над новими джерелами енергії вели цілі науково-дослідні інститути та виробничі об'єднання [34].

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



Рисунок 1.13 – Перша сонячна електростанція в Україні, с.Леніно, узбережжя Криму

На початку XXI 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 XXI 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 млрд. кВт · год, ТЕС на біомасі і біогазі –

23,8 млрд. кВт · год, геліоенергетика – 3,5 млрд. кВт · год, геотермальні електростанції – 0,1 млрд. кВт · год [12].

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.

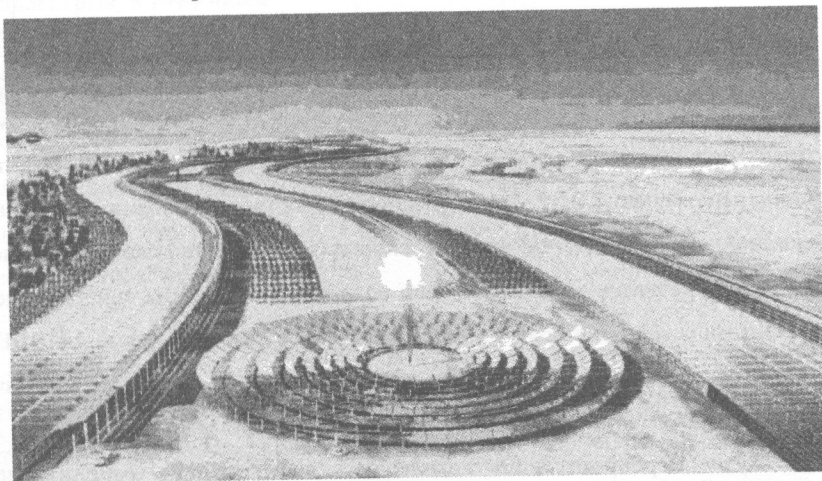


Рисунок 1.14 – Проект сонячної електростанції в Сахарі

Проект сонячної електростанції в Сахарі (рис. 1.14), якщо його зуміють реалізувати, то він стане найбільшим у світі. Електроенергія в Європу передаватиметься кабелем, який прокладуть через Середземне море.

Вперше ідея використання гейзерів була втілена у дійсність не в Ісландії. Ще древні римляни підвели тепло від гейзерів до лазень міста Каракали.

Не тільки для опалення люди черпають енергію з надр землі. Вже давно працюють електростанції, що використовують гарячі підземні джерела. Перша така станція була побудована ще у 1904 р.

1.3 Потенційні світові запаси нетрадиційної та відновлювальної енергії у світі

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.; та значним зменшенням у недалекому 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 [14].

Відновлювальні джерела енергії мають принципові відмінності, тому їх ефективне використання стає можливим на основі науково розроблених принципів перетворення ВДЕ у різні сособи використання, 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, досить ефективною базою для використання ВДЕ можуть бути агропромислові комплекси, де відходи тваринництва й рослинництва вже використовуються, як сировина для одержання біогазу, а також рідкого й твердого палива, виробництва добрив, але не в повному обсязі.

У таблиці 1.3 наведено енергетичний потенціал відновлювальних джерел енергії у світі.

Таблиця 1.3 – 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 водяних потоків	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

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 [18]:

- 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.

1.3.1 Потенціал енергії Сонця в світі

Останнім часом інтерес до проблеми використання сонячної енергії значно збільшився. На рис. 1.1 зображена карта потенціалу енергії Сонця в світі [15].

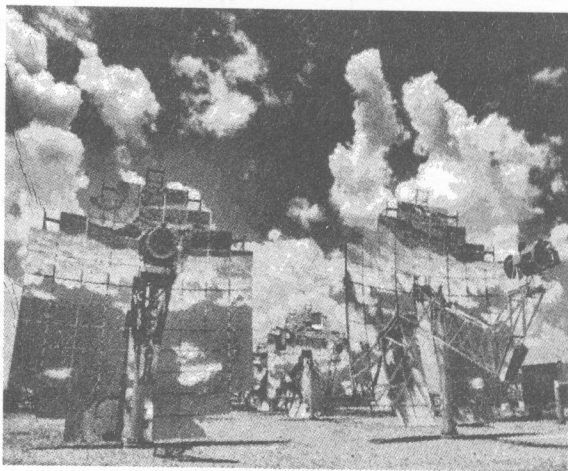


Рисунок 1.15 – Сонячна електростанція у Сахарі

Потенціальні можливості використання безпосередньо сонячної енергії дуже великі (рис. 1.15). Якщо ми зможемо використовувати 0,0125% всієї цієї енергії, то людство було б повністю забезпечене енергією на даний час, а використання 0,5% повністю б покрило всі потреби людства назавжди в майбутньому (якщо вважати, що населення Землі не перевищить 20 млрд.)

Зрозуміло, що існують різні фактори, що обмежують потужності сонячної енергетики. Окрім ціни та ресурсоемкості ще існує проблема площі. Наприклад, якщо у 2100 році людство повністю забезпечуватиме свої енергетичні потреби за рахунок Сонця, то площа колекторів повинна буде сягати 1...3 млн. км². Також

безпосереднє використання сонячного випромінювання потребує великої кількості трудових ресурсів, матеріалів та коштів: для виготовлення 1 МВт-рік знадобиться від 10 до 40 тис. людино-годин. В той же час у традиційній енергетиці цей показник менший у 50...80 разів.

1.3.2 Потенціал енергії вітру у світі

На рис. 1.2 зображена карта потенціалу енергії вітру у світі [19].

Енергія повітряних мас, що постійно рухаються, у сотні разів перевищує запаси гідроенергії усіх річок планети. Всюди і постійно на землі дмуть вітри: від легкого вітерця до могутніх ураганів. Ці вітри могли б повністю задовольнити потреби людства. Але частка вітряних електростанцій становить лише 0,1%. Чому ж тоді такий доступний та екологічно чистий спосіб вироблення енергії так мало використовується?

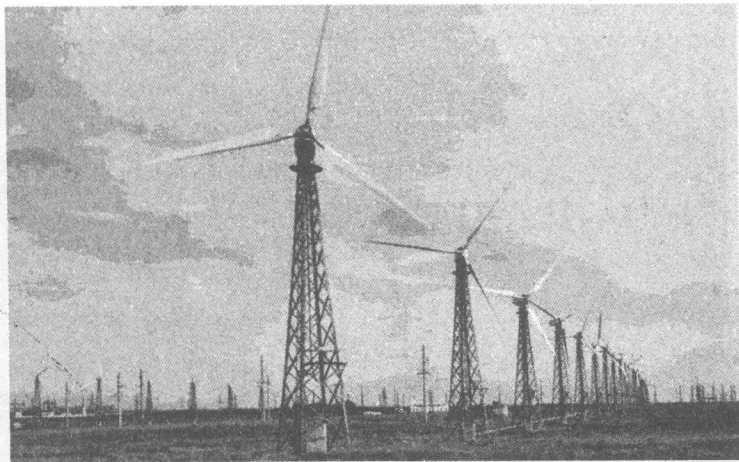


Рисунок 1.16 – Вітрові електростанції на Тарханкутському півострові

Людство використовує енергію вітру більш ніж 5 тис. років. Спочатку вітер використовувався для того, щоб приводити у рух човни, потім – щоб молоти зерно та підіймати воду. Зараз вітер використовується для видобутку електроенергії. На даний час ціна 1 кВт-год виробленої з енергії вітру порівняно

невисока – 4 центи – але всі проекти по будівництву нових вітряків зазвичай дуже повільно окуповують себе. Найбільш вдалим можна вважати проект будівництва вітряків на Гавайському острові Охіо: гігантські вітряки, з діаметром ротору 122 м зараз виробляють понад 6200 кВт кожен, при швидкості вітру 47 км/год. Скоріш за все постійне зростання цін на паливні ресурси в майбутньому створять умови, що зробить такі проекти ще більш рентабельними, що забезпечить зростання частки частка “віetroвої” електроенергії у світі.

1.3.3 Потенціал енергії річок

Багато тисячоліть вірно служить людині енергія, що міститься в текучій воді. Запаси цієї енергії величезні. Люди навчились використовувати цю енергію раніше за всі інші. Коли настала доба електрики, водяне колесо заново відродилося, але тепер вже у вигляді водяної турбіни. Можна сказати, що ще у 1891 р. почалася доба гідроенергетики.

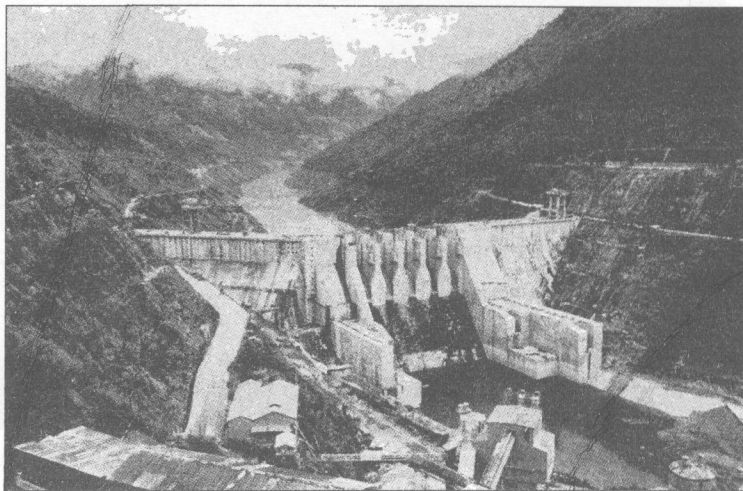


Рисунок 1.17 – «Три ущелини» – найбільша у світі діюча ГЕС. (р. Янцзи, Китай)

Гідроелектростанції мають багато переваг: постійно відновлювальний запас енергії, простота в користуванні, відносна відсутність забруднення оточуючого

середовища. Але побудувати велику плотину набагато складніше, ніж водяне колесо. Для того, щоб змусити потужні турбіни обертатися, потрібно накопичити величезні запаси енергії за плотиною. Для цього потрібно затопити певні регіони, а це в свою чергу може призвести до непоправних наслідків. Тож будівництво плотин вимагає від інженерів дуже точних розрахунків, а будь-яка помилка може призвести до екологічної катастрофи в даному регіоні. Навіть при точних розрахунках будівництво плотини може привести до значних змін в екосистемах на великих площах. Ніщо не береться із нічого: плотина зменшує швидкість течії, забираючи у неї енергію, а це може викликати заболочування та “цвітіння” води у заплавах. Дизбаланс може викликати самі непередбачувані наслідки.

Отже повний перехід на вироблення енергії лише з річкових потоків може бути не менш небезпечним, ніж використання паливних ресурсів. Зараз ми можемо стверджувати лише про часткове енергокористування річками у тих місцях, де постійні розливи річок стають справжніми стихійними лихами. У таких регіонах небезпечні розливи річок перетворюються за допомогою гребель на корисні джерела енергії. Як приклад можна навести каскад плотин корпорації “TVA” на річці Теннесі, США. 51 плотина захищає орні землі. На 38-ти з них працюють гідроелектростанції. До будівництва цих плотин ведення сільськогосподарської діяльності було майже неможливим [6].

1.3.4 Потенціал енергії Землі

Геотермальна енергія – це енергія внутрішніх областей Землі. Виверження вулканів наочно свідчить про величезний жар усередині планети. Вчені оцінюють температуру ядра Землі в тисячі градусів Цельсія. Ця температура поступово знижується від гарячого внутрішнього ядра, де, як вважають, метали та породи можуть існувати тільки в розплавленому стані, до поверхні Землі [4].

Геотермальні ресурси величезні. Витоки їх освоєння йдуть ще в глибоку давнину. Тепло Землі вже зараз вносить вклад в сучасну енергетику, але він не відповідає ні економічній та екологічній ефективностям, ні ресурсам, достатнім для освоєння наявними технічними засобами. Залишається сподіватися, що

повсюдне запровадження нової інтенсивної циркуляційної технології для виробництва геотермальної енергії призведе до більш широкого її використання.

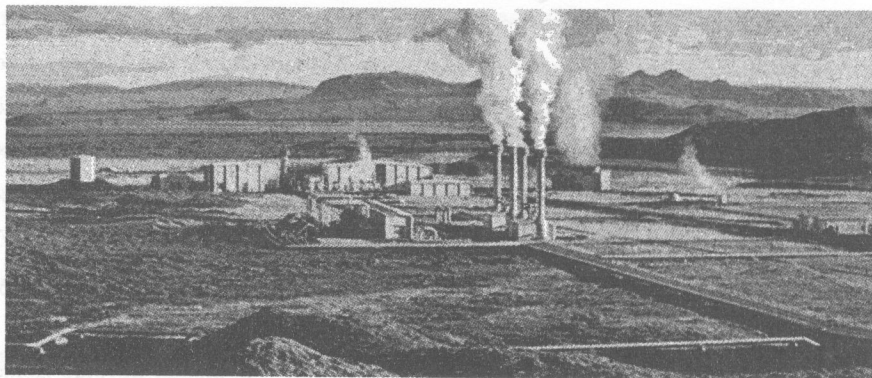


Рисунок 1.18 – Геотермальна електростанція в Кенії

Геотермальна енергія може бути використана двома основними способами – для вироблення електроенергії і для обігріву будинків, установ і промислових підприємств.

Іноді вода виривається з-під землі у вигляді чистої " сухої пари " – пара без домішків водяних крапельок. Ця суха пара може бути безпосередньо використаний для обертання турбіни і вироблення електроенергії, а конденсаційну воду можна повертати в землю і при її достатньо хорошій якості – скидати в ближні водойми.

В інших місцях, де є суміш води з парою (волога пара), цей пар відокремлюють від води і потім використовують для обертання турбін; оскільки краплі води пошкодили б турбіну. Нарешті, в більшості родовищ є тільки гаряча вода, і енергію тут можна виробляти, користуючись цією водою для переробки ізобутану в пароподібний стан, з тим щоб цей ізобутановий «пар» обертав турбіни. Такий процес називають системою з бінарним циклом. Гарячою водою можна безпосередньо обігрівати оселі, громадські будівлі та підприємства (централізоване теплопостачання).

У районах, що відрізняються газотермальною активністю для опалення використовуються парогіотермальні джерела. Застосування цього способу опалення лімітується наявністю в світі відповідних районів. Проте є потенційна можливість його розширення шляхом прокачування геотермальних вод через гарячі підземні породи, де вони знаходяться на помірній глибині.

Застосування геотермальних вод не може розглядатися як екологічно чисте тому, що пар часто супроводжується газоподібними викидами, включаючи сірководень і радон-два, які вважаються небезпечними. На геотермальних станціях пара, що обертає турбіну, повинна бути сконденсованою, що потребує джерела охолоджувальної води, точно так само як цього вимагають електростанції на вугіллі або ядерному паливі. В результаті скидання як охолоджуючої, так і конденсаційної гарячої води можливе теплове забруднення середовища. Крім того, там, де суміш води і пари виходить із землі для електростанцій, що працюють на вологому парі, і там, де гаряча вода виходить на поверхню для станцій з бінарним циклом, воду необхідно видаляти. Ця вода може бути досить солоня (до 20% солі), і тоді буде потрібно перекачування її в океан або нагнітання в землю. Скидання такої води в річки або озера може знищити в них прісноводні форми життя. У геотермальних водах нерідко містяться також значні кількості сірководню, який має неприємний запах, що є небезпечним у великих його концентраціях. Незважаючи на те, що людство ще не знає способу безпосереднього використання вулканічної енергії, але можна навести чудовий приклад раціонального використання енергії земних надр в Ісландії. Ця маленька європейська країна повністю забезпечує себе теплом, яке отримується з гарячих фонтанів гейзерів, які працюють з точністю хронометра.

На сьогодні поблизу м. Сан-Франциско працює геотермальна електростанція потужністю 500 КВт [24].

Але не скрізь з землі б'ють джерела гарячої води. Незважаючи на те, що гейзери чудові джерела енергії, але характерна їм локальність на земній поверхні заперечує будь-які розмови щодо широкого використання останніх.

1.3.5 Потенціал енергії Світового океану

Відомо, що запаси енергії у Світовому океані колосальні. Відомо, що тепла енергія, що відповідає перегріву поверхневих вод, порівняно з донними, на 20°C , становить приблизно 10^{26} Дж. А кінетична енергія океанських течій оцінюється у 10^{18} Дж. Проте, покищо люди вміють використовувати лише дуже малі частки цих енергій, причому ціною великих інвестицій, що повільно окупувають себе. До останнього часу використання енергії океану здавалося нерентабельним.

Найбільш доцільним є вироблення енергії з енергії припливів та відпливів. З 1967 р. у дельті р. Ранс (Франція) працює приливна електростанція (ПЕС) потужністю 240 МВт. Тут приливи досягають висоти 13 м. У 1968 р. радянський інженер Бернштейн розробив зручний спосіб буксирування ПЕС у потрібні місця. В цьому ж році він збудував експериментальну ПЕС в Кислій Губі, що біля Мурманську. Зараз будується ПЕС потужністю 6000 МВт у Баренцевому морі [35].

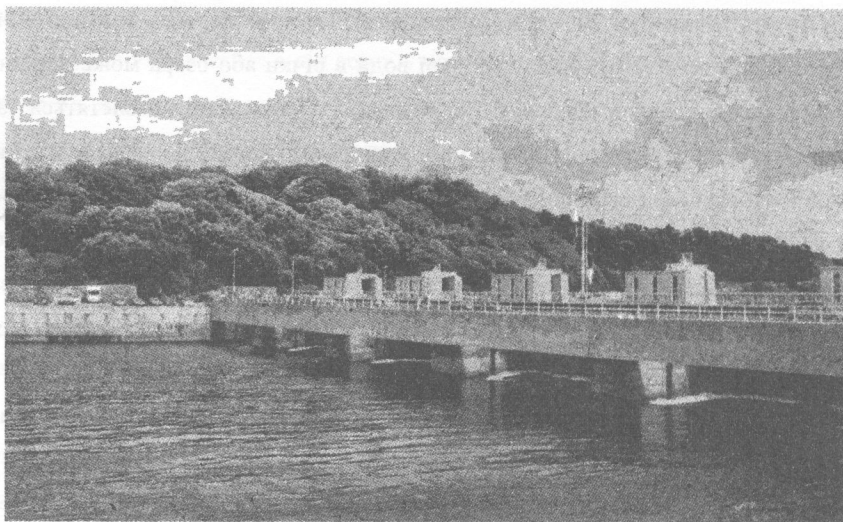


Рисунок 1.19 – Найбільша приливна електростанція в світі Ля Ранс, у французькому історичному регіоні Бретань

Іншою можливістю стало вирощування гігантських швидкоростучих океанських водоростей келп, що легко перероблюються на метан. До того ж, кількість оксиду вуглецю, вивільненого при спалюванні отриманого газу, можна легко повернути у океан, якщо у екваторіальних районах розчиняти у воді чисте залізо. Залізо забезпечує бурхливий ріст планктону і його кількість збільшується у декілька десятків разів, а потім планктон використовує розчинений у воді діоксид вуглецю. Взагалі, в океані зосереджується більша частина вивільненого діоксиду вуглецю, тому зараз проводяться дослідження, щодо зниження температури планети за допомогою розчинення у воді чистого заліза.

У ХХ столітті велику увагу вчені звертають “океанотермічній енергоконверсії” (ОТЕК), тобто отриманню енергії за рахунок різниць температур води на різних глибинах.

Ще однією можливістю є використання океанських течій: швидкість течії Голфстрім біля берегів Флориди сягає 5 миль/год. Ідея встановлення тут гігантських турбін під водою є досить привабливою.

Вже зараз багато маяків, що встановлені на воді біля берегів Японії та США, живляться виключно за рахунок океанських хвиль. Розроблено проекти електростанцій, що використовують океанські хвилі для вироблення енергії, але ці станції повинні мати гігантські розміри, і тому такі проекти зараз не сприймаються серйозно.

Взагалі, Світовий океан є найбільш перспективним і найбільш вигідним енергоносієм у майбутньому. Він ніби гігантський акумулятор вбирає в себе випромінювання сонця, енергію вітрів та енергію, що з’являється в результаті змін гравітаційних полів Землі та Місяця.

1.4 Акумулявання енергії

Акумулявання енергії є однією з найважливіших проблем, коли йдеться про експлуатацію енергетичних систем на основі відновлювальних джерел енергії.

Акумулявати енергію необхідно через енергетичну нестабільність характеристик відновлювальних джерел і споживачів протягом року, у деяких випадках навіть протягом доби.

При застосуванні акумуляторів в енергосистемах на основі відновлювальних джерел енергії виконуються такі основні функції [54]:

- забезпечення безперервного енергопостачання споживачам за рахунок накопичення надмірної енергії та подальшого її використання в період відсутності або недостачі;
- забезпечення оптимального режиму роботи джерел енергії та споживачів за рахунок згладжування коливань в енергомережі;
- підвищення потенціалу енергії до необхідного при накопиченні низькопотенціальної енергії;
- перетворення енергії одного виду в інший відповідно до потреб споживача.

Як акумулятори енергії відновлювальних джерел можна використати:

- електрохімічні акумулятори;
- теплові акумулятори;
- акумулятори на основі зворотних фазових переходів;
- акумулятори на основі зворотних хімічних реакцій;
- акумулятори, що працюють при переробці палива за рахунок його збагачування;
- акумулятори, що працюють на основі водню.

Використання електрохімічних акумуляторів є доцільним у комплексі із сонячними та вітровими установками різної потужності. Вони необхідні в установках невеликої потужності, оскільки при безпосередній роботі відновлювального джерела для споживача неможливо отримати електроенергію необхідної якості.

Дослідження показали, що найбільш ефективними для систем із вітроустановками та сонячними фотобатареями є лужні нікель-кадмієві акумулятори, які можна використовувати навіть при незначних (5%) зарядних струмах.

У Німеччині проводяться роботи зі створення герметичних нікель-водневих акумуляторів із водневим електродом на основі гідратів металів. Вони екологічно чистіші й енергоємніші порівняно з нікель-кадмієвими.

Економічна ефективність теплового акумулятора за інших рівних умов визначається масою та об'ємом теплоакумулюючого матеріалу, необхідного для забезпечення заданих параметрів процесу.

Акумуляування фізичного тепла є найбільш популярним у застосуванні. Досить низька теплосмієність акумулятора має компенсуватися використанням великих об'ємів теплоакумулюючих матеріалів. Як акумулятори використовують теплоізольовані резервуари води.

Акумулятори, які використовують теплові ефекти зворотних фазових переходів, характеризуються більш високою густиною енергії тіла при невеликому об'ємі теплоакумулюючого матеріалу і мають практично постійну температуру розряду.

Теплоаккумулятори з фазовим переходом поділяються на низькотемпературні (до 120 °C), середньотемпературні (120...400 °C) та високотемпературні (400...1000 °C). В теплоаккумуляторах є конструктивна сумісність акумулятора та його оболонки [32].

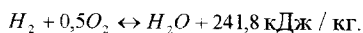
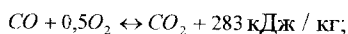
Акумулятори, що працюють із використанням ефекту зворотних хімічних реакцій, характеризуються ще вищою густиною енергії, порівняно з вищерозглянутими акумуляторами, однак вони мають більш високу ціну за рахунок використання відносно дорогих хімічних сполук, а також виділяють гази в процесі хімічних реакцій.

Коли є залишкова енергія відновлюваних джерел, то її можна використовувати для збагачення природного палива під час його переробки, тобто акумуляувати енергію в паливі. Ефективність такого акумуляування можна

розглянути на прикладі переробки вугілля.

При звичайному спалюванні вугілля маємо $C + O_2 \leftrightarrow CO_2 + 393,5 \text{ кДж/кг}$, тобто кожний кілограм вугілля при спалюванні виділяє 393,5 кДж теплової енергії. Якщо обробити вугілля водяною парою, то отримаємо $C + H_2O = CO + H_2 - 131,3 \text{ кДж / кг}$.

Це означає, що замість вуглецю як енергоносія отримаємо енергоносії у вигляді оксиду вуглецю та водню, а витрата енергії 131,3 кДж/кг станеться за рахунок енергії відновлювальних джерел. При спалюванні отриманих енергоносіїв будемо мати:



Отже, маємо сумарну теплову енергію 524,8 кДж/кг, що, порівняно зі звичайним спалюванням вугілля (393,5 кДж/кг), є збагачення палива на 33,3 %.

При обробці вугілля вуглекислим газом маємо $C + CO_2 = 2CO - 172,5 \text{ кДж / кг}$.

При спалюванні отриманого оксиду вуглецю будемо мати $2CO + O_2 = 2CO_2 + 566 \text{ кДж / кг}$, це означає, що отримаємо збагачення вугілля на 43,8 %.

Акумулювання енергії на основі водню (рис. 1.20) має великі перспективи. З енергетичної точки зору, водень - це альтернатива нафті та природному газу, при цьому:

- запаси водню в складі води практично невичерпані;
- теплота згорання водню в кілька разів вища, ніж у природних газів;
- водень як паливо може бути використаний для отримання теплової та електричної енергії, а також у двигунах різного виду;
- водень – екологічно чисте паливо.

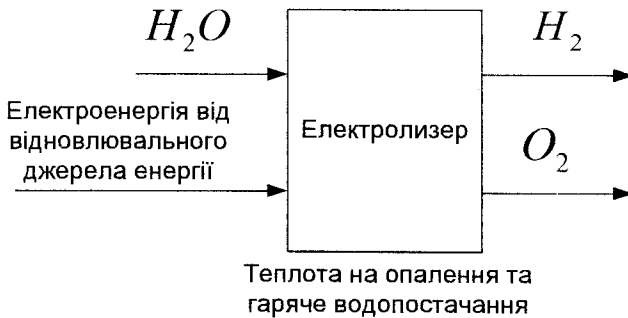


Рисунок 1.20 – Акумуляція енергії НДЕЕ на основі водню

Система акумулювання на основі водню забезпечує:

- стабільне енергопостачання споживачів;
- розв’язання проблем зберігання водню і його використання з метою отримання теплової та електричної енергії;
- отримання палива з оптимальними характеристиками.

1.5 Енергетичний потенціал нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії на Україні

На даний час Україна відноситься до країн з економікою, що розвивається. Для такого роду країн необхідно контролювати витрати в різних сферах, у тому числі й енергоспоживання, тому що цей показник характеризує рівень життя населення країни.

Вважається, чим більше енергоспоживання, тим вище рівень життя.

Враховуючи, що основне завдання енергетики полягає в необхідності достатнього енергозабезпечення, можна зробити висновок, що необхідний рівень енергозабезпечення досягається не тільки валовою кількістю виробництва енергії, але і шляхом енергоресурсозбереження. Цей же висновок стосується Росії та України. Досягти високого рівня життя можна як величезним збільшенням виробництва енергії (це дуже тривалий шлях), так і використовуючи принципи енергоресурсозбереження, майже не збільшуючи виробництво енергії. У цьому

полягає надзвичайно тісний зв'язок між виробництвом енергії, споживанням енергії і енергоресурсозбереженням. Необхідність і можливість розвитку енергетики України на базі відновлюваних джерел зумовлені такими причинами:

- дефіцитом традиційних для України паливно-енергетичних ресурсів;
- дисбалансом у розвитку енергетичного комплексу України, орієнтованого на значне виробництво електроенергії на атомних електростанціях (до 25...30%) за фактичної відсутності виробництв і отримання ядерного палива, утилізації та переробки відходів, а також виробництв з модернізації обладнання діючих АЕС (ядерних реакторів, котельного обладнання тощо);
- сприятливими клімато-метеорологічними умовами для використання основних видів відновлюваних джерел енергії;
- наявністю промислової бази, придатної для виробництва, практично, всіх видів обладнання для поновлюваної енергетики.

1.5.1 Потенціал вітрової енергії на території України

Україна має досить високий кліматичний потенціал вітрової енергії, який забезпечує продуктивну роботу не лише автономних вузлів живлення, але й потужних вітроелектростанцій. Зростає необхідність у виявленні найперспективніших місць використання вітрової енергії, базуючись на її кліматичному потенціалі та показниках його можливої утилізації.

Районування території України за потенціалом вітрової енергії проводилось на основі кліматичного узагальнення цих показників. Вибір здійснювався за принципом їх показовості як характеристик багаторічного режиму вітрової енергії та її просторово-часової структури. Для районування території застосовано комплекс показників:

- середня річна швидкість вітру (дає загальне уявлення про кліматичний вітроенергетичний потенціал будь-якого району) та її мінливість;
- питома потужність та сумарні потенційні вітроенергоресурси і утилізована вітрова енергія;
- тривалість енергоактивної швидкості вітру та енергетичного штилю;

– безперервна тривалість робочої швидкості (як критерій стабільності функціонування вітроагрегатів).

Отже, комплекс показників вітрової енергії дозволяє оцінити енергетичні можливості кожного району та розробити рекомендації щодо її раціонального використання.

Найвищим вітроенергетичним потенціалом відзначаються узбережжя Чорного та Азовського морів, Південний берег Криму, вершини Українських Карпат, Кримських гір, також область Донбасу.

Умови вітровикористання оптимальні протягом усього року. Будівництво вітроелектростанцій треба розгорнути у цих регіонах, враховуючи значний дефіцит власних генеруючих потужностей. Можливе ефективне розміщення як потужних вітроелектростанцій, так і автономних вітроенергоустановок. Слід надавати перевагу будівництву вітроелектростанцій на прилеглих водних акваторіях, що мають особливо високий вітроенергетичний потенціал.

Високий потенціал вітрової енергії властивий району Донецької височини, Приазовської та Причорноморської низовин. Тут протягом року сприятливі умови для вітровикористання та ефективної роботи потужних вітроелектростанцій та автономних вітроенергоустанов.

Достатнім вітроенергетичним потенціалом відзначаються також Подільська та Придніпровська височини. Умови вітровикористання досить сприятливі, особливо у холодний період року.

Поліська та Придніпровська низовини характеризуються невисоким вітровим потенціалом та нерівномірним його розподілом протягом року. Умови вітровикористання менш сприятливі, рекомендується розміщення тихохідних вітроенергоустановок, рентабельність яких підвищуватиметься у холодний період року.

Передкарпаття, Закарпаття та вузькі захищені долини Українських Карпат та Кримських гір відзначаються низьким вітровим потенціалом. Умови вітровикористання несприятливі, за винятком окремих місць, які значно домінують над навколишньою місцевістю.

1.5.2 Потенціал сонячної енергії в Україні

В результаті обробки статистичних метеорологічних даних по надходженню сонячної радіації визначено питомі енергетичні показники з надходження сонячної енергії та розподіл енергетичного потенціалу сонячного випромінювання для кожної з областей України.

Середньорічна кількість сумарної сонячної радіації, що поступає на 1 м^2 поверхні, на території України знаходиться в межах: від $1070 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ в північній частині України до $1400 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ і вище в АР Крим [3].

Потенціал сонячної енергії в Україні є достатньо високим для широкого впровадження як теплоенергетичного, так і фотоенергетичного обладнання, практично, в усіх областях. Термін ефективної експлуатації геліоенергетичного обладнання в південних областях України – 7 місяців (з квітня по жовтень), в північних областях 5 місяців (з травня по вересень). Фотоенергетичне обладнання може достатньо ефективно експлуатуватися протягом всього року.

В кліматометеорологічних умовах України для сонячного тепlopостачання ефективним є застосування плоских сонячних колекторів, які використовують як пряму, так і розсіяну сонячну радіацію. Концентруючі сонячні колектори можуть бути достатньо ефективними тільки в південних регіонах України.

1.5.3 Енергетичний потенціал малих рік України

Україна має потужні ресурси гідроенергії малих рік – загальний гідроенергетичний потенціал малих рік України становить біля 12,5 млрд. кВт·год, що складає біля 28% загального гідро потенціалу всіх рік України.

Створено базу даних по розподілу енергетичного потенціалу малих рік за областями України. Коливання осереднених даних по загальному потенціалу в Україні досить незначні, тоді як дані по технічному та дощільно-економічному потенціалу малих рік потребують уточнення – в звичайних ситуаціях не менше одного разу в 5 років, а в виняткових випадках – щорічно [4].

Головною перевагою малої гідроенергетики є дешевизна електроенергії, генерованої на гідроелектростанціях; відсутність паливної складової в процесі

отримання електроенергії при впровадженні малих гідроелектростанцій дає позитивний економічний та екологічний ефект.

Первинним джерелом енергії для малої гідроенергетики є гідропотенціал малих річок; верхня межа потужності гідроенергетичного обладнання становить 30 МВт. Згідно міжнародної класифікації за нормативом ООН, до малих гідроелектростанцій (МГЕС) відносять гідроелектростанції потужністю від 1 до 30 МВт, до мініГЕС – від 100 до 1000 кВт, до мікроГЕС – не більше 100 кВт.

Для вирішення проблем розвитку малої гідроенергетики Україна має достатній науково-технічний потенціал і значний досвід в галузі проектування і розробки конструкцій гідротурбінного обладнання, дослідження гідроенергетичного потенціалу малих річок, вирішення водогосподарських та екологічних проблем при будівництві гідроелектростанцій. Українські підприємства мають необхідний виробничий потенціал для створення вітчизняного обладнання малих ГЕС.

1.5.4 Енергетичний потенціал біомаси в Україні

Енергетична ефективність біоенергетики достатньо висока для того, щоб виділити її в окремий напрям енергетичного господарства. В Україні існує достатній енергетичний потенціал практично всіх видів біомаси і необхідна науково-технічна та промислова база для розвитку даної галузі енергетики.

Показники енергетичного потенціалу біомаси відрізняються від потенціалу інших відновлюваних джерел енергії тим, що, окрім кліматометеорологічних умов, енергетичний потенціал біомаси в країні в значній мірі залежить від багатьох інших факторів, в першу чергу від рівня господарської діяльності.

Енергетичний потенціал біомаси представлено такими її складовими – енергетичним потенціалом тваринницької сільськогосподарської і рослинної сільськогосподарської біомаси та енергетичним потенціалом відходів лісу.

Основними технологіями переробки біомаси, які можна рекомендувати до широкого впровадження в даний час є: пряме спалювання, піроліз, газифікація,

анаеробна ферментація з утворенням біогазу, виробництво спиртів та масел для одержання моторного палива.

При обґрунтуванні впровадження біоенергетичних технологій забезпечення охорони оточуючого середовища знезараженням відходів біомаси часто посідає перше місце: в процесі переробки тваринницьких відходів та міських стічних вод, окрім знешкодження небезпечної мікрофлори, гельмінтів та насіння бур'янів, які попадають в ґрунт, в поверхневі та підземні води, усувається забруднення повітря в зонах їх накопичення.

Економічна ефективність біоенергетичного обладнання в більшості випадків забезпечується правильним вибором технології переробки біомаси та розташуванням обладнання в місцях постійного її накопичення; важливим є також ефективно і, по можливості, комплексне використання всіх отриманих в процесі переробки продуктів.

1.6 Загальна характеристика використання правових та наукових засад для розвитку нетрадиційних джерел енергії

Характерною прикметою сучасної енергетики України є рух в напрямку розвитку екологічно чистої енергетики на основі нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії.

Нетрадиційна енергетика отримала визнання з боку державних органів влади, в результаті чого підготовлено та прийнято ряд державних програм і поправок до законів про енергетику, що створює сприятливі умови як для впровадження і експлуатації вже розробленого обладнання нетрадиційної енергетики, так і розвитку нових енерготехнологій та устаткування.

Першочерговим завданням для успішної реалізації завдань основної програми розвитку НВДЕ – Програми державної підтримки розвитку нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії та малої гідро- і теплоенергетики України – по широкомасштабному використанню енергії НВДЕ є встановлення енергетичного потенціалу кожного з видів НВДЕ по всій території України, для чого створюється єдина Інформаційно-аналітична система з розширеними

функціями, що дозволяє оперативно вирішувати питання ефективності впровадження енергетичного обладнання в конкретній місцевості.

Досить швидким темпам її розвитку сприяє науковий та практичний доробок в цій галузі, набутий протягом останніх 20 років в Національному університеті України «Київський політехнічний інститут», Вінницькому національному технічному університеті, Інституті електродинаміки НАН України та інших наукових закладах. Значний вклад в розвиток нетрадиційної енергетики внесли Інститут загальної енергетики та Інститут теплофізики НАН України, МНТЦ вітроенергетики, ДНДІ нетрадиційної енергетики Міненерго України.

Використання створеної на даний час інформаційно-аналітичної системи оцінки енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України дозволяє проводити щорічне відсліджування та уточнення кількісних параметрів енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії по всій території України, отримуючи результати у вигляді картографічної інформації з візуалізацією результатів у вигляді картографічної та атрибутивної бази даних. Відсліджування і аналіз поточної та багаторічної інформації має за мету також видачу рекомендацій для застосування як вже освоєних, так і нових відновлюваних джерел енергії по всій території України.

1.7 Застосування нетрадиційних та відновлювальних джерел енергії у світі

Значним та реально досяжним є потенціал використання НВДЕ у сільському господарстві. По-перше, об'єкти – споживачі електричної енергії цієї галузі нерідко значно віддалені від великих електростанцій; адже добре відомі нам сьогодні ГЕС, ГРЕС, ТЕС не можуть орієнтуватися на споживача в своєму розміщенні. Біля 70% собівартості вітчизняної продукції сільського господарства становлять енергозатрати. По-друге, сільськогосподарські виробництва взагалі дуже енергосмі, якщо мова йде про електроенергію. А із застосуванням енергії з нетрадиційних джерел, ці витрати знижуються майже в 3 рази. Для приводу водопідйомників і насосів найдоцільніший спосіб отримання енергії, заснований

на анаеробному (у присутності каталізатора) зброджуванні відходів.

На підприємствах переробної галузі також ефективно застосовувати енергію з нетрадиційних джерел для отримання, наприклад, ультразвуку, струмів високої частоти, тощо; на нагрів води та отримання пари для стерилізації теж економічно вигідно використовувати в якості парогенераторів і дублерів парогенераторів вітроагрегати. Області застосування НВДЕ численні: в побуті їх зручно застосовувати для нагріву води, теплостачання, а також можна згадати геліодуші.

Енергію з біомаси широко отримують в Бразилії, США.

У Греції, Ізраїлі, Кіпрі, Туреччині успішно використовуються генератори сонячної енергії. У Данії, Індії, Китаї, Каліфорнії – вітроагрегати. А крім Росії ПЕС експлуатуються у Франції, Канаді, Індії, Китаї [6].

Говорячи про водневу енергетику, відзначимо, що крім методів виробництва водню і його використання в паливних елементах необхідно як і раніше приділяти увагу і способам прямого спалювання водню в енергетичних установках і двигунах. Так, новий підхід, щодо використання водню в енергетиці, полягає в допалюванні водню разом з паром. В результаті досягаються більш високі параметри пари і, відповідно, більш високий ККД турбіни – до 55%.

Надзвичайно перспективний напрямок – застосування як парових, так і газових турбін в малій енергетиці. У Росії є величезна кількість котелень, які призначені для теплостачання, але в той же час виробляють пар з високими параметрами (тиск до 39 атмосфер). Таку пару можна використовувати для вироблення електроенергії в парових протитискових турбінах. Оцінюваний потенціал становить 25 тис. МВт. Причому, витрата палива на генерацію електрики виявляється в 2 рази нижче, ніж в РАО «ЄЕС». Зараз на котельні ННЦ СО РАН реалізується проект з установкою протитискової турбіни потужністю 6 МВт.

Виділяючи квінтесенцію з матеріалу, викладеного в даному розділі підкреслимо наступне.

Застосування відновлюваних джерел енергії дозволяє зменшити витрати на нагрів гарячої води, витрати на опалення.

Уся територія України придатна для застосування відновлюваних джерел енергії.

Територія України, незважаючи на те, що є не досить сприятлива для використання геотермічної енергетики, вітроенергетики та інших відновлюваних джерел енергії та має свої кліматичні особливості використання, є придатною для використання НВДЕ.

Контрольні питання до розділу 1

1. Що являють собою відновлювані джерела енергії?
2. Як класифікуються нетрадиційні відновлювані джерела енергії?
3. Які потенційні світові запаси нетрадиційної та відновлюваної енергетики?
4. Який енергетичний потенціал нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії на Україні?
5. Що являє собою потенціал науково-промислового комплексу України?
6. Які є приклади застосування нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні?
7. Яке застосування нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії вам відоме у світі?
8. З якою метою використовується акумулювання енергії?
9. Які є проблеми альтернативної енергетики?
10. Які є перспективи розвитку використання нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні?

2.1 Геліоенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення

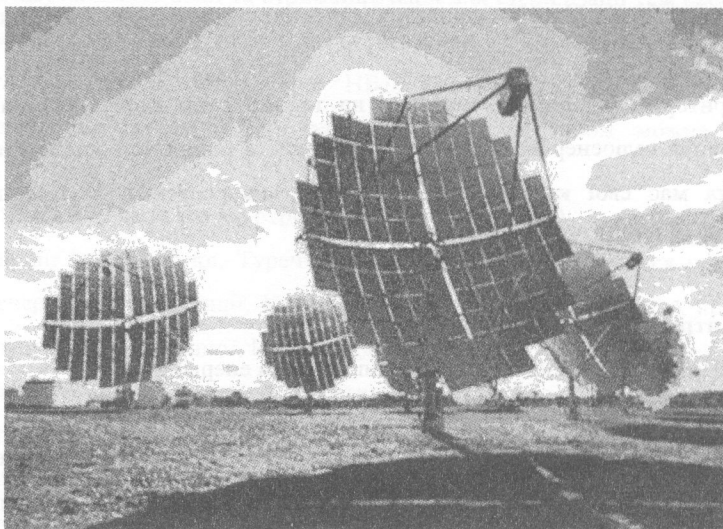


Рисунок 2.1 – Сонячні панелі в Іспанії

Сонячна (геліо) енергетика — використання сонячної енергії для отримання енергії в будь-якому зручному для її використання вигляді. Сонячна енергетика використовує відновлюване джерело енергії і в перспективі може стати екологічно чистою, тобто такою, що не виробляє шкідливих відходів (рис. 2.1).

На сьогодні сонячна енергетика широко застосовується у випадках, коли малодоступність інших джерел енергії в сукупності з достатньою кількістю сонячного випромінювання виправдовує її економічно.

Потік сонячного випромінювання, що проходить через площу в 1 м^2 , розташовану перпендикулярно потоку випромінювання на відстані однієї астрономічної одиниці від центру Сонця (тобто зовні атмосфери Землі), рівний 1367 Вт/м^2 (сонячна постійна) [52].

При проходженні через атмосферу потужність сонячної радіації зменшується за рахунок поглинання і розсіяння пилом, аерозолями і молекулами газів. Частина падаючої енергії відбивається в космос. Частка відображеного тепла залежить від того, на яку поверхню потрапляє випромінювання. Так, для сухого чорнозему ця частка рівна 0,14, зораного поля 0,26...0,38, сніги 0,6...0,9, водній поверхні 0,2...0,78 залежно від кута падіння сонячних променів. Отже щільність теплопритоку неоднакова на різних широтах Землі, в різні пори року і періоди доби.

Перспективи сонячної енергетики також зменшуються внаслідок глобального затемнення – антропогенного зменшення сонячного випромінювання, що доходить до поверхні Землі.

Переваги сонячної енергетики:

- загальнодоступність і невичерпність джерела;
- теоретично, повна безпека для навколишнього середовища (проте в даний час у виробництві фотоелементів і в них самих використовуються шкідливі речовини).

Недоліки сонячної енергетики:

1. Фундаментальні проблеми.

Через відносно невелику величину сонячної постійної для сонячної енергетики потрібне використання великих площ землі під електростанції. Проте, фотоелектричні елементи на великих сонячних електростанціях встановлюються на висоті 1,8...2,5 метра, що дозволяє використовувати землі під електростанцією для сільськогосподарських потреб, наприклад, для випасу худоби.

Проблема знаходження великих площ землі під сонячними електростанціями вирішується у разі застосування сонячних аеростатних електростанцій, придатних як для наземного, так і для морського і для висотного базування.

Потік сонячної енергії на поверхні Землі сильно залежить від широти і клімату. У різних місцевостях середня кількість сонячних днів протягом року може дуже сильно відрізнятись.

2. Технічні проблеми.

Сонячна електростанція не працює вночі і недостатньо ефективно працює у ранкових і вечірніх сутінках. При цьому пік електроспоживання припадає саме на вечірні години. Крім того, потужність електростанції може стрімко і непередбачувано коливатися через зміни погоди. Для подолання цих недоліків потрібно або використовувати ефективні електричні акумулятори (на сьогоднішній день це не достатньо вирішена проблема), або будувати гідроакумулюючі станції, які теж займають велику територію, або використовувати концепцію водневої енергетики, яка також поки що далека від економічної ефективності.

Проблема залежності потужності сонячної електростанції від часу доби і погодних умов вирішується у разі сонячних аеростатних електростанцій.

Висока ціна сонячних фотоелементів. Ймовірно, з розвитком технології цей недолік у майбутньому подолають.

Недостатній ККД сонячних елементів.

Поверхню фотопанелей потрібно очищати від пилу і інших забруднень. При їх площі в декілька квадратних кілометрів, це може викликати деякі труднощі.

Ефективність фотоелектричних елементів помітно падає при їх нагріванні, тому виникає необхідність в установці систем охолодження, зазвичай водяних.

Через 30 років експлуатації ефективність фотоелектричних елементів починає знижуватися.

3. Екологічні проблеми.

Не дивлячись на екологічну чистоту отримуваної енергії, самі фотоелементи містять отруйні речовини, наприклад: свинець, кадмій, галій, миш'як і т. д., а під час їхнього виробництва, використовує значну кількість інших небезпечних речовин. Сучасні фотоелементи мають обмежений термін служби (30...50 років), а масове їх застосування поставить в найближчий час складне питання про їх утилізації.

Способи отримання електричної і теплової енергії з сонячного випромінювання [12]:

1. Отримання електроенергії за допомогою фотоелементів.

2. Геліотермальна енергетика – нагрівання поверхні, що поглинає сонячні промені з подальшим розподілом і використання тепла (фокусування сонячного випромінювання на посудині з водою для подальшого використання нагрітої води в опалюванні приміщень і споруд або в парових електрогенераторах).

3. «Сонячне вітрило» може в безповітряному просторі перетворювати сонячні промені в кінетичну енергію.

4. Термоповітряні електростанції – перетворення сонячної енергії в енергію повітряного потоку, що направляється на турбогенератор.

5. Сонячні аеростатні електростанції – генерація водяної пари всередині балона аеростата за рахунок нагрівання сонячним випромінюванням поверхні аеростата, покритої селективно-поглинаючим покриттям. Перевага — запасу пари в балоні достатньо для роботи електростанції в темний час доби і хмарну погоду.

6. Інші види використання сонячної енергії.

Великий і недостатньо використовуваний потенціал використання сонячної енергії є в сільському господарстві і промисловості. Перерахуємо деякі з можливих застосувань:

- сонячний підігрів води для гарячого водопостачання тваринницьких ферм і інших об'єктів;
- сушка зерна, фруктів, овочів, сіна, тютюну і іншої сільськогосподарської продукції;
- тепличне рослинництво;
- опріснення води в південних посушливих районах;
- сонячний підігрів залізобетонних конструкцій в процесі виробництва на залізобетонному комбінаті.

2.2 Сонячна теплоенергетика

У сонячній теплоенергетиці електроенергію одержують у теплових машинах (наприклад, звичайних парогенераторах), в яких тепло від згорання палива замінюється потоком концентрованого сонячного світла. Тобто вода перетворюється на пару за рахунок енергії сонця, а не спалювання вугілля чи іншого палива. Для цього сонячне світло за допомогою системи дзеркал концентрують на спеціальний сонячний котел, з якого утворена водяна пара, спрямовується в стандартну парову турбіну. За рахунок використання сучасних технологій вартість електроенергії, отриманої на сонячній електростанції, наблизилася до вартості енергії, отриманої на атомних електростанціях. Схема будови енергетичних геліоустановок наведена на рис. 2.2.

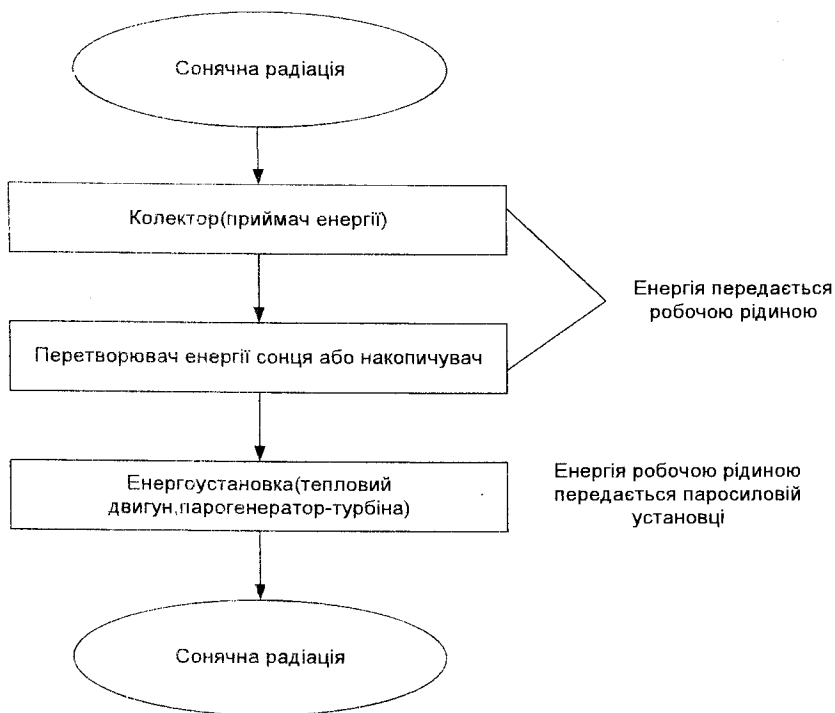


Рисунок 2.2 – Структурна схема геліоенергетичної установки

Робочим тілом в колекторах є вода або водно-спиртовий розчин у зимовий

період. Ефективність використання падаючого на приймач випромінювання становить від 20 до 35%, вироблена електроенергія становить від 10% до 30% від ефективного падаючого випромінювання.

Найбільша сонячна електростанція потужністю 10 МВт (Solar One) була побудована в Каліфорнії (США). Більшість подібних сонячних електростанцій передбачає однаковий принцип дії: поле розміщених на рівні землі дзеркал-геліостатів, що "слідкують" за сонцем, відбивають сонячні промені на приймач-ресивер, встановлений на досить високій вежі.

Ресивер – це сонячний котел, в якому виробляється водяна пара середніх параметрів, спрямована потім в стандартну парову турбіну. Схема такої установки наведена на рис. 2.3.

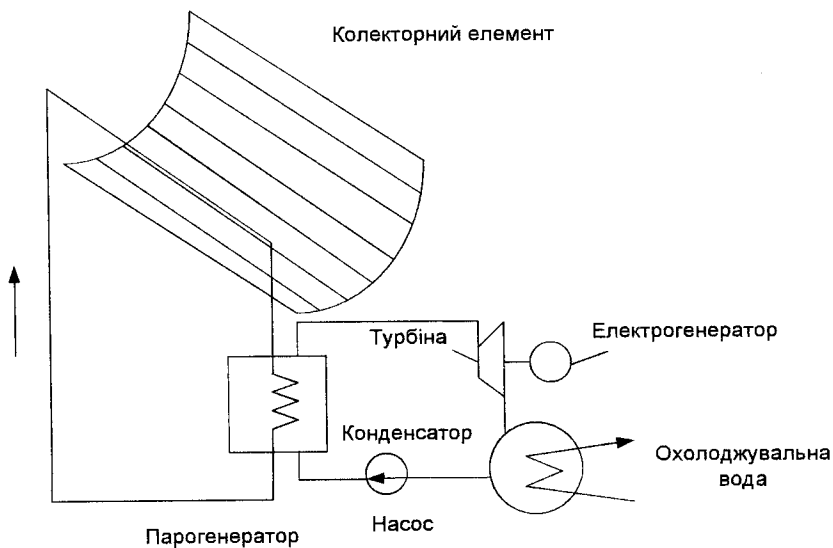


Рисунок 2.3 – Схема паросилової сонячної електростанції

Така електростанція може працювати тільки при прямому освітленні сонячними променями. Тому часто, щоб уникнути перебоїв у генерації струму, такі станції комбінують зі звичайними тепловими електростанціями. Технічна складність підтримання ефективної роботи сонячної електростанції та доволі

великі площі дзеркал, які необхідні для отримання достатніх для промислового використання об'ємів електроенергії, стримують швидкий розвиток цього напрямку сонячної енергетики

2.2.1 Типи колекторів

Плоский колектор – найпоширеніший вид сонячних колекторів, що використовуються в побутових водонагрівальних та опалювальних системах (рис. 2.4).

Цей колектор є теплоізолюваною скляною панеллю, в яку вміщено пластина поглинач. Пластина поглинач виготовлена з металу, що добре проводить тепло (наприклад мідь або алюміній). Найчастіше використовують мідь, оскільки вона краще проводить тепло і менше схильна до корозії, ніж алюміній. Пластина поглинач оброблена спеціальним високоселективним покриттям, яке краще утримує поглинуте сонячне світло. Це покриття складається з дуже міцного тонкого шару аморфного напівпровідника, нанесеного на металеву основу, і відрізняється високою здатністю, до поглинання у видимій області спектра і низьким коефіцієнтом випромінювання в довгохвильовій інфрачервоній області. В плоских колекторах зазвичай використовується матове скло, яке пропускає тільки світло, завдяки чому знижуються втрати тепла. Дно і бічні стінки колектора покривають теплоізолюючим матеріалом, що ще більше скорочує теплові втрати (рис. 2.5) [2, 7].

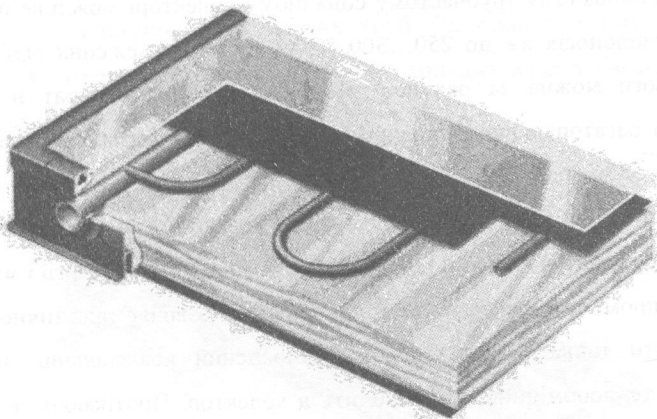


Рисунок 2.4 – Будова плоского сонячного колектора

Чим більше падаючої енергії передається теплоносію, що протікає в колекторі, тим вище його ефективність. Підвищити її можна, застосовуючи спеціальні оптичні покриття, не випромінюючи тепло в інфрачервоному спектрі. Стандартним вирішенням підвищення ефективності колектора стало застосування абсорбера з листової міді із-за її високої теплопровідності.

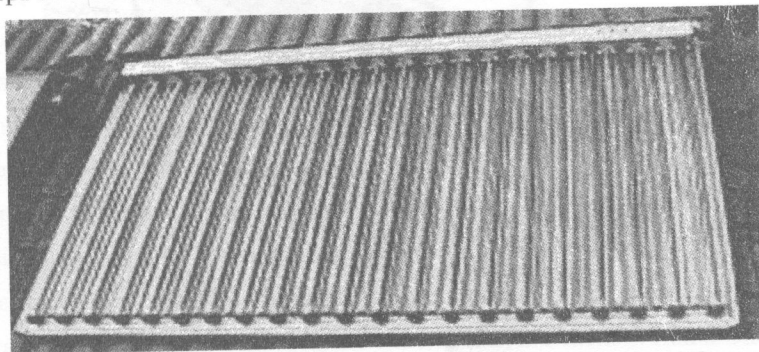


Рисунок 2.5 – Зовнішній вигляд плоского сонячного колектора

У вакуумованому трубчастому сонячному колекторі можливе підвищення температур теплоносія аж до 250...300 °С у режимі обмеження відбору тепла. Добитися цього можна за рахунок зменшення теплових втрат в результаті використання багат шарового скляного покриття, герметизації або створення в колекторах вакууму [5, 9, 17].

У кожен вакуумовану трубку вбудований мідний поглинач з геліотітановим покриттям, що гарантує високий рівень поглинання сонячної енергії і малу емісію теплового випромінювання. Вакуумований простір дозволяє практично повністю усунути втрати тепла. На поглиначі встановлений коаксіальний трубчастий прямооточний теплообмінник, що виходить в колектор. Протікаючи через нього, теплоносій забирає тепло від поглинача. До переваг цієї системи можна віднести безпосередню передачу тепла воді, що дозволяє скоротити втрати тепла. Так як повний коефіцієнт втрат у вакуумному колекторі малий, теплоносій у ньому можна нагріти до температур 120...160 °С (рис. 2.6).

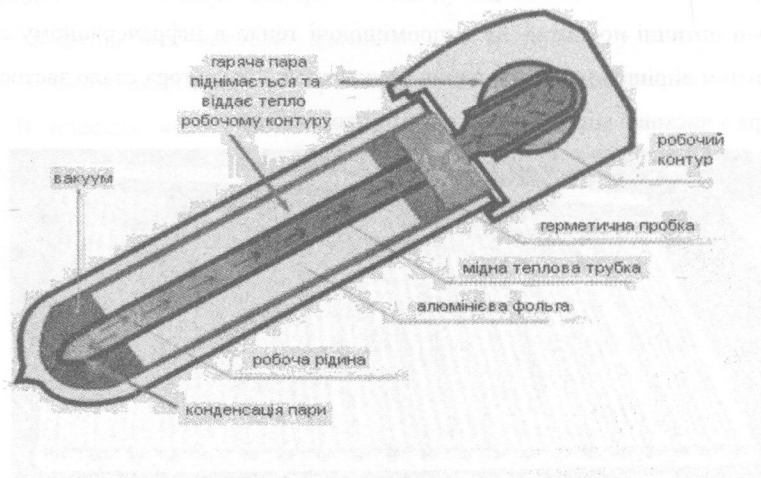


Рисунок 2.6 – Структура вакуумованого трубчастого сонячного колектора

Сонячна радіація проходить крізь вакуумовану скляну трубку, потрапляє на поглинач і перетворюється на теплову енергію. Тепло передається рідині, що протікає по коаксіальному трубчастому прямооточному теплообміннику. Кожна

трубка теплообмінника сполучена з накопичувальним баком так званим "колектором" – системою з 2 мідних труб. За однією з них нагріта вода передається в бак-накопичувач, за іншою – холодна вода з бака-накопичувача надходить на нагрів в вакуумовану трубку (рис. 2.7).

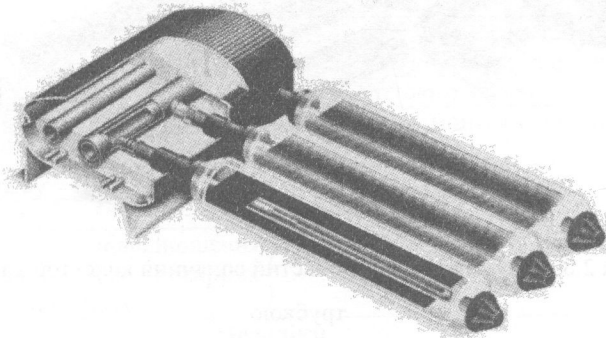


Рисунок 2.7 – Вакуумований трубчастий сонячний колектор

Конструкція вакуумованого трубчастого колектора з тепловою трубкою схожа на конструкцію термоса: одина скляна чи металева трубка вставлена в іншу більшого діаметра. Між ними – вакуум, який є відмінною теплоізоляцією. Завдяки йому втрати на випромінювання, особливо помітні при підвищених температурах води, що нагрівається, дуже низькі. У кожну вакуумовану трубку вбудована мідна пластина поглинач з геліотитановим покриттям, що гарантує високий рівень поглинання сонячної енергії і малу емісію теплового випромінювання. Під поглиначем встановлена теплова труба, заповнена рідиною, що випаровується. За допомогою гнучкого сполучного елемента теплова труба приєднана до конденсатора, що знаходиться в теплообміннику типу "труба в трубі". З'єднання відноситься до так званого "сухого" типу, що дозволяє повертати або замінювати трубки і при заповненій установці, що знаходиться під тиском. Найбільш важлива перевага вакуумованого колектора з тепловою трубкою полягає в тому, що він здатний працювати при температурах до -30°C (колектори зі скляними тепловими трубками) або навіть до -45°C (колектори з металевими тепловими трубками) [15, 19].

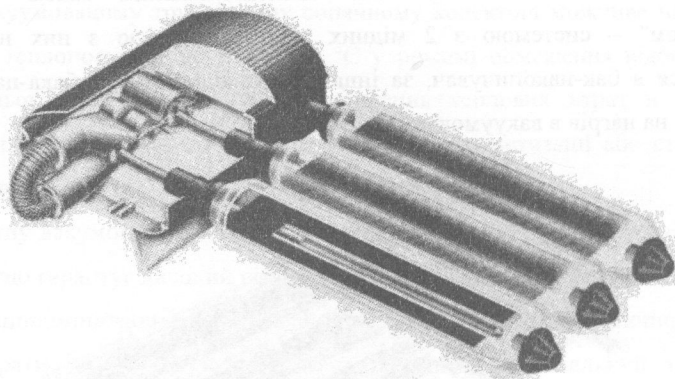


Рисунок 2.8 – Вакумований трубчастий сонячний колектор з тепловою трубкою

Це більш складний і дорожчий тип колектора (рис. 2.8). Теплова трубка – це закрита мідна чи скляна трубка з невеликим вмістом легкозаймистої рідини. Під впливом тепла рідина випаровується і забирає тепло вакуумної трубки. Пари піднімаються у верхню частину, де конденсуються і передають тепло теплоносіям основному контуру водоспоживання або незамерзаючій рідині опалювального контуру. Конденсат стікає вниз, і все повторюється знову. Приймач сонячного колектора мідний з теплоізоляцією. Передача тепла відбувається через мідну "гільзу" приймача, завдяки цьому опалювальний контур відділений від трубок, і при пошкодженні однієї трубки колектор продовжує працювати. Окрему трубку можна замінити в разі необхідності, колектор при цьому продовжує функціонувати. Процедура заміни трубок дуже проста, при цьому немає необхідності зливати незамерзаючу рідину з контуру теплообмінника.

Сучасні побутові сонячні колектори здатні нагрівати воду аж до температури кипіння навіть при від'ємній навколишній температурі.

Таблиця 2.1 – Порівняльна таблиця трубчастих і плоских колекторів

Вакуумні трубчасті	Плоскі високоселективні
Переваги	
Низькі тепловтрати	Здатність очищатися від снігу і інею
Працездатність в холодну пору року до -30С	Висока продуктивність влітку
Здатність генерувати високі температури	Відмінне співвідношення ціна/продуктивність для південних широт і теплого клімату
Тривалий період роботи протягом доби	Можливість монтажу під будь-яким кутом
Зручність монтажу	Менша початкова вартість
Низька парусність	
Відмінне співвідношення ціна/продуктивність для помірних широт і холодного клімату	
Недоліки	
Нездатність до самоочищення від снігу	Високі теплові втрати
Відносно висока початкова вартість проекту	Низька працездатність в холодну пору року

Сонячні повітряні колектори – це прилади, що працюють на енергії Сонця і нагрівають повітря. Сонячні повітряні колектори є найчастіше простими плоскими колекторами і використовуються в основному для опалювання приміщень, сушки сільськогосподарської продукції. Повітря проходить через поглинач завдяки природній конвекції або під впливом вентилятора. Оскільки повітря гірше проводить тепло, ніж рідина, то воно передає поглиначу менше тепла, рідкого теплоносія. У деяких сонячних повітрянагрівачах до поглинаючої пластини приєднані вентилятори, які збільшують турбулентність повітря і покращують теплопередачу. Недолік цієї конструкції в тому, що вона витрачає енергію на роботу вентиляторів, таким чином збільшуючи витрати на експлуатацію системи. У холодному кліматі повітря прямує в проміжок між пластиною-поглиначем і утепленою задньою стінкою колектора: таким чином, зменшуються втрати тепла через скло. Проте, якщо повітря нагрівається не більш, ніж на 17 °С вище за температуру зовнішнього повітря, тоді теплоносієм може циркулювати по обидві сторони від пластини-поглинача без великих втрат

ефективності роботи колектора. Основними перевагами повітряних колекторів є їх простота і надійність.

Такі колектори мають просту конструкцію. При належній експлуатації якісний колектор може прослужити 10...20 років, а управління ним досить просте. Теплообмінник не потрібний, оскільки повітря не замерзає. Потенційним способом зниження вартості колекторів є їх монтаж в стіни або в дахи будівель, а також створення колекторів, які можна буде збирати з готових збірних компонентів. Колектори призначені для обігріву приміщень в умовах достатньої сонячної освітленості і за відсутності (або паралельно з ними) інших джерел енергії. Колектори не можуть бути основною системою опалювання, оскільки не забезпечують постійних характеристик, як протягом доби, так і при зміні сезонів року. Проте система може бути інтегрована в будь-яку існуючу систему опалювання приміщень.

2.2.2 Принципи дії колекторів

Основним елементом геліосистем є сонячний колектор (геліоколектор). Саме в поглинаючій панелі геліоколектора під впливом сонячного випромінювання (інфрачервоної складової) відбувається перетворення сонячної енергії в теплову, у результаті, панель розігрівається, а циркулюючий по каналах рідкий теплоносій - відбирає отримане тепло. Прозора ізоляція (скло) і теплоізоляційний шар зменшують втрати теплової енергії. У двоконтурних системах нагрітий у колекторі теплоносій надходить у внутрішній (чи зовнішній) теплообмінник бака-акумулятора, де передає отриману теплову енергію воді. Потім охолоджений теплоносій повертається в колектор і знову нагрівається – цикл замикається. Теплоносій безперервно циркулює між колекторами та баком до того часу, доки не буде отримано достатньо сонячної енергії, щоб нагрівати воду [16].

Сонячний колектор – найбільш відомий пристрій, що безпосередньо використовує енергію Сонця, вони були розроблені близько двохсот років тому. Найвідоміший з них – плоский колектор – був виготовлений в 1767 році

швейцарським вченим на ім'я Горацій де Сосюр. Пізніше ним скористався для приготування їжі сер Джон Гершель під час своєї експедиції до Південної Африки в 30-х роках XIX століття.

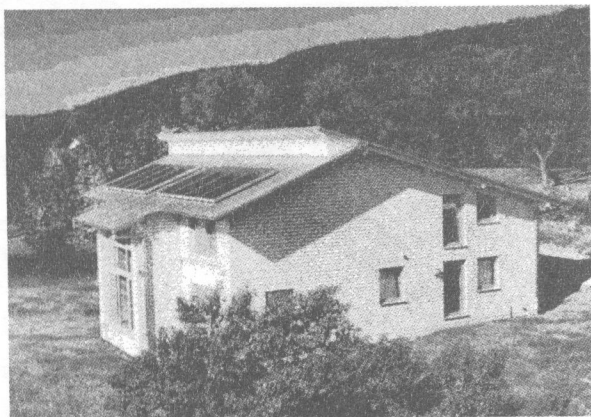


Рисунок 2.9 – Застосування сонячних колекторів у побуті

На практиці, сучасний ефективний плоский геліоколектор працює із середнім коефіцієнт корисної дії (ККД) близько 50%, більш застарілі моделі працюють із ККД – 20...40%. ККД сонячного колектора нестабільний і може визначитися тільки для конкретних умов експлуатації в окремий момент часу (рис. 2.10). Чим нижче температура, до якої потрібно нагріти теплоносії, тим вище ККД геліоколектора.

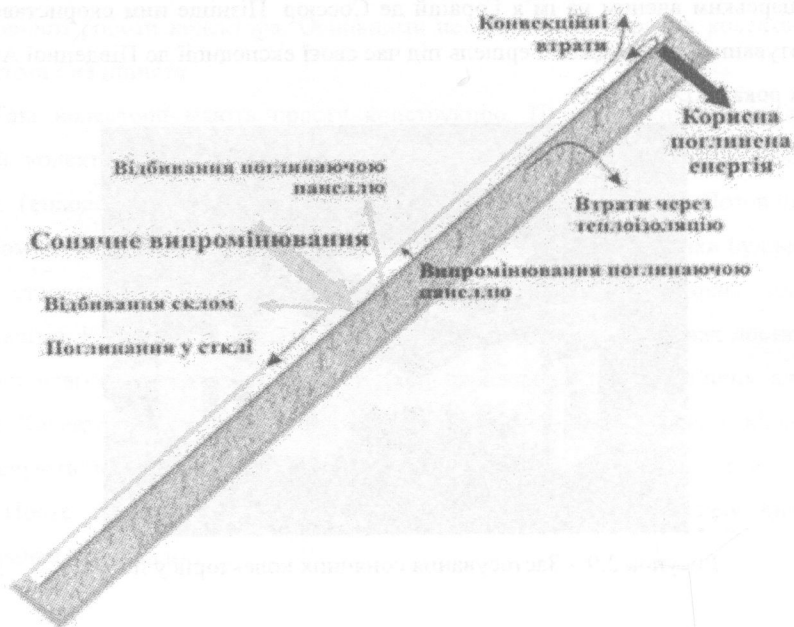


Рисунок 2.10 – Втрати теплової енергії у плоскому сонячному колекторі

Геліоколектор практично ніколи не працює з максимальним ККД тому, що в цьому випадку температура, до якої потрібно нагріти теплоносій, повинна бути не вище температури навколишнього повітря.

Використовуючи енергію сонця, геліосистеми дозволяють заощаджувати до 75% традиційного палива, яке необхідно для нагрівання гарячої води, і до 50% необхідного для опалення. Принцип роботи такої геліосистеми схематично зображений на рисунку 2.11.

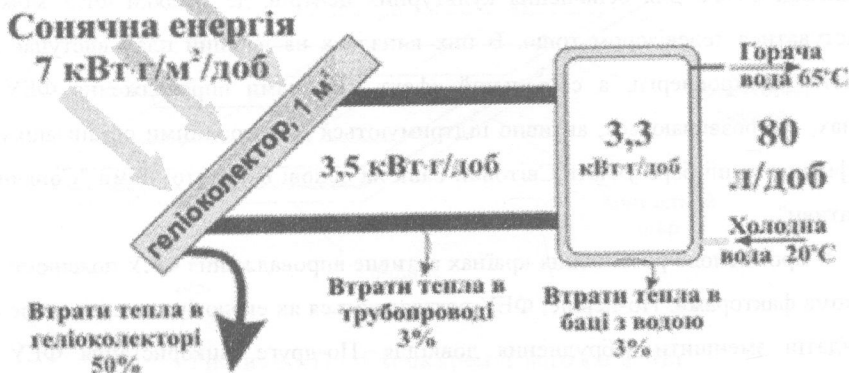


Рисунок 2.11 – Умовне вироблення теплової енергії для нагрівання води в сонячний день, геліосистемою, що складається з 1 м² ефективного геліоколектора і бака з гарячою водою на 80...100 л

Системи сонячного тепlopостачання вважаються одними із самих надійних і довговічних, за умови, якщо вони були правильно розраховані, використовувалося ефективне і якісне устаткування, а також були якісно змонтовані. Будь-яка помилка може призвести до того, що система не буде виробляти бажану кількість теплової енергії або взагалі швидко вийде з ладу.

2.3 Сонячна фотоенергетика

Останнім часом через швидкий розвиток космічної техніки у світі зростає цікавість до установок, які безпосередньо перетворюють сонячну радіацію на електричну енергію за допомогою напівпровідникових фотоелектроперетворювачів (ФЕП). Вартість електроенергії, що виробляється фотоелектричними установками (ФЕУ) на сьогодні в декілька разів вища, ніж на електричних станціях з тепловим циклом. Незважаючи на це, ФЕУ активно впроваджуються як у розвинутих країнах, так і в країнах, що розвиваються. При цьому можна дослідити дві протилежні тенденції.

У країнах, що розвиваються, мова йде про застосування порівняно невеликих установок для електропостачання індивідуальних будинків у

віддалених селах, для оснащення культурних центрів, де завдяки ФЕУ можна користуватися телевізором тощо. В цих випадках на перший план виступає не вартість електроенергії, а соціальний ефект. Програми впровадження ФЕУ в країнах, що розвиваються, активно підтримуються міжнародними організаціями, в їх фінансуванні бере участь Світовий банк на основі висунутої ними "Сонячної ініціативи".

У промислово розвинених країнах активне впровадження ФЕУ пояснюється кількома факторами. По-перше, ФЕУ розглядаються як екологічно чисті джерела, що здатні зменшити забруднення довкілля. По-друге, використання ФЕУ у приватних будинках підвищує енергетичну автономію. По-третє, вартість прокладання ліній електроживлення у важкодоступній місцевості становить 5...15 тис. дол./км. По-четверте, велике значення має динаміка зміни показників ФЕУ за останні два десятиліття, на основі якої на найближчий час прогнозується досягнення конкурентоспроможності ФЕУ для широкого використання.

Вперше явище фотоелектричного ефекту спостерігав французький фізик Беккерель 1839 році, отримавши потік електронів при освітленні сонячним світлом пластини оксиду міді. Винахід був широко впроваджений у життя після відкриття напівпровідників. Фотоелектричний ефект – це виривання електронів з молекул речовини під дією світла. Як світлочутлива зона фотоелементів використовується селен (Se), кристалічний кремній (Si), аморфний кремній (SiGe) тощо. Фотоелектричний ефект утворюється, коли фотон (світловий промінь) падає на елемент із двох матеріалів з різним типом електричної провідності (діркова або електронна). Потрапивши в такий матеріал, фотон вибиває електрон з його комірки, утворюючи вільний від'ємний заряд і "дірку". В результаті рівновага так званого р-п переходу порушується, і в колі виникає електричний струм. Будову кремнієвого фотоелемента показано на рисунку 2.12. Найближчими "родичами" сонячних фотоелементів є транзистори, світлодіоди та інші електронні пристрої.

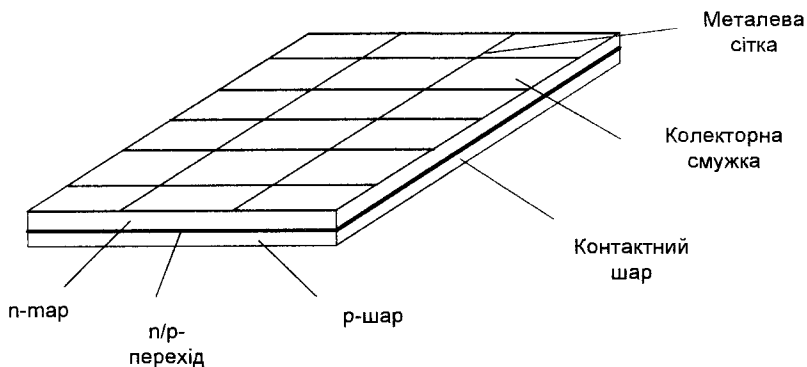


Рисунок 2.12 – Схема кремнієвого елемента

Чутливість фотоелемента залежить від довжини хвилі світла та прозорості верхнього шару елемента. В ясну погоду кремнієві елементи виробляють електричний струм приблизно 0,5 В і 25 мА на 1 см^2 або $12 \dots 13 \text{ мкВт/см}^2$. Найбільш поширені кремнієві фотоелементи. Вони бувають монокристалічні та полікристалічні. Різниця між цими матеріалами полягає в специфіці отримання початкових кремнієвих заготовок при їх вирощуванні з розплавів. Монокристалічна заготовка більш однорідна але дорожча. Полікристалічна – менш однорідна, має нижчу вартість, що може бути вирішальним фактором, коли йдеться про виготовлення фотоелементів. Теоретична ефективність кремнієвих елементів становить приблизно 28%, а практична – від 14% до 16% [22].

Незважаючи на поширену хибну думку, насправді фотоелементи виробляють більше енергії при низьких температурах. Це пояснюється тим, що фотоелементи – це електронні пристрої й виробляють енергію від світла, а не від тепла, тобто працюють ефективніше в холоді, ніж при високих температурах. А взимку вони виробляють менше енергії лише за рахунок скорочення світлового дня, а також тому що кут падіння сонячного світла у цей період менший, а хмарність більша.

За допомогою послідовно-паралельних електричних сполучень сонячні елементи складають у сонячну (фотоелектричну) батарею в герметичному

корпусі. Потужність сонячних батарей, що серійно випускаються промисловістю, становить від 5 до 200 Вт. На сонячних фотоелектричних станціях сонячні батареї використовуються для складання фотоелектричних генераторів. На рисунку 1.13 представлена блок-схема сонячної фотоелектричної станції. Термін служби такої станції становить 20...30 років, експлуатаційні витрати мінімальні.

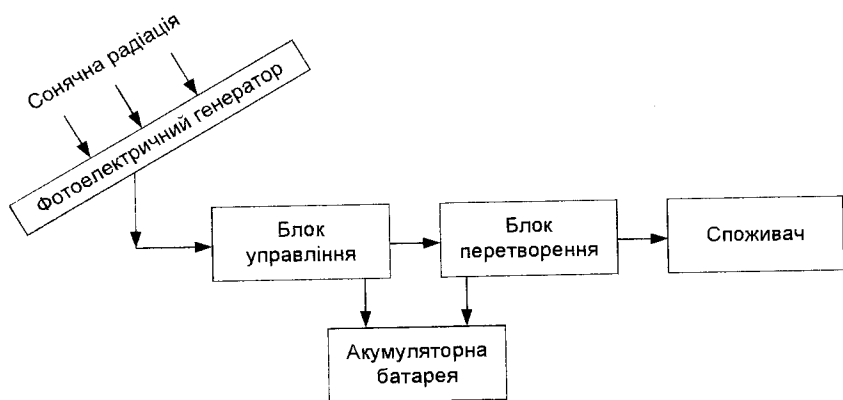


Рисунок 2.13 – Схема сонячної фотоелектричної установки.

Сонячні фотоелектричні станції використовуються для живлення водопідйомних насосів, телекомунікаційних систем, катодного захисту трубопроводів, в приватних господарствах тощо.

Основною перешкодою на шляху розвитку фотоенергетики є велика вартість встановленої потужності та, відповідно, генерованої електроенергії. Станом на 1997 рік середня вартість встановленої потужності сонячних батарей становила приблизно 8 грн/кВт-год, а вартість генерованої електроенергії 0,3...0,4 грн/кВт-год.

2.3.1 Сонячні модулі

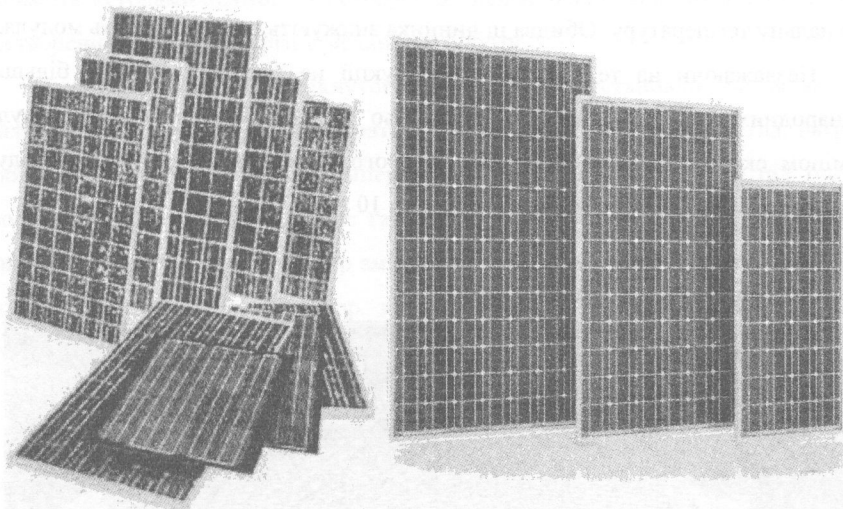


Рисунок 2.14 – Сонячні модулі

Сонячний модуль – це батарея взаємозв'язаних сонячних елементів, змонтованих під скляною кришкою (рис. 2.14). Фотоелектричну систему можна довести до будь-якого розміру. Власник такої системи може збільшити або зменшити її, якщо зміниться його потреба в електроенергії. По мірі зростання енергоспоживання і фінансових можливостей, власник може додавати модулі. Чим інтенсивніше світло, падає на фотоелементи і чим більше їх площа, тим більше виробляється електрики і тим більша сила струму. Модулі класифікуються по піковій потужності у ватах (Вт). Ват – одиниця вимірювання потужності. Один піковий ват – технічна характеристика, яка вказує на значення потужності установки в певних умовах, тобто коли сонячне випромінювання в 1 кВт/м^2 падає на елемент при температурі $25 \text{ }^\circ\text{C}$. Така інтенсивність досягається при хороших погодних умовах і знаходження Сонця в зеніті. Щоб виробити один піковий ват, потрібен один елемент розміром $10 \times 10 \text{ см}$. Більші модулі, площею $100 \times 40 \text{ см}$, виробляють близько $40 \dots 50 \text{ Вт}$. Проте сонячна освітленість рідко досягає

величини 1 кВт/м^2 . Більш того, на сонці модуль нагрівається значно вище за номінальну температуру. Обидва ці чинники знижують продуктивність модуля.

Незважаючи на те, що якість продукції не завжди однакова, більшість міжнародних компаній виробляє достатньо надійні фотоелектричні модулі з терміном експлуатації до 20 років. На сьогоднішній день виробники модулів гарантують вказану потужність на період до 10 років.

2.3.2 Сонячні електростанції

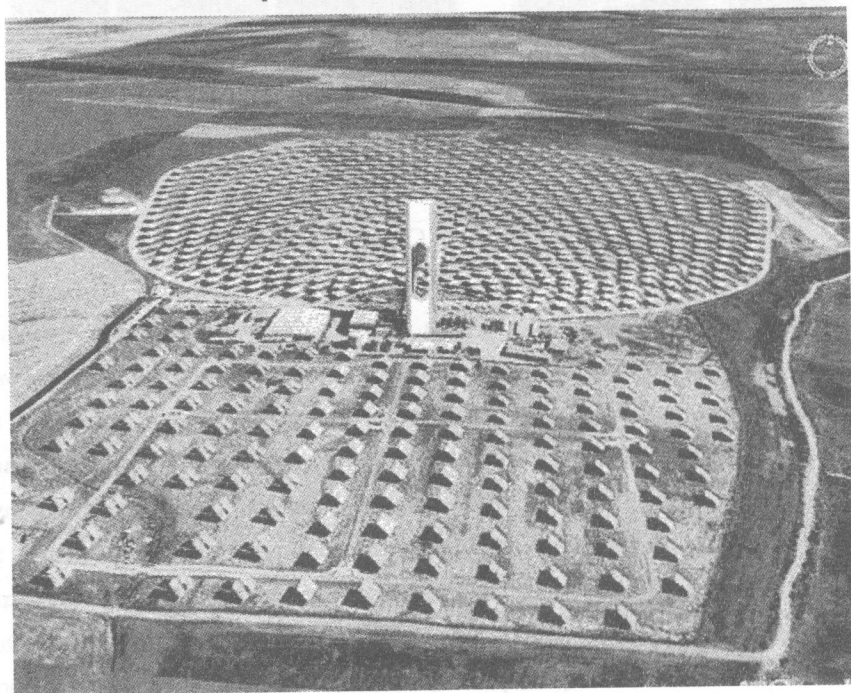


Рисунок 2.15 – Сонячна електростанція в США потужністю 270 МВт

Сонячне випромінювання – екологічно чисте і відновлюване джерело енергії. Запаси сонячної енергії величезні. До початку ХХІ століття людство розробило і освоїло ряд принципів перетворення теплової енергії в електричну. Їх можна умовно розділити на машинні і безмашинні методи. Останні часто

називають методами прямого перетворення енергії, оскільки в них відсутня стадія перетворення теплової енергії в механічну роботу.

Принципова схема замкнутої газотурбінної установки виглядає так. Сонячна радіація, зібрана концентратором на поверхні сонячного котла, нагріває робоче тіло – інертний газ до температур порядку 1200...1500 °K і під тиском, створюваним компресором, подає гарячий газ на лопатки газової турбіни, яка приводить в дію електрогенератор змінного струму. Відпрацювавши у турбіні газ надходить спочатку в регенератор, де підігріває робочий газ після компресора. Тим самим він полегшує роботу основного нагрівача – сонячного котла. Потім газ охолоджується в холодильнику-випромінювачі.

У енергоустановки з паротурбінним перетворювачем зібрана концентратором сонячна енергія нагріває в сонячному котлі робочу рідину, що переходить в насичений стан, а потім і в перегріту пару, що розширюється в турбіні, з'єднаної з електрогенератором. Після конденсації в холодильнику-випромінювачі відпрацьована в турбіні пара і її конденсат, стиснута насосом, знов потрапляє в котел. Оскільки підвід і відвід тепла в цій установці здійснюються ізотермічно, середні температури підведення та відведення виявляються вищими ніж у газотурбінної установки, а питомі площі випромінювача і концентратора можуть виявитися меншими. У подібної установки, що працює на органічному робочому тілі, коефіцієнт корисної дії становить 15...20 % при порівняно невисоких температурах підведеного тепла – всього 600...650°K.

Від багатьох недоліків, властивих машинним перетворювачам, вільні енергоустановки з так званими безмашинними перетворювачами: термоелектричні, термоемісійні та фотоелектричні, безпосередньо перетворюють енергію сонячного випромінювання в електричний струм.

В принцип дії термоелектрогенераторів покладено термоелектричний ефект, відкритий в 1821 році німецьким фізиком Т. І. Зесбеком, що являє собою виникнення на кінцях двох різнорідних провідників термо-е.р.с., якщо кінці цих провідників знаходяться при різній температурі. Відкритий термоелектричний ефект спочатку використовувався в термометрії для вимірювання температур. На

той час енергетичний ККД таких пристроїв – термопар, який чисельно рівний відношенню електричної потужності, що виділяється на навантаженні, до підведеного тепла, становив лише долі одного процента. Тільки після того, як академік А. Ф. Йоффе запропонував використовувати для виготовлення термоелементів замість металів напівпровідники, стало можливим енергетичне використання термоелектричного ефекту, і в 1940-1941 роках в Ленінградському фізико-технічному інституті був створений перший у світі напівпровідниковий термоелектрогенератор. Працями науковців і його школами в 40-50-ті роки була розроблена і теорія термоелектричного ефекту в напівпровідниках, а також синтезовані досить ефективні (до даного часу) термоелектричні матеріали.

Сполучаючи між собою окремі термоелементи, можна створювати досить потужні термобатарей. Електростанція потужністю 10 ГВт може важити до 200 тисяч тонн. Зниження ваги енергоустановки прямо пов'язане з підвищенням коефіцієнта корисної дії перетворення сонячної енергії в електрику.

Цього можна досягти двома шляхами: збільшенням термічного коефіцієнта корисної дії перетворювача і зниженням незворотних втрат енергії у всіх елементах енергоустановки.

У першому випадку концентроване випромінювання дозволяє одержувати дуже високі температури. Але одночасно при цьому значно зростають вимоги до точності систем спостереження за Сонцем, що для величезних за розмірами концентруючих систем мало ймовірно. Тому зусилля дослідників постійно були спрямовані на зниження незворотних втрат. Вони спробували зменшити перетікання тепла з гарячих сплавів на холодні теплопровідністю. Для вирішення цього завдання потрібно домогтися збільшення добротності напівпровідникових матеріалів.

Але після багаторічних спроб синтезувати напівпровідникові матеріали з високою добротністю стало зрозуміло, що досягнута величина є граничною. Тоді виникла ідея розділити гарячий і холодний сплав повітряним проміжком, аналогічно будови двоелектродної лампи – діод. Якщо в такій лампі розігрівати один електрод – катод і при цьому охолоджувати другий електрод – анод, то в

зовнішньому електричному колі виникне постійний струм. Вперше це явище спостерігав у 1883 році Томас Едісон.

Головні складові незворотних втрат у ТЕП пов'язані з неізотермічним характером підведення та відведення тепла на катоді і аноді, перетіканням тепла з катода на анод за елементами конструкції ТЕП, а також з омічними втратами в елементах послідовного з'єднання окремих модулів.

Для досягнення високого ККД циклу Карно сучасні ТЕП створюють на робочі температури катодів в межах 1700...1900 °К, що при температурах охолоджуваних анодів порядку 700 °С дозволяє отримувати ККД близько 10 %. Таким чином, завдяки зниженню незворотних втрат в самому перетворювачі і при одночасному підвищенні температури підведення тепла ККД ТЕП виявляється вдвічі вищою, ніж у описаного вище ТЕГ, але при істотно більш високих температурах підведення тепла [1, 25, 33].

Тепер розглянемо фотоелектричний метод перетворення енергії. У сонячних батареях використовується явище зовнішнього фотоефекту, що проявляється на р-п перехід в напівпровіднику при освітленні його світлом. Створюють р-п (або п-р) перехід шляхом введення в монокристалічний напівпровідниковий матеріал-базу домішки з протилежним знаком провідності. При попаданні на р-п перехід сонячного випромінювання відбувається збудження електронів валентної зони і утворюється електричний струм у зовнішньому колі. Коефіцієнт корисної дії сучасних сонячних батарей досягає 13...15 %.

У сонячних електростанцій є одна, але досить істотна проблема. Отримувати і використовувати "чисту" сонячну енергію на поверхні Землі заважає атмосфера. А що, якщо розмістити сонячні електростанції в космосі, на навколосонячній орбіті. Там не буде атмосферних перешкод, невагомість дозволить створювати багатокілометрові конструкції, які необхідні для "збору" енергії Сонця. У таких станцій є велика перевага. Перетворення одного виду енергії в інший неминуче супроводжується виділенням тепла, і скидання його в космос дозволить запобігти небезпечне перегрівання Земної атмосфери.

Як насправді будуть виглядати сонячні космічні електростанції, сьогодні точно сказати не можна. Відомо, що до проектування подібних електростанцій конструктори приступили ще в кінці 1960-х років. Будь-який варіант проекту сонячної космічної електростанції припускає, що це колосальна споруда. Навіть найменша космічна електростанція повинна важити десятки тисяч тонн. І цю гігантську масу необхідно буде запустити на віддалену від Землі орбіту.

Сучасні засоби виведення в можуть доставити на низьку – опорну – орбіту необхідну кількість блоків, вузлів і панелей сонячних батарей. Щоб зменшити масу величезних дзеркал, які концентрують сонячне світло, можна робити їх з найтоншої дзеркальної плівки, наприклад, у вигляді надувних конструкцій. Зібрані фрагменти сонячної космічної електричної станції потрібно доставити на високу орбіту і зістикувати там. А долетіти до "місця роботи" секція сонячної електростанції зможе своїм ходом, досить лише встановити на ній електроракетні двигуни малої тяги.

Але це в майбутньому. На даний час сонячні батареї з успіхом живлять космічні станції.

2.4 Екологічні наслідки розвитку геліоенергетики

Сонячні станції є ще недостатньо вивченими об'єктами, тому віднесення їх до екологічно чистих електростанцій не можна вважати повністю обґрунтованим. У кращому випадку до екологічно чистої можна віднести кінцеву стадію – стадію експлуатації СЕС, і то відносно.

Сонячні станції є досить землеємкісні. Питома землеємкість СЕС змінюється від 0,001 до 0,006 га / кВт з найбільш імовірними значеннями 0,003...0,004 га / кВт. Це менше, ніж для ГЕС, але більше, ніж для ТЕС і АЕС. При цьому треба врахувати, що сонячні станції досить матеріалоємкісні (метал, скло, бетон і т.д.), до того ж у наведених значеннях землеємкості не враховуються вилучення землі на стадіях видобутку та обробки сировини. У разі створення СЕС з сонячними ставками питома землеємкість підвищиться і збільшиться небезпека забруднення підземних вод розчинами солей [12, 17, 22, 45, 56, 72].

Сонячні концентратори викликають великі за площею затінення земель, що призводить до значних змін ґрунтових умов, рослинності і т. д. Небажану екологічну дію в районі розташування станції викликає нагрівання повітря при проходженні через нього сонячного випромінювання, сконцентрованого дзеркальними відбивачами. Це призводить до зміни теплового балансу, вологості, напрямку вітрів; в деяких випадках можливий перегрів прилягаючих до СЕС території, що стає причиною загоряння систем, що використовують концентратори, зі всіма витікаючими звідси наслідками. Застосування рідин з низькою температурою кипіння та можливість їх витоку із конструкцій в сонячних енергетичних системах, під час тривалої експлуатації можуть призвести до значного забруднення питної води в місцях розташування СЕС. Особливу небезпеку становлять рідини, що містять хромати і нітрити, які є високотоксичними речовинами.

Геліотехніка непрямим чином впливає на навколишнє середовище. У районах її розвитку повинні зводитися великі комплекси з виробництва бетону, скла і сталі. Під час виготовлення кремнієвих, кадмієвих та арсенідогелієвих фотоелектричних елементів у повітрі виробничих приміщень з'являються мікрочастинки кремнію, кадмієві і арсенідні сполуки, небезпечні для здоров'я людей.

Космічні СЕС за рахунок НВЧ-випромінювання можуть впливати на клімат, створювати перешкоди теле- та радіозв'язку, впливати на незахищені живі організми, що потрапили в зону його впливу. У зв'язку з цим необхідно використовувати екологічно чистий діапазон хвиль для передачі енергії на Землю.

Несприятливий вплив СЕС на навколишнє середовище може проявлятися наступним чином [35, 42, 47, 63]:

- у відчуженні значних земельних площ під спорудження СЕС;
- у великій матеріаломісткості споруд СЕС;

- у можливості витoku робочих рідин, що містять хлорати і нітрити, у навколишнє середовище;
- у небезпечі перегріву і загоряння систем та обладнання СЕС, зараження продуктів токсичними речовинами при використанні сонячних систем в сільському господарстві;
- у зміні теплового балансу, вологості, напряму вітру в районі розташування станції;
- у затемненні великих територій сонячними концентраторами, можливих негативних та необоротних змін в структурі земель, що відведені під СЕС;
- у впливі СЕС на клімат космічних об'єктів;
- у створенні перешкод телевізійної трансляції та радіозв'язку;
- у передачі енергії на Землю у вигляді мікрохвильового випромінювання, небезпечного для живих організмів і людини.

Таким чином можна зробити наступні висновки:

1. Застосування сонячних колекторів дозволяє зменшити витрати на нагрів гарячої води на 60%, витрати на опалювання – на 30% в рік. Економічні розрахунки, проведені на основі досвіду експлуатації сонячних колекторів, показують, що при існуючих цінах, що постійно збільшуються, на органічне паливо, термін окупності сонячних колекторів складає від 2 до 5 років, тоді як, за гарантійними висновками виробників, реальний термін їх служби складає 25...30 років, а за даними деяких виробників і більше 30-ти років.

2. В Україні річне надходження сонячного випромінювання становить 3500...5200 МДж/м², що перебуває на одному рівні з країнами, які фактично використовують сонячні колектори (США, Німеччина, Швеція та ін.). Наприклад, тривалість інтенсивного сонячного освітлення території Києва із квітня по жовтень становить 130...300 год/місяць і не поступається іншим центральноєвропейським містам, де широко використовуються сонячні технології з метою теплозабезпечення.

3. Уся територія України придатна для використання сонячного теплопостачання. Мінімальні величини сонячного випромінювання в усіх пунктах спостерігаються лише у грудні. Сезонний період, коли використання сонячної енергії найбільш доцільне для України припадає на період з квітня по вересень, для південних районів – з березня по жовтень.

4. За кліматичними умовами територія України в основному є придатною для застосування геліоенергетики, особливо в південних регіонах.

Контрольні питання до розділу 2

1. Дайте визначення поняттю «геліоенергетика».
2. Які переваги та недоліки є у сонячної енергетики?
3. Що являє собою сонячна теплоенергетика?
4. Яка специфіка сонячної теплоенергетики?
5. Що являє собою сонячна фотоенергетика?
6. Які основні типи сонячних колекторів?
7. Який принцип дії сонячних колекторів?
9. Назвіть фізичний принцип роботи сонячних батарей.
- 10 Наведіть приклади використання геліоенергетики в Україні.
- 11 Наведіть приклади використання геліоенергетики у світі.
12. Чи є перспективи розвитку геліоенергетики в Україні?

Розділ 3 Біоенергетика

3.1 Біоенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення

Біоенергетика – галузь електроенергетики, заснована на використанні біопалива, яке створюється на основі використання біомаси.

До біомаси відносять усю рослинну і вироблену тваринами субстанцію. При використанні біомаси в енергетичних цілях для виробництва тепла, електроенергії і палива, розрізняють енергетичні рослини і органічні відходи.

Енергетичними рослинами вважаються [34, 43, 58, 59]:

- швидко зростаючі сорти дерев і спеціальні однорічні рослини з високим вмістом сухої маси, що використовується як тверде паливо;
- цукро- та крохмалевмісні польові культури для переробки в етанол, а також маслянисті культури для виробництва біопалива, яке застосовується як рідке паливо;
- польові культури, придатні для силірування і використовуються у виробництві біогазу.

До органічних відходів відносяться відходи, що виникають в сільському, лісовому, домашньому господарстві і промисловості: відходи деревообробки, солома, трава, листя, гній, органічні відходи домашнього господарства і т. д.

До біогенного твердого палива відносяться усі не викопні види палива органічного походження, які до моменту їх використання знаходяться в твердому стані, як наприклад: деревина усіх видів і у будь-якій формі, солома, макуха, зерно, кукурудза, злаки, цукровий буряк, рапс, рослинні олії, біологічні відходи, екскрменти, водорості і т. д.

Виробництво електроенергії і тепла з твердої біомаси на сьогодні здійснюється, в основному, шляхом спалювання в твердопаливних котлах, з отриманням пари високого тиску (рис. 3.1). Цей процес здійснюється за допомогою біомасових енергетичних установок. Розрізняють відповідно:

- біомасові котельні – установки що виробляють тільки теплову енергію;

– біомасові теплоелектроцентралі (Біо-ТЕЦ) – виробляють разом з тепловою ще і електричну енергію.

Щорічно приріст біомаси у світі оцінюється в 200 млрд. т (в перерахунку на суху речовину), що енергетично еквівалентно 80 млрд. т нафти. Одним із джерел біомаси є ліси. При переробці робочої деревини 3...4 млрд. т складають відходи, енергетичний еквівалент яких становить 1,1...1,2 млрд. т нафти. Світова потреба в енергії (11 млрд. т у.п.) становить тільки 12% енергії щорічного світового приросту біомаси. Частка і кількість біомаси, використовуваної для одержання енергії, постійно знижується, що можна пояснити порівняно низькою теплоотою згоряння біомаси, унаслідок високого вмісту в ній води [13, 54, 73].

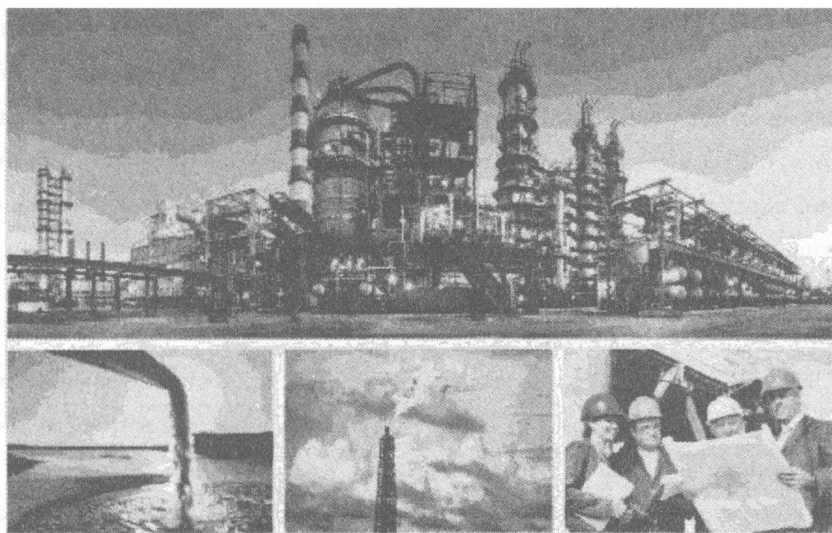


Рисунок 3.1 – Застосування вторинних енергоресурсів

Під вторинними енергетичними ресурсами (ВЕР) слід розуміти енергію і паливо різних видів і параметрів, що отримуються як відхід або побічний продукт технологічного процесу.

ВЕР сільськогосподарського виробництва ділять на три основні групи:

1) горючі матеріали, що отримуються в результаті технологічних процесів.

Це в основному залишки продуктів рослинництва і тваринництва, зношені

дерев'яні конструкції, горючі побутові відходи;

2) теплові викиди, фізична теплота газів котельних, що виходять в атмосферу, теплота сільськогосподарської продукції, теплота продуктів харчування тварин і людей, тепло системи кондиціонування, вентиляції і т. п., теплота, що відходить через поверхні споруд і стінки судин;

3) високий наднормальний тиск, наприклад тиск пари в котлах, тиск води в системі магістраль водопостачання, тиск повітря створений вентиляторами в даному об'ємі простору і т. п.

ВЕР першої групи або переробляють в необхідний вигляд палива (рідкий, газоподібний, твердий), або просто спалюють для виробництва теплової енергії. Переробку ВЕР в різні види палива здійснюють на основі як біотехнології, так і хімічних перетворень. Основні відходи рослинництва – солома, відходи бавовни і інші рослинні залишки. З них можна отримувати синтетичні спирти і різні горючі гази, що є ефективними видами палива для двигунів внутрішнього згорання. Основні відходи тваринництва – гній, що переробляється в органічне добриво. Супутній продукт – метан.

3.2 Застосування біомаси

Біомаса являє собою найдавніше джерело енергії, однак її використання донедавна зводилося до прямого спалювання або у відкритих вогнищах, або в печах і топках, але також з досить низьким ККД. Останнім часом увага до ефективного енергетичного використання біомаси істотно підвищилася, причому на користь цього з'явилися й нові аргументи [70]:

- використання рослинної біомаси за умови її безперервного відновлення (наприклад, нові лісові посадки після вирубки лісу) не приводить до збільшення концентрації CO_2 в атмосфері;
- у промислово розвинених країнах в останні роки з'явилися надлишки оброблюваної землі, що доцільно використовувати під енергетичні плантації;
- енергетичне використання відходів (сільськогосподарських, промислових і побутових) вирішує також екологічні проблеми;

– новітні технології дозволяють використовувати біомасу значно більш ефективно.

Біомаса по своєму складу може бути вуглецемісткою (рослинний матеріал, деревна тріска, тирса, морські водорослі, зерно, папір, пакувальна тара) або цукромісткою (цукровий буряк, цукровий очерет, сорго).

3.3 Одержання біогазу

Біогаз є продуктом розпаду речовин під дією бактерій, що утворюється внаслідок розкладання ними органічного субстрату.

Перший великомасштабний завод з виробництва біогазу був побудований в 1911 році в англійському місті Бірмінгем й використовувався для незаражування осаду стічних вод цього міста. Вироблюваний біогаз використовувався для виробництва електроенергії. Таким чином, англійські вчені є піонерами практичного застосування нової технології. Уже до 1920 року вони розробили кілька типів установок для переробки стічних вод.

Біогазова установка, як правило, являє собою герметично закриту ємність, у якій при певній температурі відбувається зброджування органічної маси відходів, стічних вод і т.п. з утворенням біогазу.

Принцип роботи всіх біогазових установок однаковий: після збору й підготовки сировини, що полягає в доведенні його до потрібної вологості в спеціальній ємності, воно подається в реактор, де створюються умови для оптимізації процесу переробки сировини.

Сам процес одержання біогазу й біодобрив із сировини називають ферментацією, або зброджуванням. Зброджування сировини відбувається за рахунок життєдіяльності особливих бактерій. Під час зброджування на поверхні сировини з'являється плівка, яку потрібно руйнувати, перемішуючи сировину. Перемішування здійснюється вручну або за допомогою спеціальних пристроїв усередині реактора й сприяє вивільненню біогазу, що утворився, із сировини.

Отриманий біогаз після очищення збирається й зберігається до часу використання в газгольдері. Від газгольдера до місця використання в побутових або інших приладах біогаз проводять по газових трубах.

Перероблена в реакторі біогазової установки сировина, що перетворилася в біодобрива, вивантажується через вивантажувальний отвір і вноситься в ґрунт або використовується як кормова добавка для тварин.

Існує багато різних конструкцій біогазових установок. Їх розрізняють за методом завантаження сировини, зовнішнім виглядом, за складовими частинами конструкції й матеріалів, з яких вони споруджуються.

За методом завантаження сировини виділяють установки порціонного й безперервного завантаження, які відрізняються часом зброджування й регулярністю завантаження сировини. Найбільш ефективними з погляду вироблення біогазу й одержання біодобрив є установки безперервного завантаження.

Біогаз утворюється за допомогою бактерій у процесі розпадання органічного матеріалу при анаеробних (без доступу повітря) умовах і являє собою суміш метану й інших газів.

Використання в господарствах біоенергетичних установок дозволить одночасно вирішити п'ять найважливіших проблем [45]:

- екологічну (повна утилізація гною),
- енергетичну (одержання й утилізація біогазу),
- агрохімічну (одержання добрив),
- соціальну (поліпшення умов праці і створення нових робочих місць),
- економічну (зниження платежів і одержання прибутку від реалізації добрив).

3.4 Газифікація біомаси

Газифікація біомаси є одним з найбільш дешевих і екологічно безпечних способів отримання електричної і теплової енергії. Існує два прямих способу отримання газу з біомаси – мікробіологічний і термічний (піролітичний). Деревина містить мало води і досить повільно піддається біорозпаданню. Тому

для неї і більшості відходів, що містять целюлозу та лігнін, найбільш простим і ефективним способом газифікації є термічна (піролітична).

Газифікація – це термохімічний процес, при якому багата вуглецем сировина, така як біомаса і різні види вугілля перетворюються на горючий газ. Утворюване в результаті газоподібне з'єднання називається генераторний або синтез-газ.

Відомо, що при згоранні оригінального палива виділяються різні компоненти, при газифікації виділяються тільки горючий газ і інертні гази. Це означає, що вихлопні гази процесу газифікації біомаси складаються тільки з тих же елементів, які будуть одержані, якщо спалювати природне паливо. Проведена в належних умовах газифікація є ефективним процесом вироблення енергії, який може принести подвійну вигоду, при використанні теплової і електричної систем в режимі когенерації.

Залежно від характеру контакту частинок біомаси з газовою фазою методи газифікації можуть бути класифіковані на систему з нерухомим шаром (одна або декілька ступенів), систему з псевдозрідженим шаром і інші системи (наприклад, система з проштовхуванням сировини або з рідким теплоносієм).

Вибір найбільш відповідного методу газифікації часто визначається типом і умовами підведення сировини, вимогами до змісту вологи і зольних елементів (наприклад, високий або низький вміст кременію, високий або низький вміст лужних металів).

3.5 Способи використання та перетворення ВЕР.

На рисунку 3.2 представлена схема комплексного використання горючих ВЕР на прикладі підприємств суднобудівної галузі.

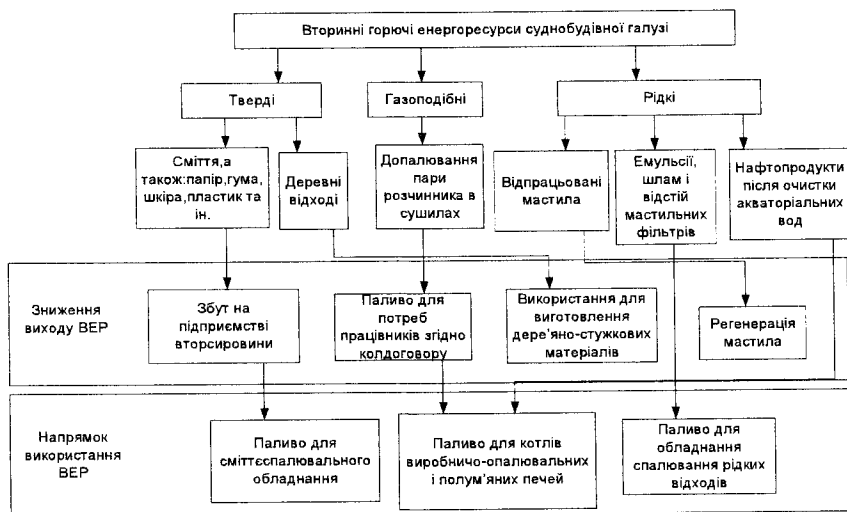


Рисунок 3.2 – Схема комплексного використання горючих ВЕР на підприємствах суднобудівної галузі

ВЕР першої групи можна спалювати в побутових печах і в спеціальних утилізаційних котельнях.

ВЕР другої групи досягають значної величини. В даний час КПД палива в більшості низькотемпературних процесів складає 15...25 %. Решта теплоти нагрівальних пристроїв, а також теплота, що виділяється тваринами, йде з вентиляцією в атмосферу. В цілому по сільському господарству це складає близько 20млрд. кВт·год на рік. Утилізувавши хоч би частину вказаних відходів, можна заощадити значну кількість палива. Для використання ВЕР цієї групи промисловістю створені утилізатори теплоти: рекуператори, регенератори і теплові насоси.

Рекуператор – це теплообмінник, в якому теплота речовини, що видаляється, передається такою, що поступає через роздільну теплопровідну стінку. Їх конструкції бувають прямої дії і з проміжним теплоносієм.

У сільському господарстві застосовують велику кількість невеликих котельних і нагрівальних печей, фізичну теплоту газів яких, що відходять, також можна утилізувати. Температура димових газів, що викидаються в атмосферу, досягає 100...300°C. Теплоту цих газів можна використовувати двома способами: нагрівати повітря, воду і паливо, що поступають в топку і котли; нагрівати теплоносії, використовувані зовні котельною, наприклад в теплиці, парнику і т. п. Обидва способи вже застосовують в масовому масштабі.

Промисловість серійно випускає багато типів теплообмінників прямої дії, наприклад секційні ТСК-3.

Принцип роботи рекуператорів з проміжним теплоносієм розглянутий на прикладі теплової труби. Теплова труба призначена для передачі теплоти з одного (з високою температурою) середовища в інше, яке потрібно підігрівати.

Теплова труба – це герметичний конвеєр, в якому міститься рідина, що легко випаровується. Якщо теплота подається до одного кінця труби, то рідина в цьому кінці випаровується, пара поступає до холодніших зон труби, де конденсується, а прихована теплота конденсації поглинається споживачем вторинних енергоресурсів.

Робота теплової труби залежить від її нахилу, розміру отворів внутрішніх перегородок, поверхневого натягу і теплоємності паротворення робочої рідини. Це не завжди вдається забезпечити відповідно заданим умовам. Тому замість теплової труби можна застосовувати проміжний теплоносіє, що не випаровується.

Рекуператори з проміжним теплоносієм доцільно застосовувати у тому випадку, коли не можна використовувати пластинчасті теплообмінники, наприклад в системах утилізації теплоти пропарювальних кормів (відбір теплоти після пропарювання).

Регенератори – це теплообмінники, що мають спеціальні пристосування (наприклад, тепломісткі насадки), які спочатку потрапляють в середовище, де потрібно відібрати теплоту, акумулюють її, а потім переміщуються в інше середовище, якому віддають цю теплоту. До теплообмінника підведено дві труби, по одній з яких рухається відпрацьований газ, а по іншій – газ, який необхідно нагрівати. У міру обертання регенератора теплота, що абсорбується з потоку гарячого газу, що проходить через нього, передається потоку холодного. Регенератори, що обертаються, можна застосовувати, наприклад, в умовах жаркого клімату для попереднього охолодження повітря, використовуваного в системах кондиціонування будівель. Вони також ефективно працюють в тих випадках, коли різниця температур між потоками гарячого і холодного повітря незначна. У багатьох випадках теплота, що скидається ($T = 25..30^{\circ}\text{C}$) з теплових насосів може ефективно утилізувати. Тепловий насос – це установка, в якій температура наявного теплоносія підвищується до необхідного рівня за рахунок витрат механічної, сонячної або якої-небудь іншої енергії. Простим тепловим насосом є компресор. Працює насос наступним чином. У випарник поступає відпрацьований потік з низькою температурою, і при випаровуванні циркулюючого робочого тіла теплота поступає в систему теплового насоса. Пара, що потім утворилася, проходить через компресор, в якому тиск і температура його підвищуються, і далі поступає в конденсатор, де віддає теплоту, отриману у випарнику, і теплоту стиснення, отриману в компресорі. Пара конденсується, нагрітий конденсат проходить через дросель. І його температура знижується.

При використанні сонячної енергії (наприклад, для цілей кондиціонування повітря) вигідні теплові насоси абсорбції (абсорбція – поглинання речовин рідиною з суміші газів), які не вимагають підведення механічної енергії. Використовується тільки теплота, підведена до випарника, де кипить хладагент при низькому тиску.

Холодоагент, що випарувався, поглинається рідиною при низькому тиску, яку насосом перекачують в область високого тиску, де хладагент виділяється з рідини, віддаючи теплоту при вищій температурі. Застосування теплонасосних установок для отримання теплоти з низькопотенціальних теплових відходів дозволяє досягти 20...30%-вої економії палива в порівнянні з використанням котельних. Тому теплові насоси починають набувати поширення як індивідуальні прилади опалювання, особливо в південних районах країни, де в літній час їх використовують для кондиціонування повітря.

ВЕР третьої групи включають надмірний тиск. Ці енергоресурси можна переробляти, використовуючи механічні або електромеханічні установки. Надмірний тиск гідросистем (артезіанські свердловини, водопровідні і каналізаційні мережі) освоюють шляхом установки гідротурбін, що приводять в дію, наприклад, електричні генератори, верстати, транспортери, лінії транспортування виробів і інші машини. Надмірний тиск газів можна освоїти, застосовуючи, наприклад, газові турбіни. Потрібно мати на увазі, що надмірний тиск, що створюється неправильно вибраними установками, не розглядається як вторинні енергоресурси. Цей надмірний тиск слід усувати, замінюючи насосні, компресорні або вентиляційні установки на інші, параметри яких відповідають розрахунковим.

3.6 Екологічні наслідки розвитку біоенергетики

Біоенергетичні станції в порівнянні з традиційними електростанціями та іншими НВДЕ є найбільш екологічно безпечні. Вони сприяють позбавленню навколишнього середовища від забруднення можливими відходами. Так, наприклад, анаеробна ферментація – ефективний засіб не тільки реалізації відходів тваринництва, але й забезпечення екологічної чистоти, так як тверді органічні речовини втрачають запах і стають менш привабливими для гризунів і комах (в процесі перегнивання руйнуються хвороботворні мікроорганізми). Крім того, утворюється додаткова їжа для тварин (протеїн) та добрива, міські стічні води і тверді відходи, відходи при вирубках лісу та деревообробної

промисловості, являють собою можливі джерела сильного забруднення природного середовища, в той же час можуть бути сировиною для отримання енергії, добрив, цінних хімічних речовин. Тому широкий розвиток біоенергетики є ефективний шлях в екологічному відношенні. Але несприятливі фактори впливу на оточуючі об'єкти природного середовища, при енергетичному використанні біомаси, мають місце. Пряме спалювання деревини дає велику кількість твердих частинок, органічних компонентів, окису вуглецю та інших газів. За концентрації деяких видів забруднювань вони можуть перевершувати викиди продуктів згорання нафти та її похідних. Другим екологічним наслідком спалювання деревини є значні теплові втрати.

У порівнянні з деревиною, біогаз – більш чисте паливо, що не виробляє шкідливі гази і частинки. Разом з тим, необхідні заходи безпеки при виробництві та споживанні біогазу, оскільки метан вибухонебезпечний. Тому при його зберіганні, транспортуванні та використанні слід здійснювати регулярний контроль для виявлення, запобігання і ліквідації витоків біогазу.

При ферментаційних процесах з переробки біомаси з етанолу утворюється велика кількість побічних продуктів (промивні води і залишки перегонки), що є серйозним джерелом забруднення середовища, оскільки їх вага може в кілька разів (до 10) перевищувати вагу етилового спирту.

Несприятливий вплив біоенергетики на екологію [65]:

- викиди твердих частинок, канцерогенних і токсичних речовин, окису вуглецю, біогазу, біоспирту;
- викид тепла, зміна теплового балансу;
- збіднення ґрунтової органіки, виснаження та ерозія ґрунтів;
- вибухонебезпечність;
- велика кількість відходів у вигляді побічних продуктів (промивні води, залишки перегонки).

Таким чином, біоенергетична галузь має певні особливості застосування.

Застосування біоенергетичних установок дозволяє зменшити витрати на енергоносії. Економічні розрахунки, проведені на основі досвіду експлуатації біоенергетичних установок, показують, що при існуючих цінах, що постійно ростуть на органічне паливо, ці установки будуть рентабельними.

Україна має достатній потенціал для розвитку біоенергетики.

Територія України, при наявності деяких сприятливих умов для використання біоенергетики, та маючи свої особливості використання, є придатною для використання біоенергетики для одержання електричної та теплової енергії.

Контрольні питання до розділу 3

1. Поясніть в які види біопалива може бути перетворена біомаса.
2. Перелічіть способи отримання енергії з біомаси.
3. Перелічіть типи біогазових установок.
4. Розкажіть про принцип дії найпростішої біогазової установки з ручним завантаженням без перемішування і підігріву сировини в реакторі.
5. Поясніть будову та принцип дії біогазової установки з ручним завантаженням і перемішуванням сировини в реакторі.
6. Поясніть будову та принцип дії біогазової установки з перемішуванням та підігрівом сировини в реакторі.
7. Поясніть будову та принцип дії біогазової установки з ручним завантаженням, газгольдером, пневматичним перемішуванням та підігрівом сировини в реакторі.

Розділ 4 Вітроенергетика

4.1 Вітроенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення

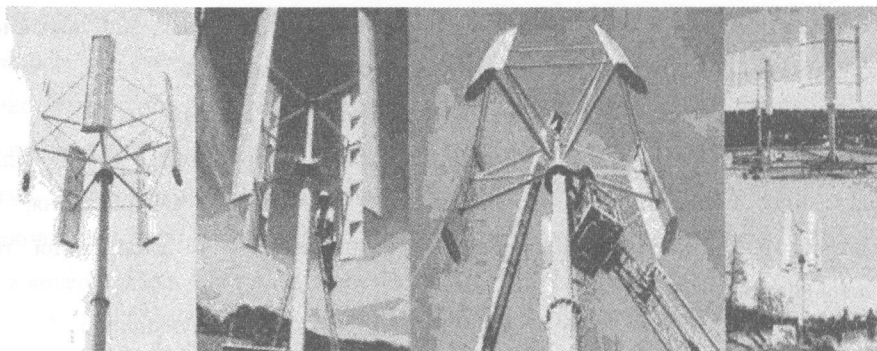


Рисунок 4.1 – Вертикальні вітряні електростанції

Сьогодні, енергію вітру використовують для отримання електричного струму. Галузь, що займається перетворенням енергії вітру в електричний струм, називається вітроенергетика.

Найбільш популярним на сьогоднішній день є застосування вітрогенераторів. Вітрогенератори широко застосовуються як у великих масштабах, це величезні електростанції, так і в малих, для приватного користування.

Державні програми по підтримці розвитку нетрадиційних джерел енергії привели до того, що у наш час на всій планеті 2% від всієї електричної енергії виробляється за допомогою вітру і цей відсоток продовжує збільшуватися з року в рік, завдяки зменшенню вартості даної технології [21, 32, 45, 61].

До країн, які найінтенсивніше розвивають технології і ринки НВДЕ, слід віднести: США, країни ЄС (в першу чергу, Швецію, Австрію, Фінляндію, Німеччину, Португалію, Іспанію), Японію, Китай. Останнім часом активізувалися в цьому напрямі Бразилія і Індія. Росте вартість акцій компаній, які займаються НВДЕ. Все це дасть можливість прискорити розвиток технологій і їх впровадження в промислове виробництво.

У вітроенергетичному секторі на даний час працюють близько 70 країн світу. Серед країн з найбільшими потужностями вітроенергетики - Німеччина, США, Іспанія, Індія, Китай, Данія. Рoste загальна потужність таких установок (річний приріст в 2007 році - 26,6 %), так і одинична потужність, яка досягнула 1 ГВт, розвивається вітроенергетичне машинобудування. У країнах ЄС до 2020 року планується довести виробництво вітрової електроенергії до 12 % від загального об'єму електрогенерації.

У США до 2020 року планується досягти 15 % виробництва електроенергії за рахунок вітру, удосконалюються турбіни, розширюється діапазон швидкостей вітру, які можуть бути використані вітроустановками.

На сьогоднішній день Європа стоїть на першому місці по використанню енергії вітру. Особливий розвиток і використання вітроенергетики є в Німеччини, Данії і Іспанії. У Данії 20% використовуваної енергії виробляється за допомогою вітру.

Цікаво, що перша в світі вітроелектростанція потужністю 100 кВт була побудована в Радянському Союзі в 1932 р. в Криму.

Сумарна потужність вітрових електричних установок (ВЕУ) сьогодні в Україні наближається до 30 МВт. За даними, сумарна потужність у кінці 1999 року дорівнювала 11,4 МВт, а в кінці 2000 року вже 24,15 МВт. Таким чином, приріст склав більше 100 %. Україна залишається єдиною країною колишнього Радянського Союзу, в якій активно розвивається вітроенергетика. Тут налагоджено серійне виробництво вітроагрегатів. Поки це ліцензійні ВЕУ USW56-100 потужністю 107,5 кВт [43, 67, 68].

Як відомо, вітер існує скрізь – як на суші, так і на морі. Незважаючи на факт, того, що переміщення повітряних мас пов'язано з нерівномірною зміною температури в атмосфері і обертанням Землі, застосування енергії вітру не відразу знайшло своє технічне і практичне застосування.

Пасати і західний вітер відносять до глобальних вітрів. У результаті нагрівання екваторіальної частини Землі утворюються пасати. При нагріванні, нагріте повітря піднімається вгору, забираючи при цьому з собою північні і

південні повітряні маси. В результаті цього явища, з'являється пануючий впродовж року з постійною силою в північній півкулі північно-східний пасат і в південній півкулі – південно-східний пасат. Пасати дмуть в області, так званої, приекваторіальної, яка розташована між 25 і 30° північної і південної широти відповідно. Пасати охоплюють близько 11% поверхні океанів в північній півкулі і близько 20% в південній. Зазвичай сила пассатного вітру не перевищує 2–3 балів.

Уздовж дрейфуючих крижин Антарктиди, приблизно в смузі від 40° до 60° південної широти, із заходу на схід, впродовж року дме західний вітер. Такий вітер є одним із самих сильних постійних вітрів. Його сила може досягати 8-10 балів і практично не буває нижче 5 балів. В глибині материка немає постійного напрямку вітру. Можна впевнено говорити тільки про сезонні напрямки вітру, тому що різні ділянки суші в різний час року нагріваються по-різному. Крім того, вітер поводить по-різному в залежності від висоти, а для висот 50 метрів панують характерні повітряні потоки.

Ми можемо обчислити потенціал атмосфери, знаючи її масу і швидкість розсіювання енергії. Наприклад, для приземного шару товщиною близько 500 метрів, енергія вітру, перетворюється в тепло, що складає приблизно 82000000000000 кВт · год на рік. Зрозуміло, ми не зможемо використати її повністю, хоча б тому, що щільно поставлені вітряки будуть заважати один одному, затемнюючи інших [37, 39].

Зазвичай, середньорічні швидкості повітряних потоків на стометровій висоті перевищують 7 м/с. При виході на висоту 100 метрів, можна використовувати ефективний вітроагрегат скрізь, використовуючи відповідну природну височину.

Одними з перших вітрів, які були використані нашими предками для мореплавання, були місцеві вітри, тобто бризи. Бризи – це різновид легких вітрів, які обдимають береги материків і великих островів, зумовлюються добовим коливанням температури. Різниця температури на суші і в морі вдень і вночі обумовлює періодичність бризів. Вдень суша нагрівається швидше, ніж море. В наслідок цього, тепле повітря піднімається над берегом, а його місце прагне

зайняти прохолодне повітря з моря. А вночі, як відомо, берег швидше і сильніше охолоджується, ніж море. Тому вночі відбувається зворотна картина: тепле повітря піднімається над морем, а його замінює холодне повітря з суші – береговий бриз. Іншими постійними вітрами є мусони. Такі вітри дмуть в Індійському океані і перш за все пов'язані з різними змінами температури материка і океану. Влітку суша під впливом сонячних променів, нагрівається сильніше. Внаслідок цього вітер дме з моря на сушу. А взимку мусон дме з берега на море. Але в результаті обертання Землі навколо своєї вісі з'являється, так звана, сила Коріоліса, яка впливає на мусони і відхиляє їх праворуч. Ось чому влітку дмуть південно-західні мусони, а зимою північно-східний. Мусони можуть досягати дуже великої сили і викликати в Індійському океані поверхневі течії, які відповідають місцевим вітрам.

Однією з перших машин для отримання і використання енергії вітру було вітрило. У вітродвигуна і вітрила один і той же принцип роботи, також як і одне джерело енергії. Ю.С. Крючков, досліджуючи вітрило, показав, що його можна представити як вітродвигун з нескінченим діаметром колеса. Вітрило – свого роду найбільш досконала лопатева машина, з найвищим коефіцієнтом корисної дії, яка використовує енергію вітру безпосередньо для руху.

У вітроенергетиці використовуються вітроколеса і ветрокаруселі. Подібні комерційні установки вже побудовані і успішно експлуатуються в США. Частина фінансування подібних проектів надходить з бюджету держави, а інша частина інвестується майбутніми споживачами екологічно чистої енергії.

На початку XX століття, на хвилі загальної ідеї використовувати вітеру скрізь, де це можливо, інтерес до повітряних гвинтів та вітроколеса не був відокремлений від загальних тенденцій часу. Найперше поширення вітроустановки одержали в сільському господарстві. Повітряний гвинт широко використовувався в якості приводу судових механізмів. Вітроустановка також була встановлена на дослідному судні "Фрам", на якому відомий мандрівник Ф. Нансен досліджував Арктику. Вітроустановка на цьому судні обертала динамо машину. На вітрильниках вітряки теж відігравали велику роль: вони приводили в

рух насоси і якірні механізми.

Одним з головним недоліків вітряної енергії залишається її мінливість в часі, проте і це можна компенсувати за рахунок розташування вітроустановок. Якщо об'єднати кілька десятків великих вітроагрегатів, то їх середня потужність буде залишатися постійною. Також існує можливість доповнення вітрогенератором існуючих джерел енергії. Але найголовніше, що саме від вітродвигуна можна отримувати безпосередньо механічну енергію.

4.2 Класифікація вітроколів

На рисунку 4.2 приведена класифікація вітроколів.

У першому випадку вісь обертання вітроколеса паралельна повітряному потоку, установка буде горизонтально-осьовою, у другому – зазвичай вертикально-осьовою.

Установки, що використовують силу опору (драг-машини), як правило, обертаються з лінійною швидкістю, меншою швидкості вітру, а установки, що використовують підйомну силу (ліфт-машини), мають лінійну швидкість кінців лопатей, суттєво більшу швидкості вітру.

Для більшості установок геометричне заповнення визначається числом лопатей. ВЕУ з великим геометричним заповненням вітроколеса розвивають значну потужність при відносно слабкому вітрі і максимум потужності досягається при невеликих оборотах колеса. ВЕУ з малим заповненням досягають максимальної потужності при великих оборотах і довше виходять на цей режим. Тому перші установки використовуються, наприклад, в якості водяних насосів і навіть при слабкому вітрі зберігають працездатність, другі – як електрогенератори, де потрібна висока частота обертання.

Установки для безпосереднього виконання механічної роботи часто називають вітряком чи турбіною, установки для виробництва електроенергії, тобто сукупність турбіни і електрогенератора, називають вітроелектрогенераторами, аерогенераторами, а також установками з перетворення енергії.

У аерогенераторів, підключених безпосередньо до потужної енергосистеми, частота обертання постійна внаслідок ефекту автосинхронізації, але такі установки менш ефективно використовують енергію вітру, ніж установки зі змінною частоти обертання

Наявність буфера зменшує наслідки флуктуації частоти обертання вітроколеса, дозволяє більш ефективно використовувати енергію вітру і потужність електрогенератора. Таким чином, нежорстке з'єднання поряд з інерцією вітроколеса зменшують вплив флуктуації швидкості вітру на вихідні параметри електричної енергії. Зменшити цей вплив дозволяє також пружне з'єднання лопатей з віссю вітроколеса, наприклад за допомогою підпружинених шарнірів.

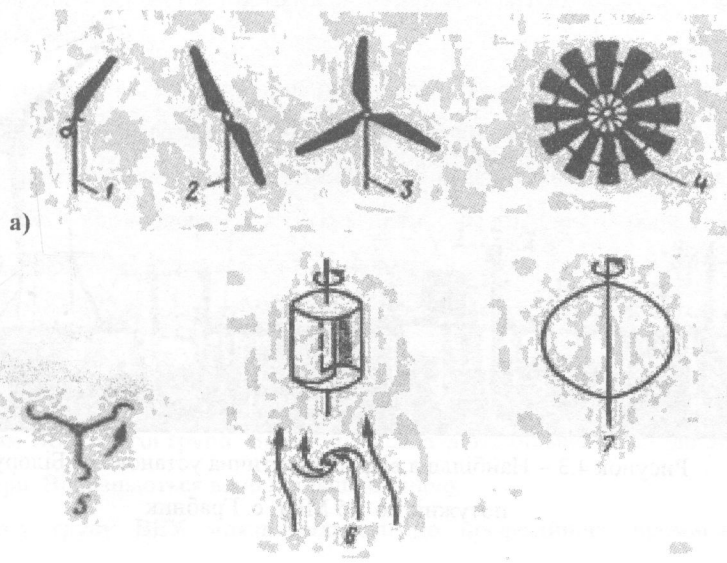


Рисунок 4.2 – Класифікація вітроколіс: з горизонтальною віссю (а); з вертикальною віссю (б); 1 – однолопатеве колесо; 2 – дволопатеве; 3 – трилопатеві; 4 – багатолопатеве; 5 – чашковий анемометр; 6 – ротор Савоніуса; 7 – ротор Дар'є

4.3 Класифікація вітроустановок

Вітрогенератори використовуються як засоби альтернативної енергетики. Їх застосування можна рекомендувати в районах, що не мають традиційного енергопостачання, а також в місцях, де спостерігаються часті перебої з подачею електроенергії (рис. 4.3).

ВЕУ умовно можна розділити на чотири групи [63, 67]:

- ВЕУ з потужністю до 1 кВт
- ВЕУ з потужністю до 10 кВт
- ВЕУ з потужністю до 30 кВт
- ВЕУ з потужністю до 100 кВт і вище.

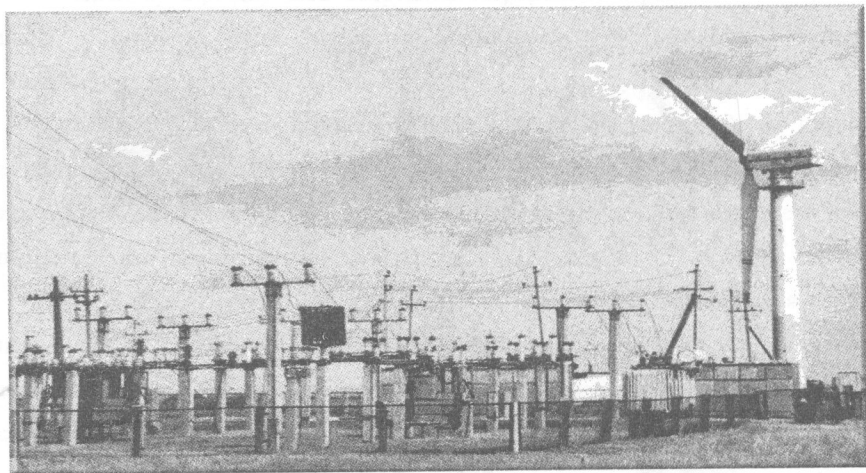


Рисунок 4.3 – Найбільша вітроенергетична установка в Білорусі, потужністю 1,5 МВт, с. Грабник

ВЕУ першої групи володіють невеликими розмірами і вагою. Їх можна рекомендувати для використання в геологорозвідувальних групах, для туристів в походах і подорожах, для живлення радіостанцій і заряджання акумуляторів автомобіля або яхти, а також для безпосереднього живлення електричних приладів. Крім того, ці ВЕУ відрізняє відносно невисока ціна.

Наступні групи можна віднести до стаціонарних ВЕУ. Ці вітроелектростанції можуть повністю забезпечувати електроживленням житловий будинок або виробничий об'єкт, постійно накопичувати в акумуляторних батареях великий ресурс електроенергії для використання в безвітряні періоди.

Стаціонарні вітроелектрогенератори використовуються також для живлення автономно функціонуючих систем: опалювальні і освітлювальні комплекси, насосні станції, метеостанції, охоронні і моніторингові системи.

Група ВЕУ з потужністю до 10 кВт можна використовувати як систему автономного енергопостачання для невеликих господарств, приватних будинків, котеджів. Ці ВЕУ володіють великою вагою і великими розмірами. Для їх установки потрібний спеціально підготовлений майданчик (залівка фундаменту). У комплект входить генератор і ротор. Генератор, як правило, виробляє постійну напругу 12В, 24В або 48В.

Слід зазначити, що в цій групі на ринку представлені вітчизняні, українські ВЕУ. Вартість таких генераторів нижча, ніж аналогічних імпортних.

Треба мати на увазі, що для можливості використання ВЕУ з будь-яким побутовим або промисловим устаткуванням, необхідно використовувати інвертори. Ці пристрої перетворюють постійну напругу генератора в змінну напругу 220В або 380 В. Для накопичення електроенергії, в періоди відсутності вітру, рекомендуються акумуляторні батареї.

Третю групу складають ВЕУ потужністю до 30 кВт. Їх призначення схоже з призначенням ВЕУ другої групи. Відмінність складають більша вага – до 500 кг і великі розміри. Відрізняються вони і більшою ціною.

Четверту групу ВЕУ можна віднести до професійного промислового устаткування. Цей тип можна порекомендувати для установки на промислових підприємствах і для створення вітроенергетичних електростанцій. Для їх монтажу також потрібна залівка фундаменту. Вартість таких ВЕУ починається від 150 000 євро.

Крім того, з метою економії засобів, споживачеві можуть бути запропоновані вітрогенератори, що були в експлуатації. Всі вони пройшли технічне обслуговування і готові до роботи.

ВЕУ потужністю 2...3 МВт потребує ділянки 20x20 м. Оскільки такі ВЕУ не потребують об'єднання в систему, то ділянку можна підібрати будь-де. Розміщення ВЕУ наближує джерело електроенергії до споживача.

ВЕУ класифікують за такими ознаками [43, 46, 49]:

- за видом виробленої енергії;
- за потужністю;
- за сферами застосування;
- за призначенням;
- за ознакою роботи з постійною або змінною частотою обертання вітроколеса (ВК);
- за способами керування;
- за структурою системи генерації енергії.

ВЕУ, залежно від виду виробленої енергії, поділяють на дві групи: механічні та електричні. Електричні ВЕУ, у свою чергу, поділяють на ВЕУ постійного і змінного струму.

Залежно від сфери застосування механічні ВЕУ підрозділяють на дві підгрупи: вітронасосні та вітросилові згідно рисунку 4.4.

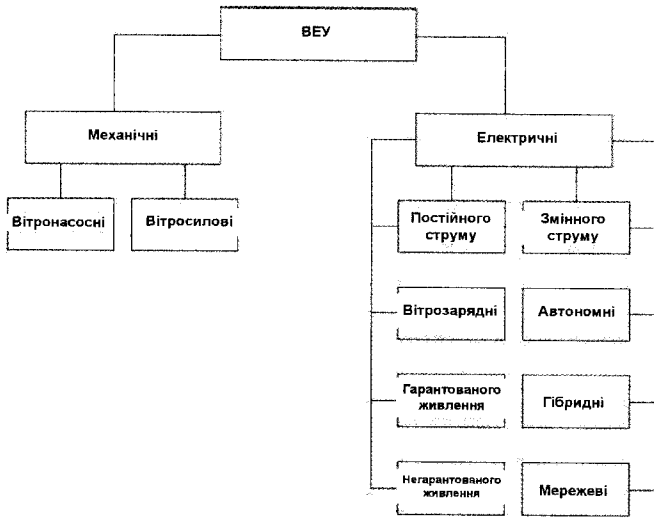


Рисунок 4.4 – Загальна класифікація ВЕУ

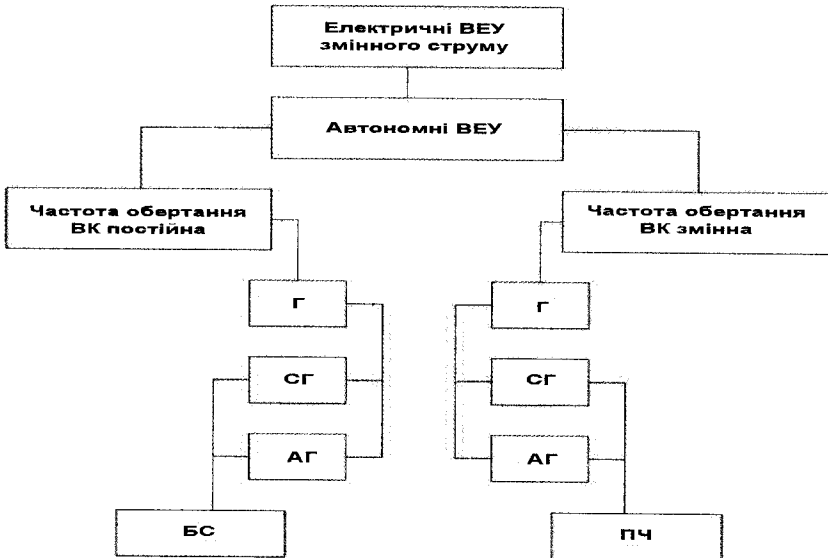


Рисунок 4.5 – Структурна схема автономних ВЕУ: Г – генератор; АГ – асинхронний генератор; БО – баластний опір; ПЧ – перетворювач частоти

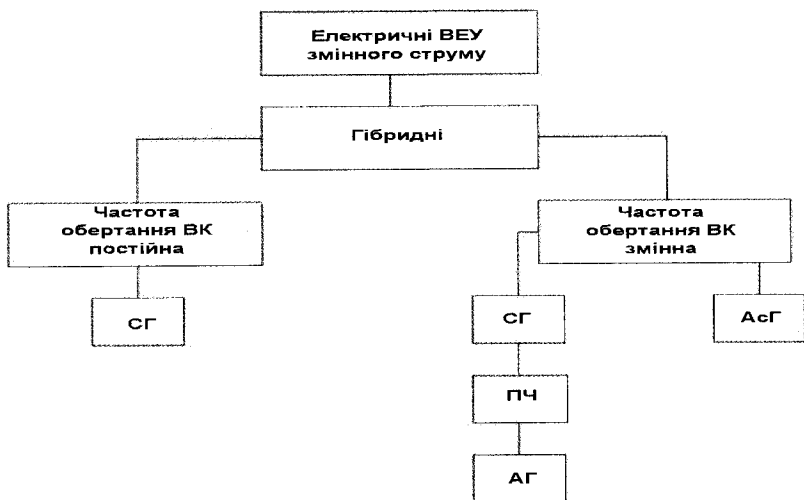


Рисунок 4.6 – Структурна схема гібридних ВЕУ: СГ – синхронний генератор, АСГ – асинхронізований синхронний генератор; ПЧ – перетворювач частоти

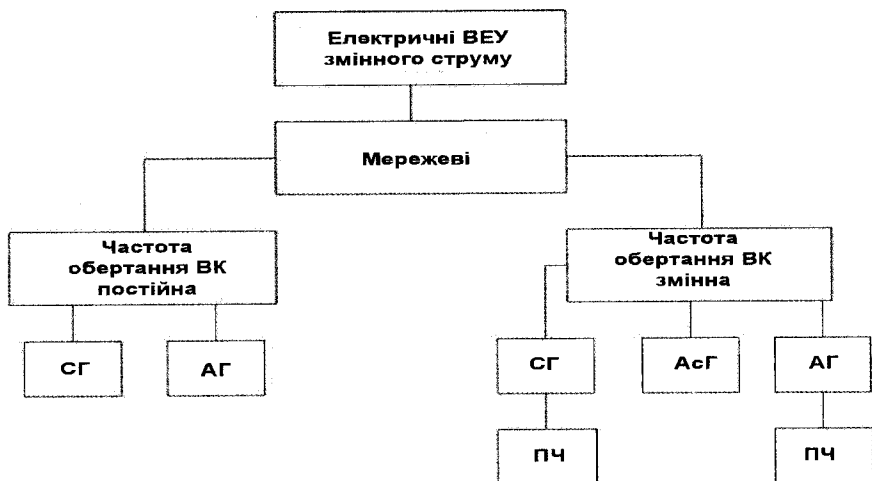


Рисунок 4.7 – Структурна схема мережевих ВЕУ: СГ – синхронний генератор; АГ – асинхронний генератор; АСГ – асинхронізований синхронний генератор; ПЧ – Перетворювач частоти

4.4 Принцип роботи вітроустановок

Схема роботи вітроустановки

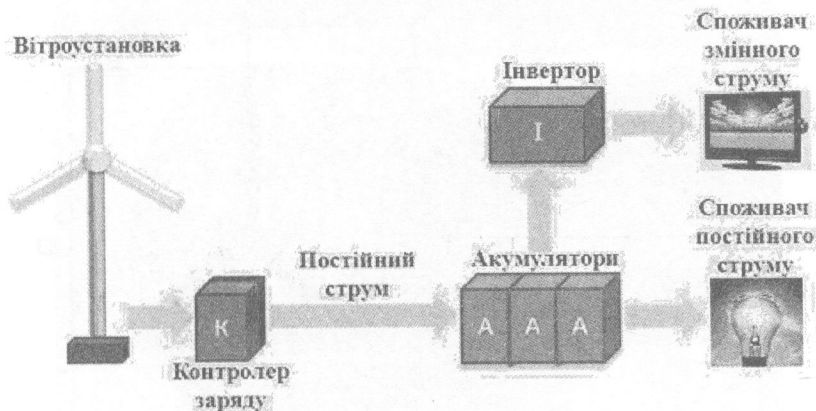


Рисунок 4.8 – Схема роботи вітроустановки

Вітроустановки при роботі використовують ефект виникнення підйомної сили, що діє на лопаті вітротурбіни, яка в свою чергу обертає генератор, що виробляє електроенергію. Через змінний характер вітру, частота і напруга на виході генератора також нестабільна, тому неможливо організувати живлення споживачів безпосередньо від ВЕУ.

У аеродинаміці широко застосовується ефект виникнення підйомної сили при дії потоку повітря на жорсткий профіль довільного перерізу. Цей ефект використовують вітроустановки і вітроенергетичні системи. За рахунок спеціальної форми перерізу лопатей і вибору оптимального кута атаки, досягається коефіцієнт використання вітру до 0,48.

У малих ВЕУ, на відміну від великих, не використовується система зміни кута атаки лопатей, тому їх ефективність змінюється в залежності від швидкості вітру.

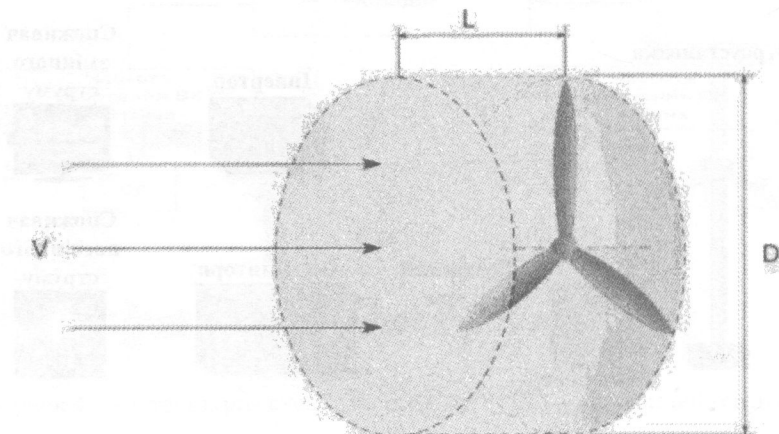


Рисунок 4.9 – Основні параметри вітроколеса

Основними параметрами, які впливають на потужність вітрового потоку є швидкість вітру (в 3-му степені) і діаметр вітроколеса (в квадраті). Тобто, потужність вітрового потоку збільшується в 8 разів при зростанні швидкості вітру в 2 рази. Швидкість вітру розподілена нерівномірно по висоті потоку. Як правило дані про швидкість вітру наведені на висоті флюгера (3 м), а вітроустановки розташовують на вежах висотою 10...12 м. Розподіл швидкостей вітру по висоті визначається співвідношенням: $(h_1/h_2)^m = (V_1/V_2)$, де $m \approx 0.2$ - коефіцієнт зростання швидкості вітру в приземному шарі.

Конструкція вітроустановки:

- 1) вітроколесо;
- 2) лопаті;
- 3) гондола з генератором;
- 4) ротор;
- 5) вежа;
- 6) троси.

4.5 Особливості розташування вітроелектростанцій

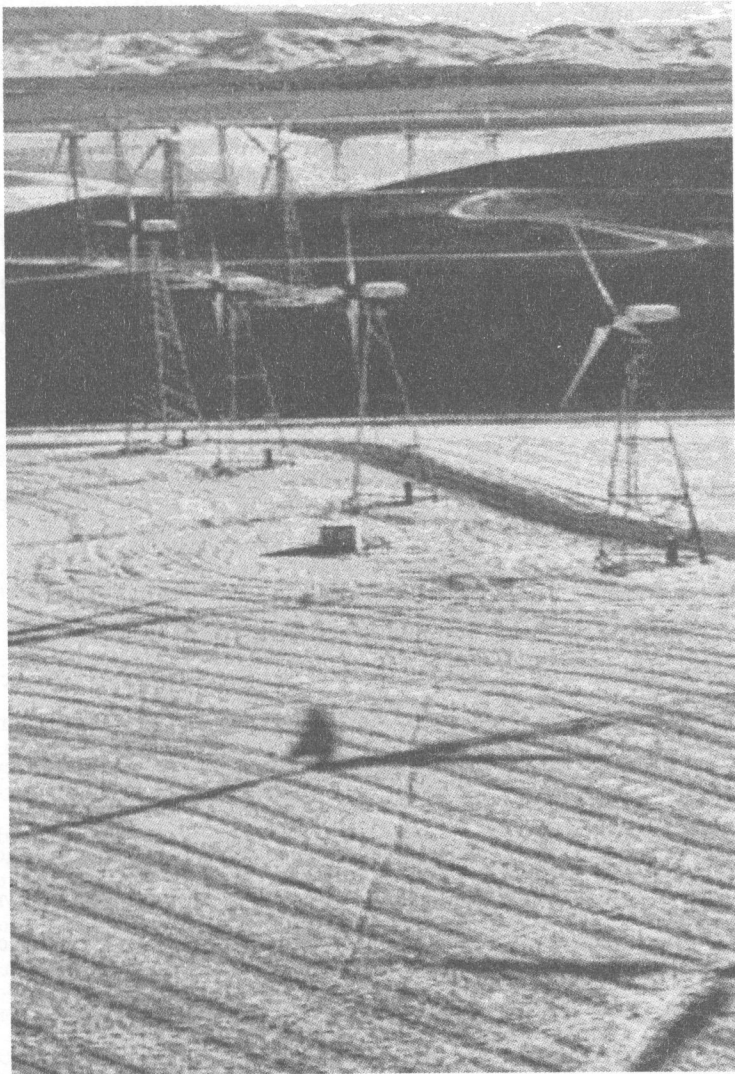


Рисунок 4.10 – Вітроелектростанція у Аламонт Пасс, США.

Відомо, що потужність вітрового потоку зростає пропорційно кубу швидкості. Тому вибір майданчика з точки зору максимальної швидкості вітру має критичне значення для подальшої ефективної роботи ВЕС. Відомо також, що в Україні найбільш придатні для вітроенергетики Кримський регіон, берегова лінія і мілководні ділянки Азовського і Чорного морів, а також окремі ділянки в Карпатах та інших регіонах.

Однак і в цих, в цілому сприятливих для розвитку вітроенергетики районах, швидкість вітру залежить від різних факторів – навколишнього рельєфу, дрібномасштабної структури поверхні Землі і наявності на поверхні природних і антропогенних об'єктів.

Існують сучасні засоби обліку цього впливу. Це, наприклад, англійська програма WindFarm, розроблена компанією ReSoft і вже згадуваний пакет програмного забезпечення WASP датської лабораторії. І та, і інша програма дозволяють розрахувати параметри вітрового потоку і ефективність роботи ВЕУ для конкретного місця на земній поверхні, скориставшись інформацією про швидкість і напрям вітру в регіоні і даними про місцевий рельєф.

Однак програма WASP в процесі виконання проекту так і не була освоєна з ряду причин, починаючи з відсутності фінансування на вивчення програми і підготовки фахівців, закінчуючи відсутністю необхідних метеоданих і сучасної інформації про рельєф місцевості.

Перші українські ВЕС проектувалися різними організаціями, що мали досвід роботи тільки в традиційній енергетиці. Вибір місця для всіх існуючих в даний момент ВЕС диктувався наявністю загальних, часто недостатніх, метеоданих для регіонів і, в більшості випадків, практичними обставинами.

Величина ВЕС впливає на її економічні показники. Частка інфраструктури в загальній вартості ВЕС, а також складова експлуатаційних витрат у вартості електроенергії зменшуються зі збільшенням розміру ВЕС. Економічний аналіз, проведений міжгалузевою координаційною радою показав, що будівництво ВЕС, встановлена потужність яких не перевищує 20...30 МВт, недоцільно. Практично всі плановані й проєктовані ВЕС мають потужність понад 50 МВт

Однак складність освоєння таких програм, як WindFarm і WASP не є єдиною проблемою. Достовірність результатів роботи програм залежить від повноти та достовірності вхідних даних. Для коректної роботи програм потрібні цифрові великомасштабні карти місцевості, які зараз доводиться готувати практично вручну.

Крім того, для ефективного використання програм WindFarm і WASP необхідна інформація про швидкість і напрям вітрового потоку, зібрана протягом декількох років (бажано не менше п'яти)

Досвід показав, що дані про середньорічну швидкість вітру, отримані метеостанціями України, непридатні для прогнозу виробництва електроенергії за допомогою ВЕС через те, що їх похибка часто складає 40...70% [42].

4.6 Екологічні наслідки розвитку вітроенергетики

Розглянемо деякі з екологічних наслідків.

Під потужні промислові ВЕС необхідна площа з розрахунку від 5 до 15 МВт/км² в залежності від рози вітрів та місцевого рельєфу району. Для ВЕС потужністю 1000 МВт потрібно площа від 70 до 200 км². Виділення таких площ у промислових регіонах пов'язане з великими труднощами, незважаючи на те, що частково ці землі можуть використовуватися і під господарські потреби. Наприклад, в Каліфорнії в 50 км від м. Сан-Франциско на перевалі Алтамонт-Пасс земля, відведена під парк потужної ВЕС, одночасно служить для сільськогосподарських цілей.

Проблема використання території спрощується при розміщенні ВЕС на акваторіях. Наприклад, пропозиції по створенню потужних ВЕС на дрібно-водних акваторіях Фінської затоки і Ладозького озера не пов'язані з вилученням великих територій з господарського, користування. З відведеної площі акваторії для ВЕС безпосередньо під спорудження для ВЕУ надається лише близько 2%. У Данії дамба, на якій встановлено парк ВЕУ, одночасно є пірсом для риболовних суден. Використання території, зайнятої вітровим парком, під інші цілі залежить від шумових ефектів і ступеня ризику при поломці ВЕУ. У великих ВЕУ лопать при відриві може бути відкинута на 400-800 м [56].

Найбільш важливий фактор впливу ВЕС на навколишнє середовище – це акустичний вплив. У зарубіжній практиці виконано достатньо досліджень і замірів рівня і частоти шуму для різних ВЕУ з вітроколесами, несхожими конструкцією, матеріалами, заввишки над землею, і для різних природних умов (швидкість і напрям вітру, підстилаюча поверхня і т. д.).

Шумові ефекти від ВЕУ мають різну природу і підрозділяються на механічні (шум від редукторів, підшипників і генераторів) і аеродинамічні дії. Останні, в свою чергу, можуть бути низькочастотними (менше 16...20 Гц) і високочастотними (від 20 Гц до декількох кГц). Вони викликані обертанням робочого колеса і визначаються наступними явищами: простором розрідження повітря за ротором або вітроколесом, з напрямком потоків повітря в деяку точку збігу турбулентних потоків; пульсаціями підйомної сили на профілі лопаті; взаємодією турбулентного пограничного шару з задньою кромкою лопаті.

Віддалення ВЕС від населених пунктів і місць відпочинку вирішує проблему шумового ефекту для людей. Однак шум може вплинути на фауну, в тому числі на морську фауну в районі екваторіальних ВЕС. За закордонними даними, ймовірність травмування птахів вітровими турбінами оцінюється в 10%, якщо шляхи міграції проходять через вітровий парк. Розміщення вітрових парків вплине на шляхи міграції птахів і риб для екваторіальних ВЕС. Висловлюються припущення, що екрануюча дія ВЕС на шляху природних повітряних потоків буде незначною і її можна не брати до уваги. Це пояснюється тим, що ВЕУ використовують невеликий

приземний шар повітряних мас (близько 100...150 м) і при цьому не більше 50% їхньої кінетичної енергії. Однак потужні ВЕС можуть вплинути на навколишнє середовище: наприклад, зменшити вентиляцію повітря в районі розміщення вітрового парку. Екрануюча дія вітрового парку може виявитися еквівалентною дії повітряних потоків при розміщенні такої ж площі на висоті близько 100...150 м.

Перешкоди, викликані відбиттям електромагнітних хвиль лопатями вітрових турбін, можуть позначатися на якості телевізійних і мікрохвильових радіопередач, а також різних навігаційних систем у районі розміщення вітрового парку ВЕС на відстані декількох кілометрів. Найбільш радикальний спосіб зменшення перешкод – видалення вітрового парку на відповідну відстань від комунікацій. У ряді випадків перешкод можна уникнути, встановивши ретранслятори. Це питання не відноситься до категорії важкорозв'язних, і в кожному конкретному випадку може бути знайдено конкретне, позитивне вирішення проблем, пов'язаних із розміщенням парку ВЕС.

Як акцент вищевикладеного підсумуємо:

1. Вітроенергетика вже сьогодні могла б вийти на значний рівень вироблення електроенергії в країні при умові достатнього її фінансування та відповідної державної політики. Для активації цього напрямку необхідно провести технологічне оновлення ВЕС за рахунок більш потужних вітроенергетичних установок (до 1МВт) та вирішити організаційні питання, зокрема, розділення управління розробкою і виробництвом вітчизняних ВЕС та виробленням і продажем електроенергії одержаної шляхом застосування ВЕС.

2. Розвиток вітроенергетики в Україні зумовлений наявністю великого, технічно доступного потенціалу енергії вітру. Для розміщення ВЕС можуть використовуватися площі, які не були задіяні в народному господарстві, пасовиська та безлісні ділянки гір, мілководні акваторії штучних та природних водоймищ, озер, лиманів, заток і морів. Наприклад, у затоці Азовського моря, Сиваші, що має площу акваторії близько 2700 км², є потенційна можливість розмістити до 135 тис. МВт загальної потужності вітроенергетичних станцій

(ВЕС). Для спорудження ВЕС може бути використано, практично всю площу Азовського моря, а в Чорному морі лише на Одеській затоці є можливість розмістити ВЕС із визначеною потужністю до 20 тис. МВт.

Контрольні питання до розділу 4

1. Поясніть суть та значення Кіотського протоколу.
2. Назвіть відомі вам країни, які підписали Кіотський протокол, але не ратифікували його, країни, які його взагалі не підписали.
3. Назвіть країну, яка вийшла з Кіотського протоколу та назвіть причини цього.
4. Перелічіть агрегати, які використовуються в вітроенергетиці.
5. Розкажіть про історію розвитку вітроенергетики.
6. Перелічіть та охарактеризуйте недоліки вітрових установок.
7. В яких межах знаходиться рівень шуму від працюючої вітрової енергетичної установки та яка повинна бути мінімальна відстань від неї до житлових будинків?
8. Назвіть та охарактеризуйте категорії вітрогенераторів.
9. Як класифікуються вітроелектроустановки?
10. Назвіть відомі вам потужні вітроелектростанції в Україні.

Розділ 5 Вітроенергетичні установки на підприємствах гірничо–рудної промислової галузі

5.1 Використання вітрогенераторів для виробництва електричної енергії в підземних виробках залізрудних шахт

Однією з важливих проблем вітчизняної гірничо-металургійної промисловості, яка є основним джерелом наповнення ВВП України, є тенденція до об'єктивного збільшення споживання електричної енергії та стрімким в зв'язку з цим ростом цін на собівартість продукції [1]. Тому, все актуальнішим стає питання збільшення обсягів отримання енергії за рахунок використання відновлювальних джерел, особливо енергії вітру, яка у вітрових електричних установках перетворюється в електричну.

Між іншим, незважаючи на значний потенціал вітроенергетичних комплексів (ВЕК), достатньо розвинуту науково-технічну та промислову базу, велику кількість прийнятих нормативно-законодавчих актів, частка ВЕК в енергетичному балансу України залишається незначною.

Одним із можливих місць локального використання вітрогенераторних мініелектростанцій є підземні виробки залізрудних шахт, в яких згідно технології ведення робіт, є постійна наявність вентиляції, яка забезпечує повітряний потік швидкістю 5–15 м/с.

Способи використання енергії вітру в реальних природних умовах наземного ландшафту активно досліджуються і втілюються в проектні роботи різних підприємств.

В даному випадку розглядається можливість використання енергій висхідних потоків вентиляції підземних виробок залізрудних шахт рудників.

Дослідження Правил техніки безпеки у шахтах склали наступну картину [2].

Швидкість повітря в гірничих підземних виробках не повинна перевищувати величин, визначених у Правилах техніки безпеки для залізрудних шахт [2, 3]. При цьому середня швидкість повітря в призабійних просторах очисних і підготовчих виробок шахт всіх категорій по газу повинна бути не

менше 0,25 м/с, за винятком підготовчих виробок газових шахт з проектною довжиною 75 м і більше, що проводяться по вугільних пластах потужністю 2 м і більше, при різниці між природною і залишковою метаноносністю пласта на ділянці проведення виробки 5 м³/т і вище, де мінімальна швидкість повинна складати 0,5 м/с.

При проведенні підготовчих виробок з шаровим відробітком вугільних пластів по другому і наступним шарам мінімальна швидкість повітря в призабійних просторах підготовчих виробок незалежно від потужності пласта вугілля і різниці, що залишилася, природною і залишковою метаноносністю пласта повинна складати не менше 0,25 м/с. При проході і поглибленні вертикальних стовбурів і шурфів, в тушкових виробках негазових шахт і в решті виробках шахт всіх категорій, що провітрюються за рахунок загальношахтної депресії, повинна бути не менше 0,15 м/с. Мінімальна швидкість повітря в камерах не регламентується [4, 5].

Проведення ремонтних робіт в стовбурах і пересування людей по сходових відділеннях дозволяється при швидкості повітря не більше 8 м/с.

Таким чином, можна зробити висновок, що швидкість висхідного потоку вентиляції в підземних виробках залізрудних шахт, в залежності від місця знаходження, повинна складати 5...15 м/с цілодобово, при постійному напрямку руху повітря. Такої швидкості потоку повітря достатньо для генерації певного обсягу електричної енергії вітроустановкою.

Як відомо, у вітрових двигунів є дві основні класифікаційні ознаки: по-перше, у горизонтальній чи у вертикальній площині лежить вісь обертання ротора його вітрового колеса, а по-друге, лопаті вітрового колеса прикріплені до основи є нерухомі або у них є можливість повертатись відносно площини його обертання на певний кут.

Як з'ясувалось, в сучасному парку вітрових електричних станцій використовуються як вертикально осьові так і горизонтально осьові ВЕУ, в той же час, більшість введених в експлуатацію серед різних конструктивних варіантів побудови ВЕУ, є вітрові двигуни з горизонтальною віссю обертання ротора

вітрового колеса. Більше того, значна кількість авторів стверджують, що такий варіант вітрового двигуна має більшу перспективу і уникають можливість використання вітрових двигунів з вертикальною віссю обертання ротора вітрового колеса. Але з цим твердженням, яке, фактично, уже набуло статусу постулату, не можна погоджуватись, в напрямку, що розглядаються відносно залізорудних шахт, виходячи із ряду міркувань, які приведено нижче.

Передача потужності у горизонтальноосьових вітрових електростанціях відбувається від вітроколеса до генератора через редуктор (мультиплікатор) на генератор. У таких установках є необхідність орієнтації на вітер, та створення складної системи керування для цього, складність конструкції лопаті (необхідне її скручування), складність обслуговування генератора, розміщеного у гондолі. Крім того, часто у таких установках необхідною умовою є наявність механізму повороту лопатей та системи керування ним. Також необхідною є система керування орієнтацією вітрового колеса на вітер. Така значна і складна механічна система знижує надійність, підвищує періодичність технічного обслуговування, знижує термін роботи вітроустановки [6].

Цих недоліків позбавлені ВЕУ з вертикальною віссю обертання. Такі ВЕУ можна використовувати без механічного регулювання кутів нахилу лопатей, вони не потребують штормового захисту, мають більш безпечну та надійну конструкцію, не потребують системи орієнтації на вітер, спрощується механічна трансмісія.

Існує критерій визначення рентабельності і окупності ВЕУ. Згідно даному критерію середньорічна швидкість вітру повинна знаходитись в межах 5,1...5,9 м/с.

Розрахункова швидкість вітру для великих ВЕУ звичайно приймається на рівні 11-15 м/с. В умовах шахт, як визначено раніше, швидкість вентиляційного повітря постійно сягає 5...15 м/с, що відповідає цьому діапазону. Взагалі, як правило, чим більша потужність агрегату, тим на більшу швидкість вітру він розраховується. Однак у зв'язку з мінливістю швидкості вітру значну частину часу ВЕУ виробляють меншу потужність, або взагалі не працюють.

Вважається, що коли середньорічна швидкість вітру в даному регіоні не менш 5-7 м/с, а еквівалентне число годин у році, при якому виробляється номінальна потужність не менше 2000, то таке місце сприятливе для установки великої ВЕУ і навіть вітрової ферми [7, 8]. Таким чином місце, що розглядається для установки ВЕУ є сприятливим, оскільки повітряний потік постійний у часі та відповідає достатньому діапазону швидкостей повітряного потоку.

При проектуванні наземних ВЕУ виявляється, що мінімальну собівартість енергії забезпечують зовсім не ті вітроагрегати, які мають максимальне ККД, а ті, які дешевше у виготовленні, простіші і надійніші в експлуатації. При однакових будівельних та експлуатаційних якостях перевага знову таки віддається не агрегату з максимальним ККД, а агрегату з максимальним середньорічним виробленням енергії на одиницю маси або вартості виробу. Однією із значних переваг ВЕУ перед ТЕС, АЕС ГЕС є ті, що капітальні вкладення практично не заморожуються і ВЕУ може виробляти електроенергію через тиждень після її перевезення на будівельний майданчик.

Виходячи з результатів цих досліджень, є доцільним для підземних умов будувати системні ВЕУ з вітровими двигунами, саме з вертикальною віссю обертання ротора вітрового колеса.

Особливістю використання енергії вентиляційного повітря в підземних виробках залізрудних шахт є обмеження розмірів вітроколеса, напрям та сила вентиляційного повітря. Виходячи з цих особливостей, при виборі вітроколеса для вітрогенератора необхідно враховувати ряд суттєвих відмінностей від класичних [1, 3].

Проте, постає питання про вибір між горизонтально-осьовими та вертикально-осьовими ВЕУ. У даному випадку пропонується використання роторної (вертикально-осьової) вітрової установки з огляду на те, що в даній сфері застосування вона має більші переваги, ніж пропелерна ВЕУ.

По-перше, для ефективної роботи горизонтально-осьової вітроустановки необхідна орієнтація її лопатей за напрямом повітряного потоку та їх особлива форма, а отже і побудова керуючого пристрою, який буде орієнтувати ВЕУ за

напрямом повітряного потоку, в результаті чого виникає складність конструкції лопаті (необхідне її скручування), складність обслуговування генератора, розміщеного у гондолі. Крім того, часто у таких установок необхідною є наявність механізму повороту лопатей та системи керування ним. Така велика і складна механічна система знижує надійність, підвищує періодичність технічного обслуговування, знижує термін роботи вітроустановки.

Для вертикальноосьової вітрової установки орієнтація на вітер не потрібна, а отже вона позбавлена вищезазначених недоліків. Такі ВЕУ можна використовувати без механічного регулювання кутів нахилу лопатей, вони більш стійкі до шквалистих поривів повітряного потоку, мають більш безпечну та надійну конструкцію, не потребують системи орієнтації на вітер, спрощується механічна трансмісія.

По-друге, усі вітрові установки мають такий суттєвий недолік: у процесі роботи, внаслідок тертя лопатей об повітря, виникають ультразвукові шуми. Проте, якщо порівняти приблизно однакові за своїми технічними та геометричними параметрами горизонтальну та вертикальну ВЕУ, то рівень шумів, які створює перша значно більший за рівень другої. Це пояснюється конструктивними особливостями цих установок.

По-третє, внаслідок роботи будь-якого типу ВЕУ, за рахунок діючих на них сил та моментів, виникають вібрації різної сили (залежить від габаритів ВЕУ). Проте, коливання, створювані роторною ВЕУ можуть бути відчутні, але менші за ті, які створює горизонтальна вітрова установка. Це є наслідком того, що зі зростанням швидкості обертання в процесі роботи вертикальноосьової установки створюється ефект «дзиги» [1, 5].

Отже, зваживши всі переваги та недоліки існуючих ВЕУ, можна сказати, що для роботи в умовах шахт ВЕУ з вертикальною віссю обертання є найбільш оптимальним варіантом.

Використання енергії вентиляційного повітряного потоку капітальної підземної виробки діючих залізрудних шахт дозволить використовувати

згенеровану потужність для власних потреб шахт, економити кошти на закупівлю електричної енергії.

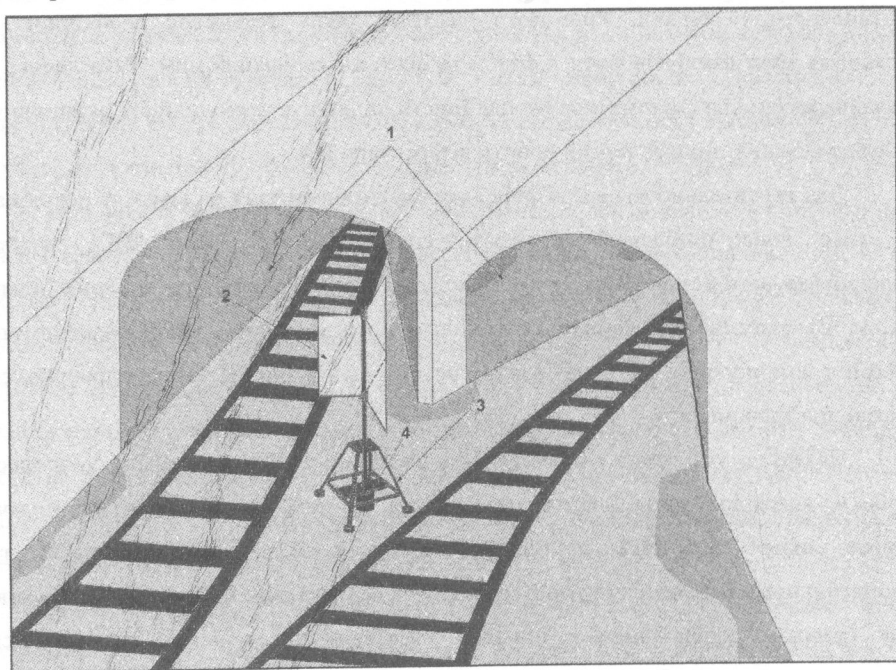


Рисунок 5.1 – Схема розташування ВЕУ у шахті: 1 – перший та другий квершлагів, 2 – лопаті вітроколеса, 3 – металева опора вітроколеса, 4 – генератор.

Як показано на рис. 5.1, поставлене завдання можна вирішити за рахунок того, що вітрогенератор використовується для перетворення кінетичної енергії постійного в часі повітряного потоку, що рухається в одному сталому напрямку, який відрізняється тим, що вітрогенератор монтується на спряженні двох квершлагів, капітальних підземних виробок діючих шахт, що дозволяє використовувати незадіяну кінетичну енергію вентиляційних повітряних потоків.

Спосіб розташування ВЕУ у шахті реалізується наступним чином.

У капітальній підземній виробці на спряженні двох квершлагів 1 встановлюється один вітрогенератор. При чому він монтується таким чином, щоб

відстань між вітроколесом, стінами та коліями була достатньою для безпечної роботи вітрогенератора, людей та руху електровозів.

Постійні в часі вентиляційні потоки повітря, що набігають, мають достатню швидкість, рухаючись в одному й тому ж сталому напрямку, потрапляють на лопаті (2) вітрового колеса, приводячи його у рух. Кінетична енергія вітроколеса передається на вал генератора (4), який генерує електричну енергію. Згенерована електроенергія надходить безпосередньо до електромережі залізрудних шахт.

Завдяки такому розташуванню вітрогенератора забезпечується постійне генерування електроенергії в умовах діючих виробок залізрудних шахт.

Електропостачання підземних гірничих виробок обумовлено рядом специфічних факторів, основними з яких є: прийнята технологія ведення гірничих розробок, гірничо-геологічні умови залягання корисних копалин, а також існуючі умови навколишнього середовища [10].

Враховуючи зміст вимог безпечної організації робіт в умовах залізрудних шахт, яким повинна відповідати система електропостачання підземних гірничих виробок, а також необхідність постійного електричного освітлення в підземних умовах шахт є потужним чинником підвищення безпеки та ефективності гірничих робіт. Освітлення в підземних виробках залізрудних шахт має велике значення для забезпечення безпечного проведення технологічних робіт.

Враховуючи той факт, що вентилятори вентиляційної шахтної системи відносяться до споживачів першої категорії, можна стверджувати про наявність постійного вентиляційного потоку. Між тим, швидкість висхідного потоку вентиляції в підземних виробках залізрудних шахт достатня для генерації певного обсягу електричної енергії ВЕУ.

Зважаючи на те, що в умовах залізрудних шахт є можливість використання ВЕУ, тоді є доцільним використання їх як додаткового джерела живлення освітлювальних пристроїв [10].

Очікувана потужність вітрових мініелектростанцій для підземних гірничих виробок – 0,5...4 кВт, в залежності від типу вітроустановки та швидкості вітру,

що дозволить забезпечити живлення освітлення всієї шахти, оскільки при збільшенні протяжності горизонту, місця розташування ВЕУ збільшуються [9].

Необхідна електрична енергія для освітлення підземних виробок шахт коливається в середньому в діапазоні 1,6...32 кВА, в залежності від протяжності виробок шахти та потужностей освітлювальних пристроїв [9]. Таким чином, згенеровану електричну енергію можна використати для живлення освітлювальних мереж.

Виходячи з вище сказаного, можна зробити висновок про те, що використання ВЕУ в умовах залізрудних шахт як додаткового джерела живлення є актуальним для забезпечення умови безперервності систем електропостачання освітлювальних мереж підземних виробок залізрудних шахт.

5.2 Використання вітрогенераторів для виробництва електричної енергії в кар'єрах

5.2.1 Вітроенергетичні установки на відвалах кар'єрів та шахт

Дослідження аеродинамічних характеристик провітрювання кар'єрів склали наступну картину.

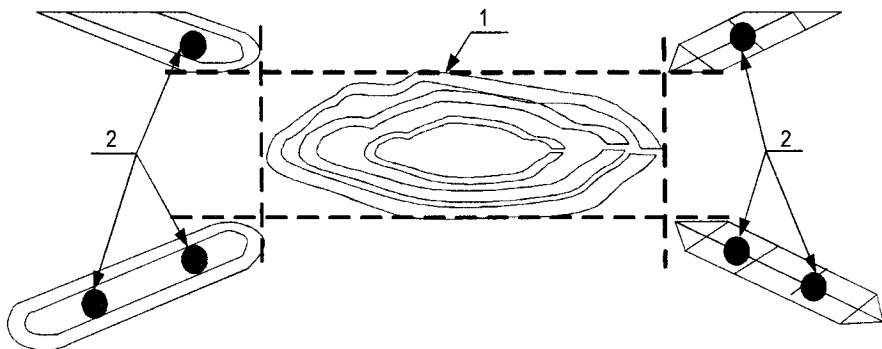


Рисунок 5.2 – Схема раціонального розташування ВЕУ на відвалах

На рис. 5.2 як приклад показана схема раціонального розташування вертикальноосьових ВЕУ на відвалах, що дозволяє досягти збільшення коефіцієнту використання вітрового потоку при будь-якому напрямі вітру на поверхні.

Таким чином можна зробити виновок, що швидкості потоку повітря на поверхні відвалів достатньо для генерації певного обсягу електричної енергії вітроустановкою.

Існує критерій визначення рентабельності і окупності ВЕУ. Згідно даному критерію середньорічна швидкість вітру повинна знаходитися в межах 5,1...5,9 м/с.

Важливою характеристикою є вертикальний профіль вітру, тобто зміни його швидкості по висоті в приземному шарі. Вплив земної поверхні на швидкість і напрям вітру зменшується у міру збільшення висоти. Тому швидкість звичайно зростає, а поривчатість і прискорення потоку знижуються. Градієнт швидкостей влітку, як правило, менше, ніж взимку, коли вертикальний перепад температур відносно невеликий. При адіабатичному градієнті температури в нижніх шарах атмосфери вертикальний профіль вітру v апроксимується залежністю вигляду

$$v=v_i(h/h_i)^{1/5}$$

Розрахункова швидкість вітру для великих ВЕУ звичайно приймається на рівні 11...15 м/с. В умовах кар'єрів, як доведено раніше, швидкість атмосферного повітря може сягати зазначеного діапазону та перевищувати ці показники, у залежності від швидкості атмосферних потоків повітря. Взагалі, як правило, чим більша потужність агрегату, тим на більшу швидкість вітру він розраховується. Але у зв'язку з мінливістю швидкості вітру значну частину часу ВЕУ виробляє меншу потужність. Вважається, що якщо середньорічна швидкість вітру в даному місці не менш 5...7 м/с, а еквівалентне число годин у році, при якому виробляється номінальна потужність не менше 2000, то таке місце сприятливе для установки великої ВЕУ і навіть вітрової ферми [2, 7].

Виходячи з результатів цих досліджень є доцільним в умовах кар'єрів будувати системні ВЕУ з вітровими двигунами на відвалах.

Розробка і реалізація в практику роботи вітчизняних кар'єрів вітроустановок дозволить здійснювати автономне живлення від неї ряду енергоприймачів електричної енергії, що дозволить зменшити собівартість видобутку корисних копалин відкритим способом (руди, вугілля, граніту).

5.2.2 Вітроенергетичні установки між відвалами кар'єрів

Дослідження аеродинамічних характеристик відвалів кар'єрів склали наступну картину.

Інтенсивність природного провітрювання кар'єрів вітром знаходяться в прямій залежності від швидкості вітрового потоку, що діє над кар'єром, і в зворотній від об'єму зони рециркуляції. Скорочення об'єму зони рециркуляції може бути досягнуте зменшенням кутів укосу бортів кар'єру за рахунок раціональної черговості відробітку уступів в ряді випадків [3].

Поверхневі споруди і відвали слід видаляти від кар'єру на відстань, в 8-10 разів що перевищує їх висоту. Інакше певний об'єм кар'єрного простору опиниться в зоні аеродинамічної тіні, де швидкість вітру і ефективність аерації істотно знижуються. Використання поверхневих споруд і відвалів для утворення прискорюючих вітровий потік конфузурів може дати позитивний ефект лише в тому випадку, якщо ці споруди не екранують фланги кар'єру [4].

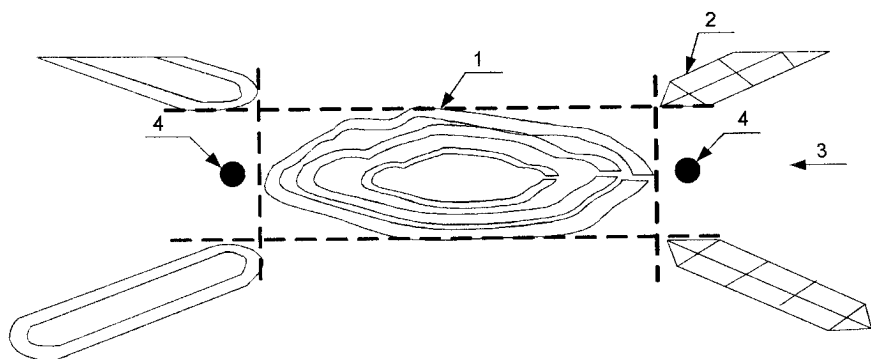


Рисунок 5.3 – Схема раціонального розташування поверхневих споруд і відвалів

На підставі проведених досліджень зроблений висновок про те, що найбільш раціональним шляхом інтенсифікації природного повітрообміну є максимально можливе звільнення території, що прилягає до кар'єру, від різних споруд, у тому числі і відвалів. В окремих випадках (наприклад, при будівництві нових кар'єрів на рівнинній місцевості) раціональне розташування відвалів і поверхневих споруд може дати відчутний ефект, яким, безумовно, не слід нехтувати. На рис. 5.3 як приклад показана схема раціонального розташування поверхневих споруд і відвалів, що дозволяє досягти інтенсифікації провітрювання кар'єру при будь-якому напрямі вітру на поверхні. Як крила конфузора в схемі використані споруди поверхневого комплексу 1 (наприклад, збагачувальна фабрика) і відвали 2, торцеві частини яких розташовані від брівки кар'єру на відстані l , рівному 8...10 їх висотам. В'їзна траншея 3 орієнтована по напрямку пануючих вітрів (вказаному стрілкою). Очевидно, що споруди, використовувані як аеродинамічні екрани, не повинні самі бути перешкодами, інакше навіть при досягнутому збільшенні швидкості може бути отриманий негативний результат у зв'язку із зростанням рівня запиленості повітря, що надходить в кар'єр. В той же час позитивний ефект раціонального розташування поверхневих споруд може бути збільшений за рахунок орієнтація в'їзної траншеї 3 у напрямку пануючих вітрів [5].

У зв'язку з цим глибокі кар'єри мають комплекс засобів штучної вентиляції, який здатний здійснити надійне провітрювання кар'єрів навіть за найсприятливіших метеорологічних умов.

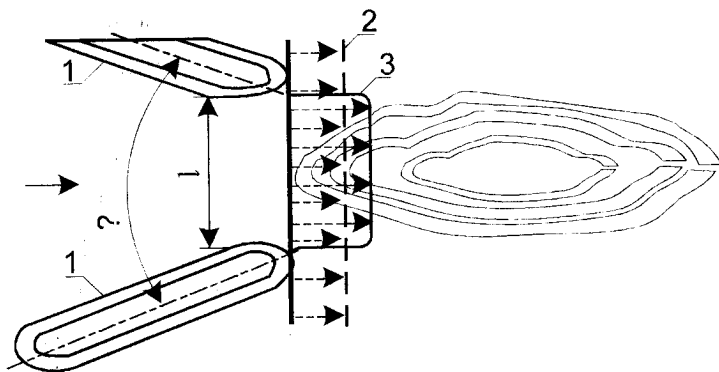


Рисунок 5.4 – Схема повітрязабору: 1 – відвали; 2 і 3 – ешори швидкості вітрового потоку над кар'єром відповідно за відсутності і наявності повітрязабору

Відвали і будівлі, розташовані перед кар'єром з навітряного боку, підвищують турбулізацію повітря, що збільшує кут розкриття вітрового потоку, що надходить до кар'єру. При цьому зменшується об'єм рециркуляційної зони і поліпшується провітрювання кар'єру. Відстань таких відвалів від кар'єрів повинна бути не менше як десять їх висот [6].

Таким чином можна зробити виновок, що такі умови для збільшення швидкості повітряного потоку достатні для генерації певного обсягу електричної енергії вітроустановкою.

Існує критерій визначення рентабельності і окупності ВЕУ. Згідно даному критерію середньорічна швидкість вітру повинна знаходитися в межах 5,1...5,9 м/с.

Розрахункова швидкість вітру для великих ВЕУ звичайно приймається на рівні 11...15 м/с. В умовах кар'єрів, як наведено раніше, швидкість атмосферного повітря може сягати зазначеного діапазону та перевищувати ці показники, у залежності від швидкості атмосферних потоків повітря. Взагалі, як правило, чим більша потужність агрегату, тим на більшу швидкість вітру він розраховується. Але у зв'язку з мінливістю швидкості вітру велику частину часу ВЕУ виробляє меншу потужність. Вважається, що якщо середньорічна швидкість вітру в даному

місці не менш 5...7 м/с, а еквівалентне число годин у році, при якому виробляється номінальна потужність не менше 2000, то таке місце сприятливе для установки великої ВЕУ і навіть вітрової ферми [2, 7].

Виходячи з результатів цих досліджень є доцільним в умовах кар'єрів будувати системні ВЕУ з вітровими двигунами між відвалами кар'єрів.

Таким чином:

1. Розробка і реалізація в практику роботи залізрудних шахт ВЕУ дозволить здійснювати живлення від них ряду енергоприймачів електричної енергії, а саме освітлювальної мережі, що дозволить зменшити собівартість видобутку корисних копалин. Найбільш ефективними з усіх розглянутих типів вітрогенераторів для умов шахт є використання вітрогенераторів з вертикальною віссю обертання. Очікувана потужність вітрових мініелектростанцій для підземних гірничих виробок – 0,5...4 кВт, в залежності від типу вітроустановки та швидкості повітряного потоку, що дозволить забезпечити живлення освітлення всієї залізрудної шахти.

2. Виходячи з вище сказаного, можна зробити висновок про те, що використання ВЕУ в умовах залізрудних шахт як додаткового джерела живлення є актуальним для забезпечення умови безперебійності систем електропостачання освітлювальних мереж підземних виробок залізрудних шахт.

3. Впровадження в практику роботи вітчизняних кар'єрів вітроустановок дозволить здійснювати автономне живлення від неї ряду енергоприймачів електричної енергії, що дозволить зменшити собівартість видобутку корисних копалин відкритим способом (руди, вугілля, граніту).

Контрольні питання до розділу 5

1. Які особливості розташування вітрогенераторів в умовах кар'єрів?
2. Які особливості розташування вітрогенераторів в умовах рудних шахт?
3. Які існують місця розташування вітрогенераторів в кар'єрах?
4. Які існують місця розташування вітрогенераторів в рудних шахтах?

6.1 Геотермальна енергетика: загальні відомості, основні поняття,

визначення

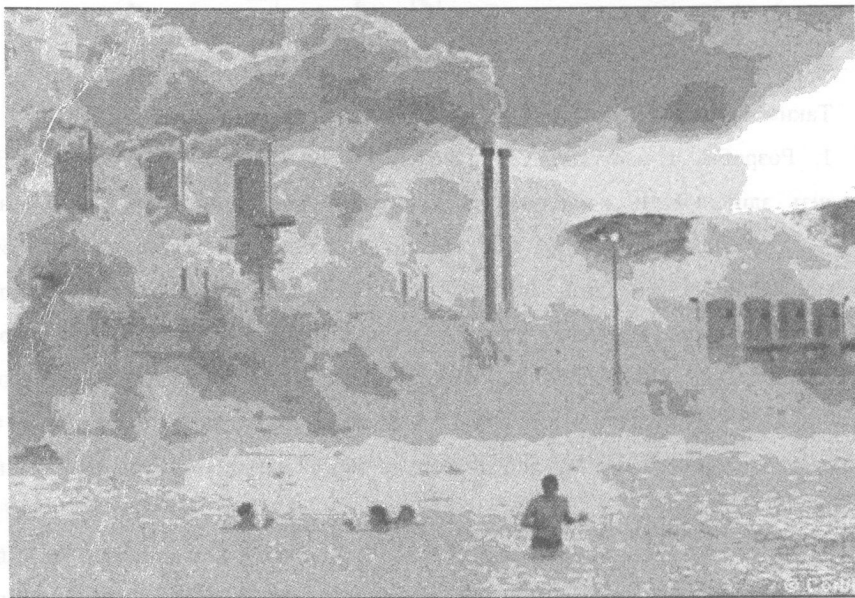


Рисунок 6.1 – Завод в Ісландії, що працює на основі геотермальної енергії

Вираз "геотермальна енергія" буквально означає, що це енергія тепла землі (гео – земля, термальна – теплова). Основним джерелом цієї енергії є постійний потік тепла з розжарених надр, направлений до поверхні землі. Цього тепла достатньо, щоб розплавляти гірські породи під земною корою, перетворюючи їх на магму. Велика частина магми залишається під землею і, подібно до печі, нагріває породу навколо. Коли підземні води стикаються із цим теплом, вони теж дуже нагріваються – іноді до температури 371°C . У деяких місцях, особливо по краях тектонічних плит материків, а також у так званих "гарячих точках" теплота підходить так близько до поверхні, що її можливо добувати за допомогою геотермальних свердловин (рис. 6.1).

Електричну енергію вперше було отримано з використанням геотермального резервуару сухої пари 1904 року італійцем П. Джинсіні Конті. Перший резервуар гарячої води, використаний для виробництва електричної енергії, був створений у Новій Зеландії в 50-ті роки. Перша комерційна геотермальна електростанція в США почала виробляти енергію 1960 року, яка сьогодні є другою в світі, щодо можливості та обсягу використання відновлюваного джерела енергії. 1995 року потужність усіх геотермальних електростанцій світу становила 6000 МВт і 11300 МВт – теплових станцій для прямого використання теплоти (1 МВт достатньо для забезпечення побутових потреб 1000 жителів).

Геотермальна енергія, акумульована в перших десятиях кілометрах Земної кори, досягає 137 трлн. т у.п., що в 10 разів перевищує геологічні ресурси усіх видів палива разом узятих [43, 48].

З усіх видів геотермальної енергії мають найкращі економічні показники гідрогеотермальні ресурси – термальні води, пароводяні суміші і природна пара.

Гідрогеотермальні ресурси, які використовуються на сьогодні практично, складають лише 1% від загального теплового запасу надр. Досвід показав, що перспективними в цьому відношенні варто вважати райони, в яких зростання температури з глибиною відбувається досить інтенсивно, колекторські властивості гірських порід дозволяють одержувати з тріщин значні кількості нагрітої води чи пари, а склад мінеральної частини термальних вод не створює додаткових труднощів по боротьбі із солевідкладеннями і кородуванням устаткування.

Аналіз економічної доцільності широкого використання термальних вод показує, що їх варто застосовувати для опалення і гарячого водопостачання комунально-побутових, сільськогосподарських і промислових підприємств, для технологічних цілей, добування цінних хімічних компонентів і ін. Гідрогеотермальні ресурси, придатні для одержання електроенергії, становлять 4% від загальних прогнозних запасів, тому їхнє використання в майбутньому доцільно застосовувати для тепlopостачання і теплофікацією місцевих об'єктів.

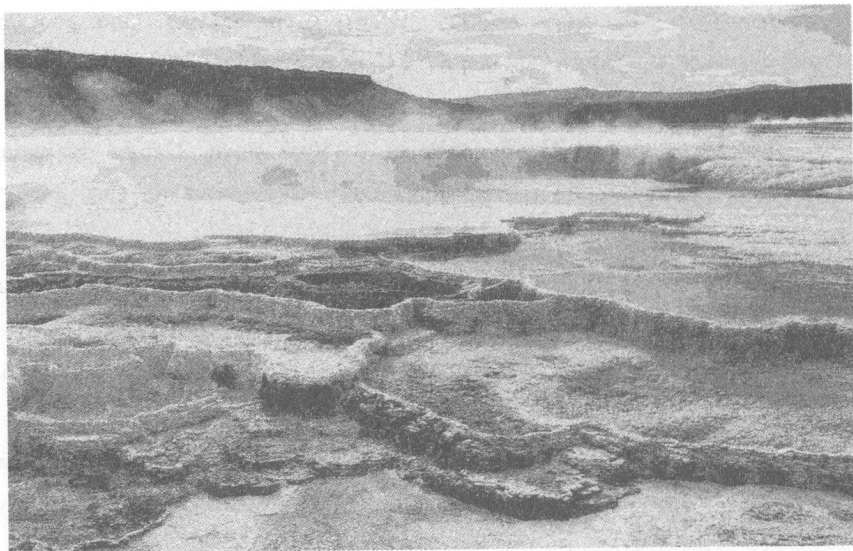


Рисунок 6.2 – Потік геотермальних вод у Севастополі

Поверхня Землі складається із 12 окремих тектонічних плит, величезних платформ земної кори, які постійно дуже повільно рухаються.

Джерела геотермальної енергії можливо виявити в трьох основних зонах – там, де стикаються дві тектонічні плити, при цьому одна з них рухається під другою [65, 66, 69]:

- субдукційна зола (наприклад, Японські острови та Анди в Південній Америці);

- зони, де магма виходить на нижній горизонт ґрунту чи просто на поверхню (Каліфорнійська затока, рифові долини в Африці, Середньо-атлантичний хребет);

- "гарячі точки", в яких магма постійно витікає на поверхню Землі (Гавайські острови).

Геотермальний резервуар є насправді масою породи, що розтріскалася в земній корі й насичена гарячою водою або паром, при цьому перший тип є найбільш поширеним (рис. 6.2). Щоб вивести воду або пару на поверхню, в

резервуарі бурять свердловини. Розміри резервуарів – від кількох тисяч кубічних метрів до кількох кубічних кілометрів. Якщо вода достатньо гаряча, вона підіймається на поверхню природним шляхом, при більш низькій температурі може знадобитися насос.

Розрізняють чотири основні типи геотермальної енергії [31, 33, 34]:

- нормальне поверхове тепло землі, яке використовується геотермальними тепловими насосами;
- гідротермальні системи, тобто резервуари пари, гарячої чи теплої води біля самої поверхні землі (нині для вироблення електроенергії використовуються саме ці ресурси);
- глибока теплота земної кори, яка утримується під поверхнею землі, але може не мати води;
- енергія магми, теплота, що накопичена під вулканами та кальдерами; іноді магма частково буває в розплавленому стані.

Якби можна було використовувати всього 1% геотермальної енергії земної кори (глибина до 10 км), ми мали б у своєму розпорядженні кількість енергії, яка в 500 разів перевищувала б усі світові запаси нафти та газу.

Існує два види геотермальних станцій: перші для генерування струму використовують пару, другі – перегріті геотермальні води. У перших суха пара зі свердловини надходить у турбіну або генератор для вироблення електроенергії. На станціях іншого типу використовуються геотермальні води температурою понад 190°C. Вода природним чином підіймається вгору свердловиною, подається в сепаратор, де внаслідок зменшення тиску частина її кипить і перетворюється на пару. Пара спрямовується в генератор або турбіну і виробляє електрику. Це найбільш поширений тип геотермальної електростанції.

Значні масштаби розвитку геотермальної енергетики в майбутньому можливі лише в разі одержання теплової енергії безпосередньо з гірських порід. У цьому випадку в місцях, де знайдено сухі гарячі скельні породи, бурять паралельні свердловини між якими утворюють систему тріщин. Тобто фактично

формується штучний геотермальний резервуар, в який подається холодна вода з наступним отриманням пари або пароводяної суміші.

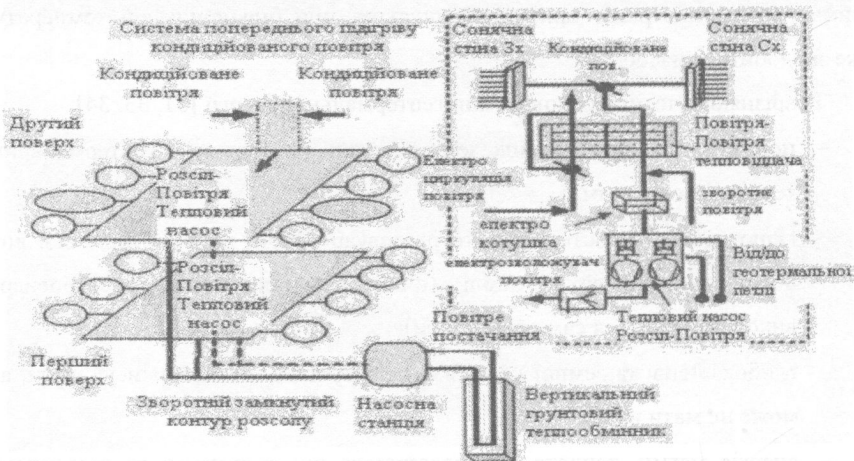


Рисунок 6.3 – Схема геотермальної теплонасосної системи з вертикальним ґрунтовим контуром

Середня температура Землі на глибині 3...5 м впродовж року становить 10...13°C і вище. Цим можна скористатися для опалення й охолодження будинків, виробничих приміщень, тваринницьких ферм за допомогою теплообмінників і теплонасосних установок, що дає змогу заощаджувати до 50...70% теплоти, яка використовується для створення оптимального температурного режиму в приміщеннях. Для цього в землі за певною схемою прокладають канали для руху повітря або заривають труби, у які подається вода (чи інший теплоносій). Незалежно від того, що циркулює в такій системі, за рахунок теплообміну з землею такий тепловий насос може поглинати тепло землі й передавати його в будинок у холодну пору року або переміщувати тепло з будинку в землю в спекотну пору [45, 46, 47].

В деяких випадках використання теплової геотермальної помпи дозволяє економити до 2/3 енергії, що використовується для опалення.

Тепловий насос складається з таких складових (рис. 6.3):

1. Теплообмінник передачі тепла землі внутрішньому контуру.
2. Компресор.
3. Теплообмінник передачі тепла внутрішнього контуру системі опалення.
4. Дросельний пристрій для зниження тиску.
5. Контур розсолу і земляний зонд.
6. Контур опалення та гарячого водопостачання.

Первинний контур-поліетиленова труба U-подібної форми, занурена в свердловину. По трубі циркулює незамерзаюча рідина. У результаті циркуляції до другого контуру теплового насоса надходить рідина з температурою 8°C (температура землі).

Рідина передає свою температуру (8°C) другому контуру. У другому контурі циркулює фреон (відмінна особливість фреону полягає в тому, що при температурі вище 3°C він з рідкого стану переходить в газоподібний). Рідкий фреон, отримуючи від первинного контуру температуру 8°C переходить в газоподібний стан. Далі, газоподібний фреон надходить в компресор, де газ стискається з 4 до 26 атмосфер. При такому стисненні він нагрівається з 8°C до 75°C .

Це найважливіший етап роботи теплового насоса. Саме на цьому етапі відбувається перетворення енергії великого об'єму газу з температурою 8°C в малий обсяг газу з температурою 75°C . При цьому загальна енергія газу до і після компресора залишається незмінною. Просто він сконцентрувався в згусток енергії, якому нікуди подітися. Тому і відбувається нагрівання газу до 75°C .

Енергія газу (фреон), розігрітого до 75°C , передається в третій контур – систему опалення та гарячого водопостачання будинку. У процесі передачі енергії газу третьому контуру після втрат ($10\dots15^{\circ}\text{C}$), опалювальний контур нагрівається до температури $60\dots65^{\circ}\text{C}$.

Газ (фреон), віддавши свою енергію опалювального контуру, охолоджується до $30\dots40^{\circ}\text{C}$. При цьому він як і раніше знаходиться під тиском у 26 атмосфер. Потім відбувається зниження тиску до 4 атмосфер (так званий ефект дроселювання). У результаті падіння тиску відбувається значне охолодження газу

(ефект, зворотнього підвищення температури при збільшенні тиску). Він охолоджується до $0...3^{\circ}\text{C}$ і стає рідиною. Температура фреону $0...3^{\circ}\text{C}$ передається теплоносію первинного контуру, який відносить її вглиб землі. Проходячи по свердловині, теплоносієм нагрівається і виходить на поверхню землі з температурою 8°C , яка знову подається на другий контур.

А в цей час відбувається процес завершення циклу в другому контурі. Рідкий фреон з температурою $0...3^{\circ}\text{C}$ знову стикається з первинним контуром, що приносить із землі 8°C . Процес повторюється.

До переваг геотермальної енергії відносять [61, 63, 65]:

1. Геотермальну енергію отримують від джерел тепла з великими температурами.
2. Температура теплоносія значно менша за температуру при спалюванні палива.
3. Найкращий спосіб використання геотермальної енергії – комбінований (видобуток електроенергії та обігрів).

До недоліків геотермальної енергії відносять [61, 65, 68]:

1. Низька термодинамічна якість.
2. Необхідність використання тепла біля місця видобування.
3. Вартість спорудження свердловин виростає зі збільшенням глибини.

Це джерело енергії характеризується різноплановим впливом на природне середовище. Так в атмосферу надходить додаткова кількість розчинених в підземних водах сполук сірки, бору, миш'яка, аміаку, ртуті; викидається водяна пара, збільшуючи вологість; супроводжується акустичним ефектом; опускання земної поверхні; засолення земель.

6.2 Джерела геотермального тепла

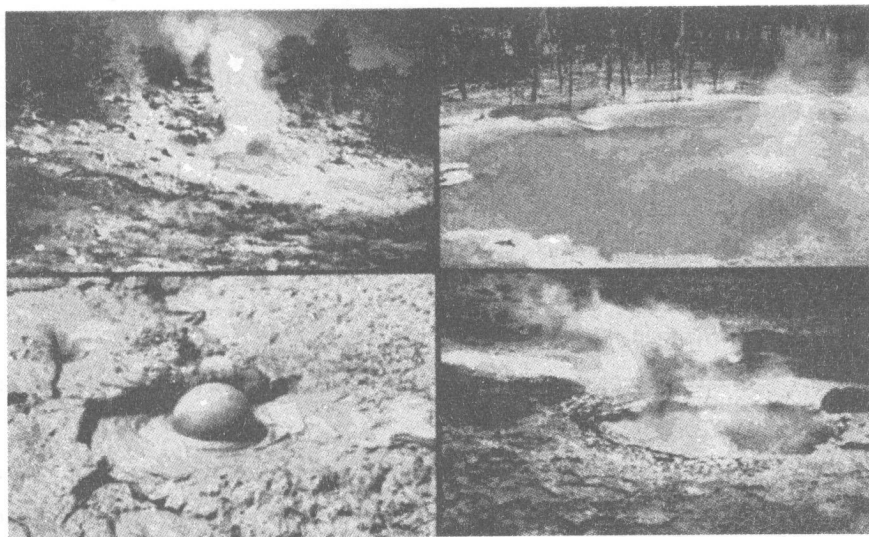


Рисунок 6.4 – Джерела геотермального тепла

У геологічному розумінні геотермальна теплота – це теплота при температурах, вищих за температури навколишнього середовища. Запаси цієї теплоти перевищують річне споживання енергії в усьому світі в 35 млрд. разів. Однак сьогодні дуже незначна кількість цих запасів може бути використана. Обмеження зумовлені в основному економічними причинами. На глибині більш ніж 5 км від поверхні Землі зміна температурного градієнта становить 30...35°C на кожний кілометр. Різні регіони земної кулі відрізняються один від одного широким спектром зміни зазначеного градієнта. У деяких місцях Землі температурний градієнт перевищує згадане значення в 10 разів; при цьому зміна температури на глибині 5 км досягає 500°C [41].

Теплові потоки в надрах Землі, які проходять крізь тверді породи, мають відносно незначні параметри (вони в декілька тисяч разів менші за сонячну радіацію). Отже, теплота земних надр у вигляді теплових потоків, які передаються шляхом теплопровідності, не має суттєвого практичного значення (рис. 6.4).

Проявом геотермальної теплоти, що має практичне значення, є запаси

гарячої води в підземних резервуарах та гейзерах, що виходять на поверхню.

Геотермальною вважається енергія, перенесена із глибин Землі за допомогою різних видів теплообміну (теплопровідністю та конвекцією). Припускається, що тепло магми переноситься теплопровідністю крізь структурні шари Землі.

Усю природну теплоту, яка міститься в земній корі, можна розглядати як геотермальні ресурси двох видів:

- пара, вода, газ;
- розігріті гірські породи.

Гідротермальні джерела енергії поділяються на термальні води, пароводяні суміші і природну пару.

Для отримання теплоти, акумульованої в надрах землі, її спочатку треба підняти на поверхню. Геотермальні води – екологічно чисте джерело енергії, що постійно відновлюється. Воно суттєво відрізняється від інших альтернативних джерел енергії тим, що його можна використовувати незалежно від кліматичних умов і пори року.

Геотермальна енергія сьогодні використовується для тепlopостачання (виробничі технологічні процеси харчової та обробної промисловості, опалення тощо) та вироблення електроенергії.

Експлуатація геотермальних джерел базується на попередньому геологічному дослідженні, щоб уникнути значного фінансового ризику за умови подальших капітальних витрат.

Отже, для того, щоб визначити, чи має певна місцевість потенціал постачання геотермальної теплоти для промислових та побутових потреб, необхідно провести попередній пошук, що є ризикованим, але необхідним. Ця особливість є однією з головних відмінностей геотермальної енергії від інших поновлюваних джерел енергії.

6.3 Методи та способи використання геотермального тепла для отримання тепло- та електроенергії

Підземні геотермальні резервуари поділяються на [43]:

- заповнені в основному паром (перегрітою чи насиченою);
- заповнені в основному гарячою водою (з невеликим вмістом насиченої пари).

Схему геотермальної електростанції з паровою турбіною наведено на рис. 6.5, при цьому використовується резервуар сухої пари, яка зі свердловин подається в турбіну для вироблення електроенергії.

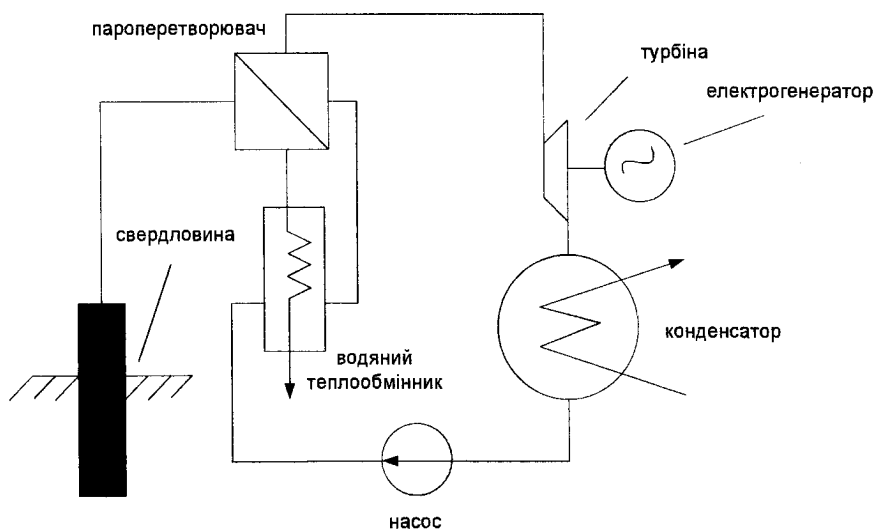


Рисунок 6.5 – Схема геотермальної електростанції

На станціях іншого типу використовуються геотермальні води з температурою, вищою за 190°C . Вода, яка природним чином підіймається вгору по свердловині, подається в сепаратор, де частина її кипить та перетворюється на пар. Пара використовується для одержання електроенергії.

Електростанція з бінарним циклом ґрунтується на двох замкнених циклах – один для геотермальної води, другий – для робочої рідини чи газу з низькою температурою кипіння (наприклад, ізобутан).

Робоча рідина, нагріта геотермальною водою, перетворюється на пару, яка надходить у теплообмінник та використовується для обертання турбіни. Оскільки обидва контури замкнені, немає практично ніяких викидів, що робить систему екологічно чистою. Робоча рідина випаровується при більш низькій температурі, ніж вода, тому бінарні станції працюють при значно нижчих температурах, ніж інші типи геотермальних станцій (100...190°C). А оскільки джерела геотермальної води з температурою нижчою за 190°C найбільш поширені, то в майбутньому ці станції матимуть перевагу.

Геотермальні води, які використовуються для теплопостачання, можна умовно поділити на 3 групи [51]:

- води, які можуть безпосередньо використовуватися споживачами і підігріватися без будь-яких негативних наслідків, тобто води найбільш вигідної якості;
- води, які можуть безпосередньо використовуватися споживачами для опалення, але не можуть підлягати підігріву через їхні агресивні властивості;
- води підвищеної мінералізації та агресивності, які неможливо використовувати безпосередньо.

Схема системи геотермального теплопостачання, розроблена Інститутом механічної теплофізики НАН України, подана на рис. 6.6.

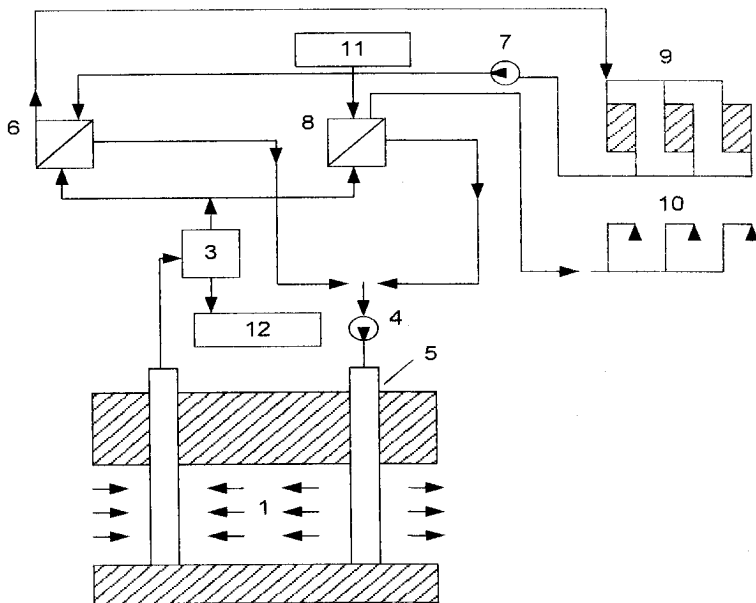


Рисунок 6.6 – Схема системи геотермального постачання:

1 – підземний колектор; 2 – свердловина; 3 – газошламівідкремлювач; 4 – нагнітальний насос; 5 – нагнітальна свердловина; 6 – теплообмінник опальної системи; 7 – насос опалювальної системи; 8 – теплообмінник гарячого водопостачання; 9 – опалювальна система; 10 – система гарячого водопостачання; 11 – джерело води для гарячого водопостачання; 12 – система утилізації газів і шламів.

6.4 Приклади використання геотермальної енергії

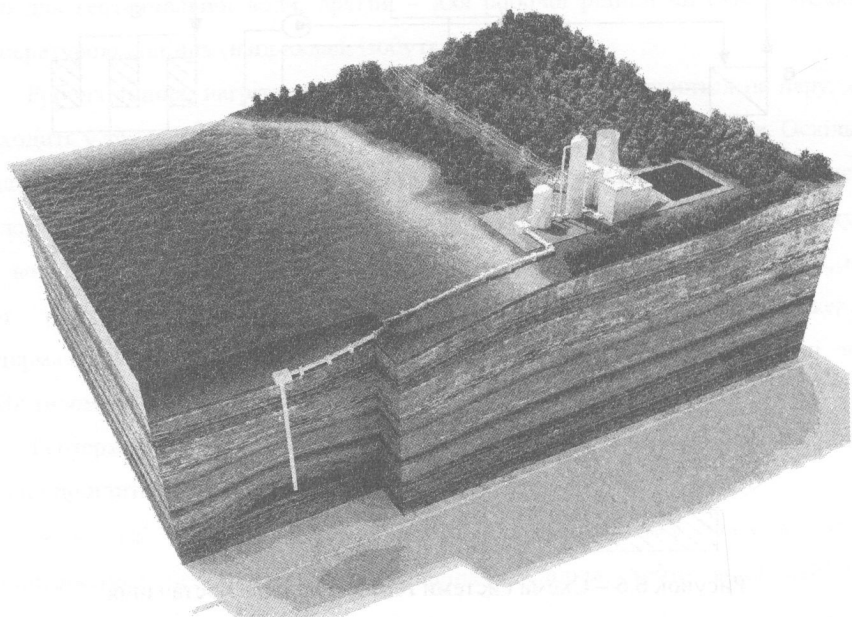


Рисунок 6.7 – Використання геотермального тепла

Концепція розвитку геотермальної електроенергетики України передбачає наявність трьох тимчасових етапів.

На першому етапі, в період 1991-1995 рр., проведено широкомасштабні дослідження та пошукові геологорозвідувальні роботи в різних районах України (в Криму, на Тарханкутському півострові і в Прикарпатті, в районі м. Мостиська) з метою отримання інформації про геологічні об'єкти, придатні для отримання теплової енергії для геоТЕС. Проведено обробку технологій видобутку геотермальної теплоти та її перетворення на електроенергію, а також щодо можливості створення блочних міні-геоТЕС.

На другому етапі, протягом 1996-2000 рр., проведено дослідження на експериментальних геоТЕС, розширено пошукові геологорозвідувальні роботи, створена Кримська дослідно-промислова геоТЕС з потужністю 25 МВт і

Мостиська дослідно-промислова геоТЕС із потужністю до 10 МВт. Крім того, має бути розгорнуто будівництво серії міні-геоТЕС з потужністю 50...5000 кВт. Сумарна потужність передбачених для будівництва геоТЕС із впровадженням до 2014 р. становитиме 60 МВт.

На третьому етапі, в період 2010-2015 рр., передбачається завершити створення дослідно-промислової Тарханкутської геоТЕС у Криму з потужністю 100 МВт і Мостиської геоТЕС з потужністю 50 МВт. Одночасно передбачається завершити експериментальні дослідження на 3-4 майданчиках нових промислових геоТЕС із з'ясуванням та затвердженням запасів геотермальної теплоти [34].

Геотермальна енергія з успіхом використовується в Росії, Грузії, Ісландії, США.

Перше місце по виробленню електроенергії з гарячих гідротермальних джерел займає США. У долині Великих Гейзерів (штат Каліфорнія) на площі 52 км² діє 15 установок, потужністю понад 900 МВт.

«Країна льодовиків», так називають Ісландію, ефективно використовує гідротермальну енергію своїх надр. Тут відомо понад 700 термальних джерел, які виходять на земну поверхню. Близько 60% населення користується геотермальними водами для обігріву житлових приміщень, а в найближчому майбутньому планується довести це число до 80%. При середній температурі води 87°C річне споживання енергії гарячої води становить 15 млн. ГДж, що рівноцінно економії 500 тис. т кам'яного вугілля на рік. Крім того, ісландські теплиці, в яких вирощують овочі, фрукти, квіти і навіть банани, використовують щорічно до 150 тис. м³ гарячої води, тобто понад 1,5 млн. ГДж теплової енергії.

Середній потік геотермальної енергії через земну поверхню становить приблизно 0,06 Вт/м² при температурному градієнті меншому ніж 30 °С/км. Однак є райони зі збільшеними градієнтами температури, де потоки складають приблизно 10...20 Вт/м², це дозволяє реалізовувати геотермальні станції (ГеоТЕС) тепловою потужністю 100 МВт/км² та тривалістю експлуатації до 20 років [56].

Якість геотермальної енергії невелика і краще її використовувати для опалення будівель та попереднього підігріву робочих вузлів звичайних

високотемпературних установок. Також використовують це тепло для ферм з розведення риби та для теплиць. Якщо тепло з надр виходить при температурі більше 150 °С, то можна говорити про виробництво електроенергії. Побудовано ГеоТЕС на Філіппінах потужністю більше 900 тис. кВт.

Масштаб використання геотермальної енергії визначають декілька факторів: капітальні витрати на спорудження свердловин, ціна яких зростає зі збільшенням глибини. Оптимальна глибина свердловин 5 км. Геотермальні води використовують двома способами: фонтанним (теплоносієм викидається в навколишнє середовище) та циркуляційним (теплоносієм закачується назад в продуктивну товщу). Перший спосіб дешевше, але екологічно небезпечний, другий дорожчий, але забезпечує збереження навколишнього середовища.

Можна здійснювати одночасно з добуванням тепла і добування хімічних елементів та сполук з розсолів, як на дослідному заводі в Дагестані, де добувають сполуки магнію, літію та бромю.

До категорії гідротермальних конвективних систем відносяться підземні басейни пари чи гарячої води, які виходять на поверхню з землі, утворюючи гейзери, фумароли, озера багнюки тощо. Їх використовують для виробництва електроенергії за допомогою методу, що ґрунтується на використанні пари, яка утворюється при випаровуванні гарячої води на поверхні.

Іншим методом виробництва електроенергії на базі високо- та середньотемпературних геотермальних вод є використання процесу із застосуванням двоконтурного (бінарного) циклу. В цьому процесі вода, отримана з басейну, використовується для нагрівання теплоносія другого контуру (фреону чи ізобутану), який має меншу температуру кипіння. Установки, що використовують фреон як теплоносієм другого контуру, зараз підготовлені для діапазону температур 75...150°C і при одиничній потужності 10...100 кВт.

Також є розробки по отриманню теплової енергії зі штучно утворених тріщин в гарячих сухих породах.

Геотермальні системи, де в зонах зі збільшеним значенням теплового потоку, розташовуються глибокозалягаючий осадовий басейн (Угорський басейн), температура води якого 100 °С.

Підземні геотермальні води зі значеннями температур, що не перевищують 100 °С, як правило, економічно вигідно використовувати для потреб теплопостачання, гарячого водопостачання і для інших цілей у відповідності з рекомендаціями.

6.5 Екологічні наслідки розвитку геотермальної енергетики

Геотермальні електростанції, порівняно з тепловими станціями на вичерпаному паливі, викидають дуже мало сірки і зовсім не викидають оксидів азоту. Викиди CO₂ на 1 МВт·год виробленої енергії на сучасних геотермальних станціях мінімальні або їх немає взагалі. Типова геотермальна станція виробляє близько 0,45 кг CO₂ на 1 МВт·год, електростанція на природному газі – 464 кг, електростанція на нафті – 720 кг, а вугільна – 819 кг.

Під геотермальні установки потрібні зовсім невеликі ділянки землі, набагато менші, ніж під енергетичні установки інших типів, їх можна встановлювати, практично на будь-яких землях, зокрема й на сільськогосподарських угіддях. До того ж буріння геотермальних свердловин набагато менше впливає на навколишнє середовище, ніж розробка будь-яких інших джерел енергії. Ландшафт навколо геотермальної установки не псується ні шахти, ні тунелі, ні гори відходів.

Технологія безпечного використання геотермальних вод високорозвинена й надійно перевірена часом. Стічну воду з електростанції подають назад у резервуар, що дозволяє зберегти в ньому тиск, під дією якого гаряча вода подається з виробничої свердловини. Технологічна геотермальна вода постійно ізолювана від підземних вод трубопроводом, вбудованим у свердловину.

Таким чином можна зробити із вищевикладеного наступні висновки:

1. Геотермальні електростанції, порівняно з тепловими станціями на

викопному паливі, викидають дуже мало сірки і зовсім не викидають оксидів азоту.

2. Під геотермальні установки потрібні зовсім невеликі ділянки землі, набагато менші, ніж під енергетичні установки інших типів, їх можна встановлювати, практично на будь-яких землях, зокрема й на сільськогосподарських угіддях. До того ж буріння геотермальних свердловин набагато менше впливає на навколишнє середовище, ніж розробка будь-яких інших джерел енергії. Ландшафт навколо геотермальної установки не псуєть ні шахти, ні тунелі, ні гори відходів.

3. Технологія безпечного використання геотермальних вод високорозвинена й надійно перевірена часом. Стічну воду з електростанції подають назад у резервуар, що дозволяє зберегти в ньому тиск, під дією якого гаряча вода подається з виробничої свердловини. Технологічна геотермальна вода постійно ізольована від підземних вод трубопроводом, вмонтованим у свердловину.

4. Територія України, в окремих регіонах, може бути використана для розвитку геотермальної енергетики, як для опалення будівель так і для вироблення електричної енергії.

Контрольні питання до розділу 6

1. Дайте визначення поняттю «геотермальна енергетика».
2. Які переваги та недоліки є у геотермальної енергетики?
3. Що являє собою геотермальна енергетика?
4. Яка специфіка геотермальна енергетика?
6. Які основні пристроїв геотермальної енергетики?
7. Який принцип дії геотермальних станцій?
9. Назвіть фізичних принцип роботи геотермальних станцій.
10. Наведіть приклади використання геотермальної енергетики в Україні.
11. Наведіть приклади використання геотермальної енергетики у світі.
12. Чи є перспективи розвитку геотермальної енергетики в Україні?

Розділ 7 Мала гідроенергетика

7.1 Мала гідроенергетика: загальні відомості, основні поняття, визначення

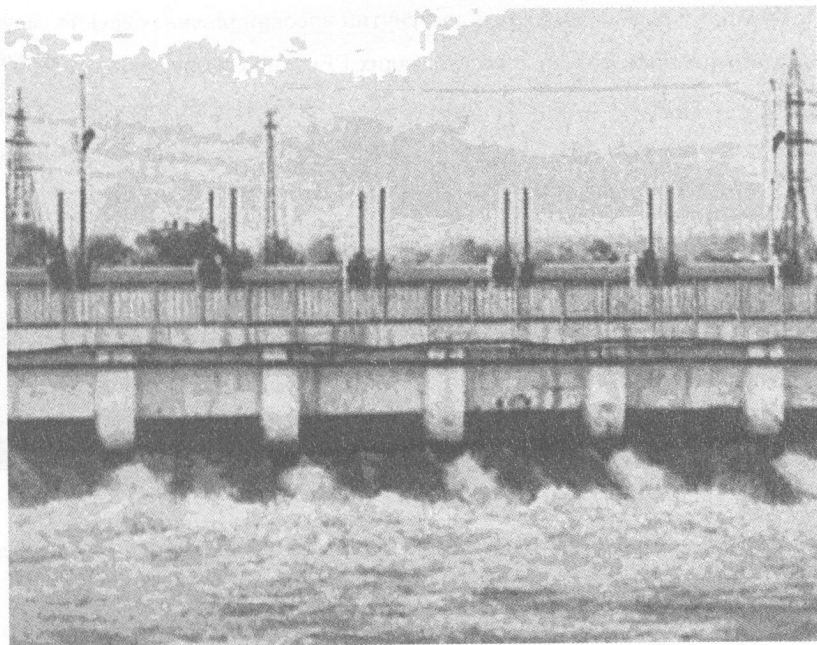


Рисунок 7.1 – Мала ГЕС у селі Яблуниця Путильського району, Карпати

Мала гідроенергетика, яка є найбільш освоєною з нетрадиційних відновлювальних джерел електроенергії, дозволяє використати значний гідроенергетичний потенціал малих рік і приток, систем водопостачання, іригації з видачею електроенергії в енергосистему, а в багатьох випадках забезпечити локальне електропостачання віддалених районів або населених пунктів, особливо в недостатньо розвинених країнах і в країнах, що розвиваються, з обмеженою системою централізованого електропостачання. До переваг малих ГЕС відносяться порівняно невеликий об'єм інвестицій і короткий термін будівництва, що дозволяє прискорити отримання прибутку, забезпечити мінімальну дію на

довкілля, надійність і близькість до споживача. До об'єктів малої гідроенергетики відносяться малі ГЕС згідно міжнародної класифікації потужністю до 30 МВт (в Швейцарії, Україні не більше 10 МВт), міні-ГЕС – від 0,1 до 1,0 МВт, мікро-ГЕС – не більше 0,1 МВт.

У більшості розвинених країн досягнутий високий рівень освоєння ресурсів малої гідроенергетики. Так, потужність малих ГЕС, що експлуатуються (2007 р.), складає: в Австрії – 1,1 млн. кВт, Франції – 2,1 млн. кВт, Німеччині – 1,6 млн. кВт, Норвегії – 1,4 млн. кВт, Іспанії – 1,8 млн. кВт, Швейцарії – 0,8 млн. кВт, Японії – 3,5 млн. кВт, Канаді – 2 млн. кВт [37].

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 [37, 38].

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

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

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

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

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

тариф») створюють сприятливий інвестиційний клімат для будівництва малих ГЕС.

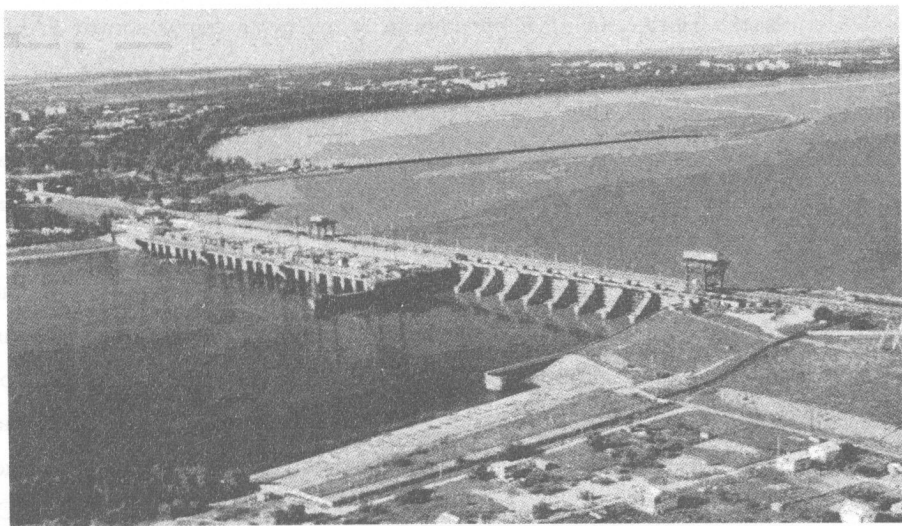


Рисунок 7.2 – Дністровська ГАЕС

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

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

Електроенергія, що виробляється недовантаженими електростанціями енергосистеми (в основному вночі), використовується ГАЕС для перекачування насосами води з нижнього водоймища у верхнє. У періоди піків навантаження вода з верхнього басейну по трубопроводу підводиться до гідроагрегатів ГАЕС, включеним на роботу в турбінному режимі, вироблена при цьому електроенергія віддається в мережу енергосистеми, а вода накопичується в нижньому водоймищі. Кількість акумульованої електроенергії визначається ємкістю басейнів і робочим тиском води ГАЕС. Верхній басейн ГАЕС може бути штучним або природним (наприклад озеро), нижнім басейном часто служить водоймище, що утворилося унаслідок перекриття річки греблею. Однією з переваг ГАЕС є те, що вони не залежать від дії сезонних коливань стоку води. Гідроагрегати ГАЕС, залежно від напору тиску, що діє на лопаті гідротурбіни, обладнуються поворотно-лопатевими, діагональними, радіально-осьовими чи ковшовими гідротурбінами. Час пуску і зміни режимів роботи ГАЕС вимірюється декількома хвилинами, що зумовлює їх високу експлуатаційну маневреність. Регульовальний діапазон ГАЕС, з самого принципу її роботи, близький двократній встановленій потужності, що є однією з основних її переваг.

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

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

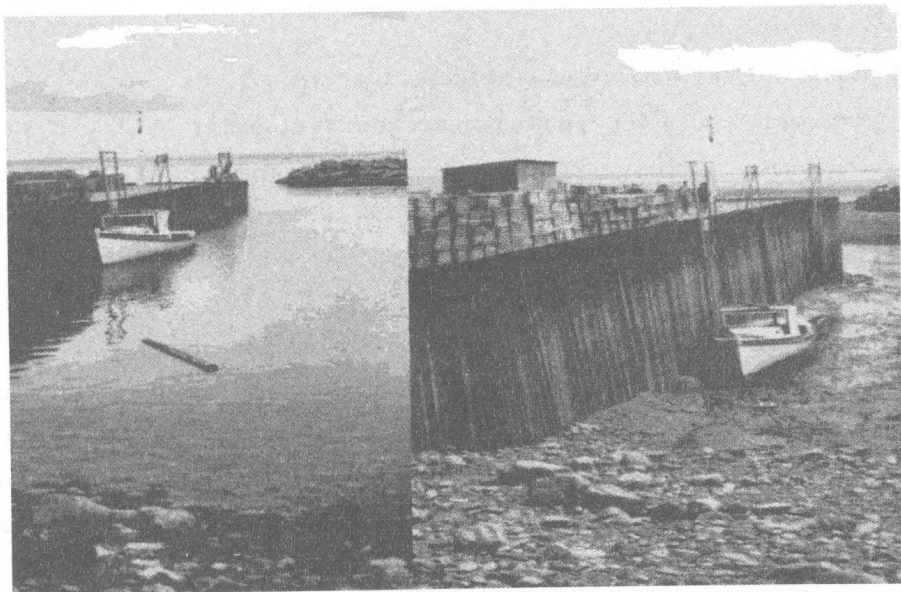


Рисунок 7.3 – Залив Фанді під час припливу і відпливу.

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

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

Застосовується в якості приводу електричного генератора на теплових, атомних і гідро електростанціях, як складова частина приводів на морському, наземному і повітряному транспорті, а також гідродинамічної передачі, гідронасоси. Моря та океани займають 71% поверхні Землі і мають енергію таких видів [53, 56]:

- енергія хвиль та припливів;
- енергія хімічних зв'язків газів, солей, мінералів тощо;
- прихована енергія течій у різних частинах морів та океанів;
- невичерпна енергія, яку можна виробляти, використовуючи різницю температур води на поверхні та в глибині, а також перетворюючи її на традиційні види.

7.2 Енергетичні установки по використанню енергії океана

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

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

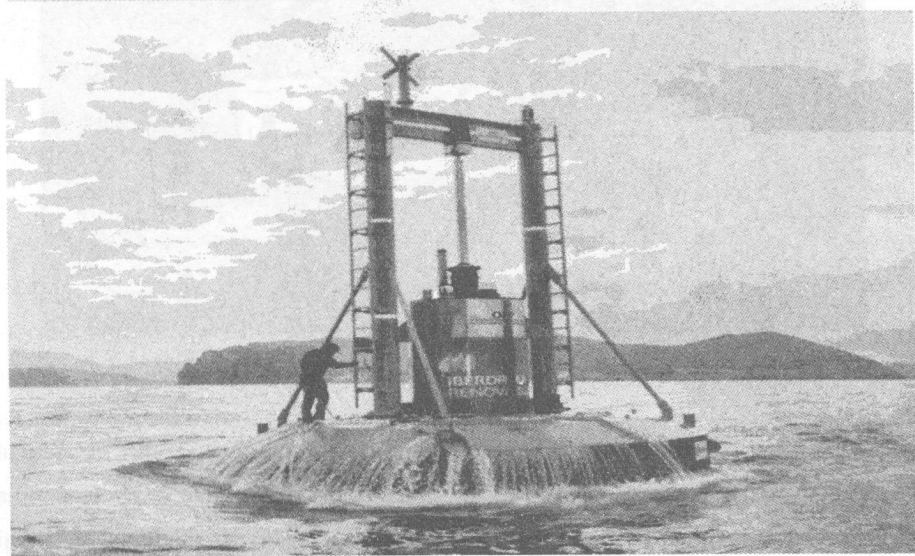
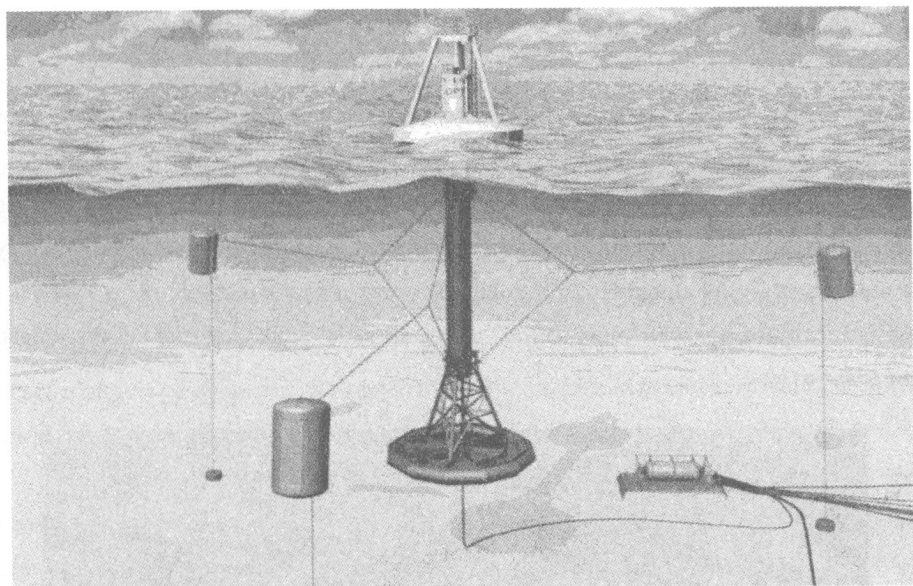


Рисунок 7.4 – Припливна електростанція в США

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

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

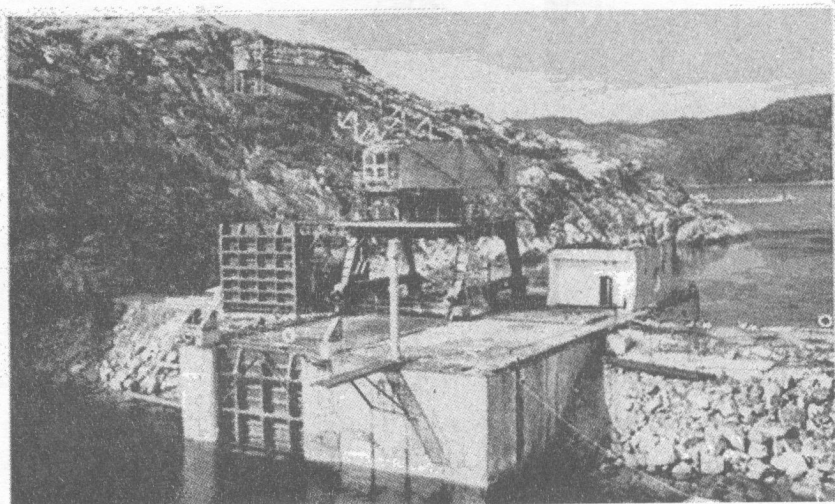


Рисунок 7.5 – Кислогубська ПЕС на Баренцевому морі

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

Найбільш поширеним способом використання енергії морів та океанів є спорудження припливних електростанцій (ПЕС). З 1967 р. у гирлі річки Ране у Франції працює ПЕС потужністю 240 МВт. На черзі спорудження ПЕС у затоці Фанді в Канаді з рекордним 18-метровим рівнем припливу, у гирлі річки Северен в Англії із 14,5-метровим припливом та в інших регіонах із великими припливами води [66, 70].

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

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

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

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

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

турбогенератор.

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

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

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

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

За цим принципом сьогодні працюють плавучі установки, які використовуються для буїв різного призначення. Схему такої установки показано на рис. 7.6.

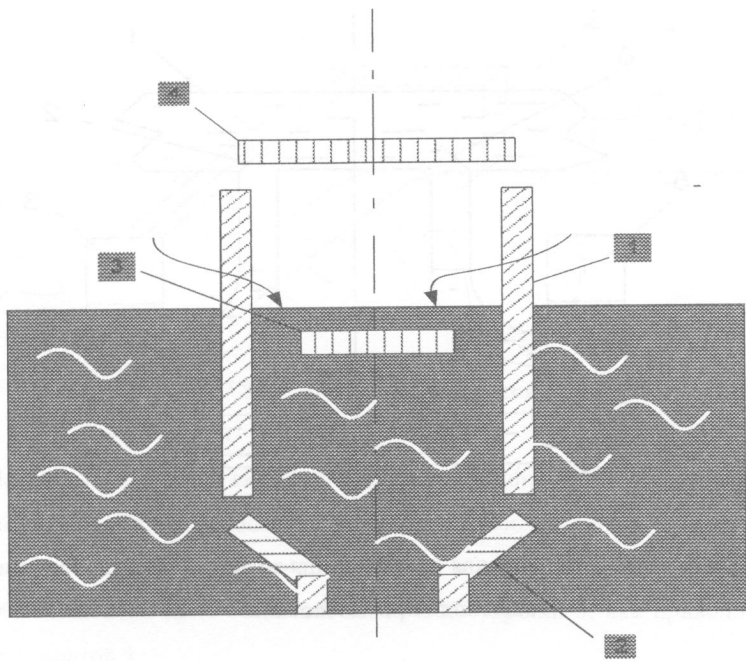


Рисунок 7.6 – Схема плавучої установки

В її камері 1, яка має дискову опору 2, міститься турбіна 3, з'єднана з електрогенератором 4. Коли проходить хвиля, камера намагається піднятися разом із нею. Опора перешкоджає цьому й таким чином забезпечує інтенсивне проникнення води всередину камери. Стовп води витісняє повітря із середини камери крізь сопловий апарат на лопаті турбіни. Після проходження хвилі, вода виходить з камери, а її місце знову займає повітря. Потім цикл повторюється.

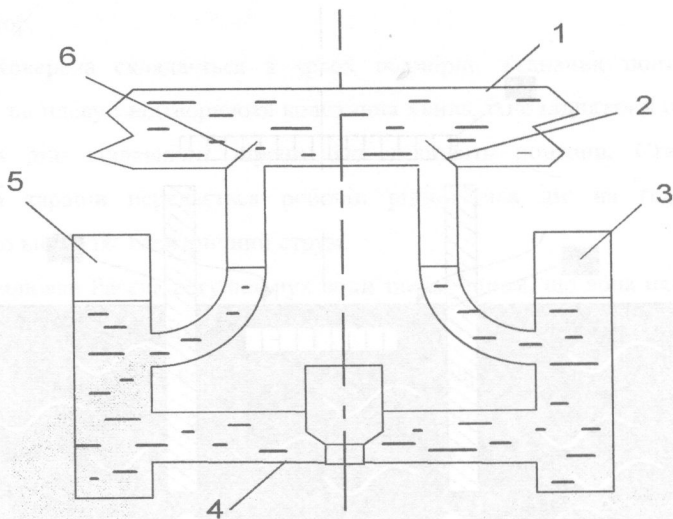


Рисунок 7.7 – Схема установки для використання зміни гідростатичного тиску в товщі води при хвилюванні

Досить оригінальний і простий пристрій запропоновано в Японії для використання змін гідростатичного тиску в товщі води при її хвилюванні. У морі, де ці зміни найбільш помітні, розміщують установку (рис. 7.7), яка складається з трьох камер 1, 3 і 5, з'єднаних між собою через клапани 2, 6 і робочий канал 4. У верхній частині камер 3 і 5 міститься газ, решту простору заповнено струмопровідною рідиною. Якщо канал 4 з'єднати, наприклад, з магнітогідродинамічним генератором, то при зміні тиску навколишнього середовища в каналі почне переміщуватися магнітопровідна рідина, що призведе до появи різниці потенціалів на електродах. Така установка може бути дуже зручною для вимірювання тиску та отримання енергії невеликої потужності [39].

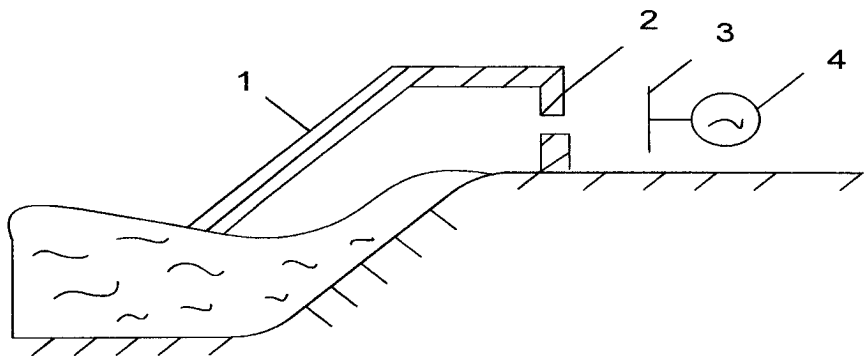


Рисунок 7.8 – Схема прибойної електростанції

На рис. 7.8 показана схема побудованої в Японії прибойної електростанції потужністю 50 кВт. Принцип її роботи приваблює своєю простотою і майже повною відсутністю рухомих частин. Хвиля, яка падає під козирок 1, стискає повітря й жене його крізь сопловий канал 2 до турбіни 3, яка приводить в дію електрогенератор 4.

Усім цим умовам відповідає багатоступінчастий хвильовий насос, схему якого наведено на рис. 7.9. Одна його ступінь вміщує гофрований патрубок 1, вихідний клапан 2, демпфугачий резервуар 3, вихідний клапан 4 і тонкий гнучкий лист 5, який вертикально входить у воду. За допомогою хвильового насоса здійснюється перетворення кінетичної та потенціальної енергії на направлений рух рідини. Подальше перетворення кінетичної енергії рідини, що рухається, на електроенергію відбувається за допомогою гідравлічних турбін, які обертають електрогенератор [40].

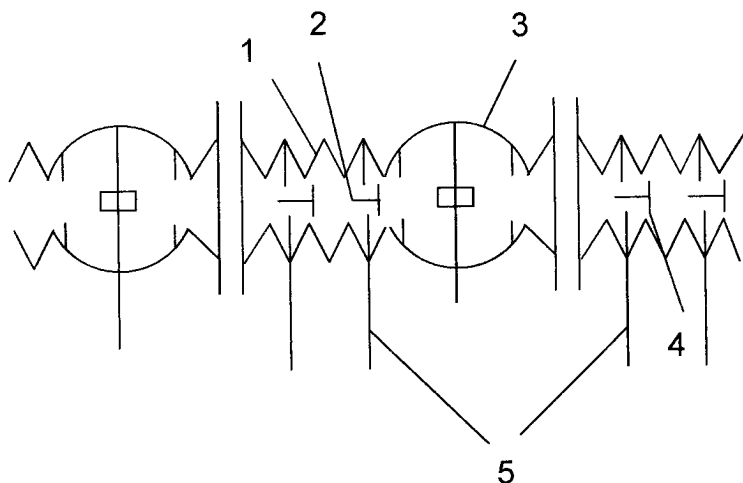


Рисунок 7.9 – Схема багатоступінчатого хвильового насоса

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

7.2.1 Енергія хвиль та припливів

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



Рисунок 7.10 – Використання енергії хвиль

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

Принцип «коливного тіла» – хвильові електростанції цього типу використовують рух океанських хвиль для генерації електрики. У них використовуються напівзанурені генератори, на яких буйок рухається вгору-вниз або з боку в бік. Інші системи такого типу складаються з рухомих компонентів, що рухаються відносно один одного, створюючи гідравлічний тиск в маслі. Олія, у свою чергу, приводить в рух турбіну. Система 'Pelamis', перша в світі хвильова електростанція, була встановлена в 2008 році поблизу узбережжя Португалії і з'єднана з електронією підводним кабелем. Подібні станції плануються до будівництва в Іспанії та Португалії.

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

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

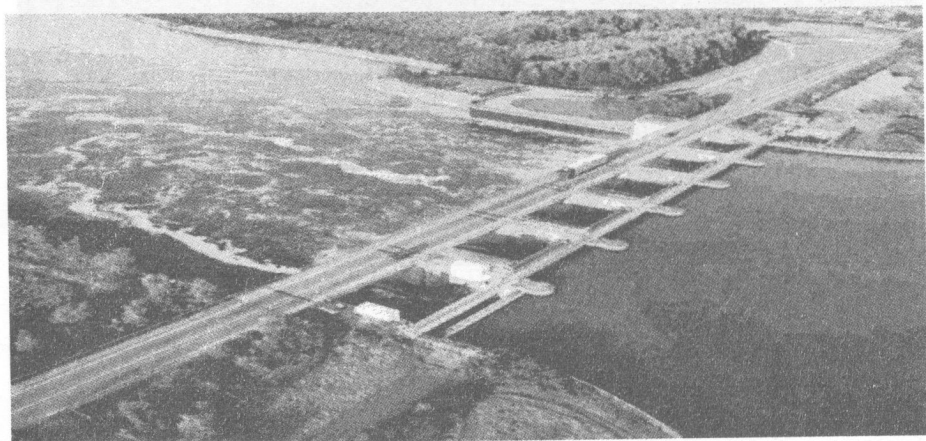


Рисунок 7.11 – Використання енергії припливів

Електростанції, що працюють на енергії припливу, працюють за схожим принципом з гідроелектростанціями, відмінність в тому, що водяні маси не течуть вниз, але рухаються туди і назад з припливами і відливами. На відміну від інших форм морської енергії, енергія припливу вже використовується в комерційних цілях протягом деякого часу. Електростанція La Rance почала працювати в 1966р. в Сент Мало на Атлантичному узбережжя північної Франції, де річка LaRance впадає в море. При припливі вода спрямовується через великі турбіни електростанції, а при відливі тече назад. Електростанція, розрахована на 240 МВт, має потужність, подібну з газовою електростанцією. За останні 20 років типові станції були встановлені в Канаді, Китаї, Росії, незважаючи на значно менший розмір. У Великобританії планується будівництво великої електростанції на енергії приливу на річці Северн між Англією і Уельсом. Така станція може

забезпечити до 7% потреб усієї Великобританії в електроенергії. Проте критики побоюються, що будівництво таких гребель може зруйнувати природні ресурси і середовище існування. Екологічна шкода може бути дуже значною. А тому на всіх рівнях обговорюються альтернативні концепції і райони розміщення.

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

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

Хвиля висотою 3 м переносить приблизно 100 кВт енергії на 1 м лінії гребеня. Розрахунки загального потоку хвильової енергії до берегів Світового океану, виконані В.П. Зенковичем (1980), засвідчують, що мінімальна його величина становить близька 3,1109 кВт. За обчисленнями Г.О. Саф'янова (1996) ця величина становить 4,7109 кВт. Другим за значенням джерелом енергії для гідродинамічних процесів, а також для переміщення наносів є припливні хвилі. Розсіювання їхньої енергії відбувається здебільшого в межах мілководдя. Розрахунки потоків припливної енергії біля океанічних берегів дають величину 2,7109 кВт. Постійні океанічні течії розсіюють на мілководді близько 0,2...109 кВт енергії. Інші джерела енергії виконують порівняно незначну роль у прибережних водах. Навіть найефективніші хвилі цунамі малозначимі, оскільки

потужні цунамі з енергією в 51015 Дж трапляються 5 разів упродовж століття. Значно очевиднішою останніми роками стала роль красвих та інфрагравітаційних хвиль, хоча можливість їхньої оцінки відсутня. Загальна оцінка розсіювання механічної енергії на мілководдя океану, на думку Г.О. Саф'янова (1996), становить 6109 кВт. Наведені наближені цифри яскраво засвідчують великі енергетичні ресурси берегової зони, яку сьогодні майже не використовують.

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

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

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

У океані існує чудове середовище для підтримки життя, до складу якого входять живильні речовини, солі і інші мінерали. У цьому середовищі розчинений у воді кисень живить всіх морських тварин від самих маленьких до найбільших, від амеби до акули. Розчинений вуглекислий газ так само підтримує життя всіх морських рослин від одноклітинних діатомових водоростей до тих, що досягають висоти 200...300 футів (60...90 метрів) бурих водоростей. Морському біологу потрібно зробити лише крок вперед, щоб перейти від сприйняття океану як природної системи підтримки життя до спроби почати на науковій основі одержувати з цієї системи енергію.

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

виросувалися гігантські каліфорнійські бурі водорості.

На думку директора проекту доктора Говарда А. Уїлкокса, співробітника Центру дослідження морських і океанських систем в Сан-Дієго (Каліфорнія), до 50 % енергії цих водоростей може бути перетворено на паливо – в природний газ метан. Океанські ферми майбутнього, що вирощують бурі водорості на площі приблизно 100000 акрів (40000 га), зможуть давати енергію, якої вистачить, щоб повністю задовольнити потреби американського міста з населенням в 50000 чоловік [65].

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

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

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

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

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

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

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

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

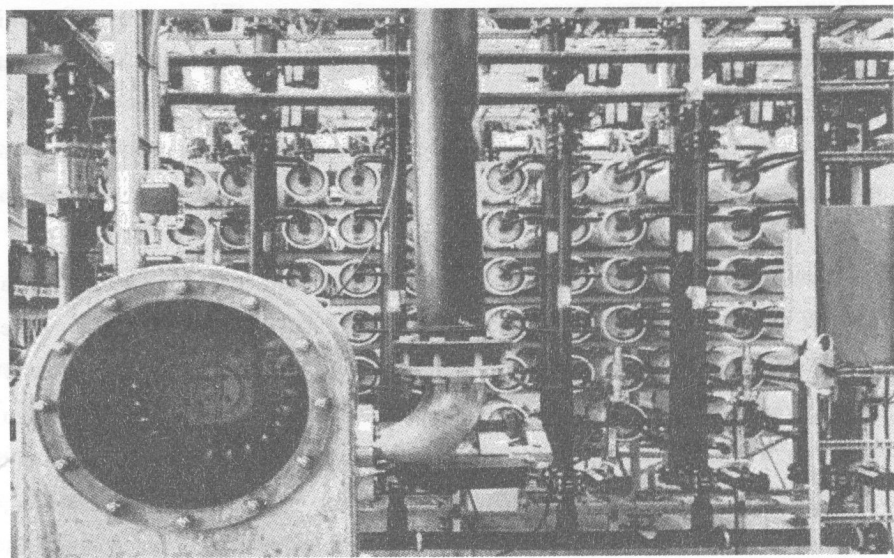


Рисунок 7.12 – Осмотична електростанція

Осмотична електростанція – зовсім новий вид генерації енергії. В ній використовується осмотичний тиск, який виникає між солоною і прісною водою, при його зростанні, в подвійній камері, яка розділяється спеціальною напівпроникною мембраною. Технологія застосування осмотичних електростанцій все ще перебуває на самому початку свого розвитку. У 2009р. члени норвезького синдикату побудували першу в світі осмотичну

електростанцію в Осло. Завод був спроектований і побудований спеціально, щоб розвивати цю технологію, в даний час він генерує всього декілька кіловат електроенергії. Але значний потенціал світового виробництва електроенергії з осмотичного процесу в майбутньому може забезпечити вироблення до 2000 терават-годин в рік електричної енергії.

7.2.3 Прихована енергія течій у різних частинах морів та океанів

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

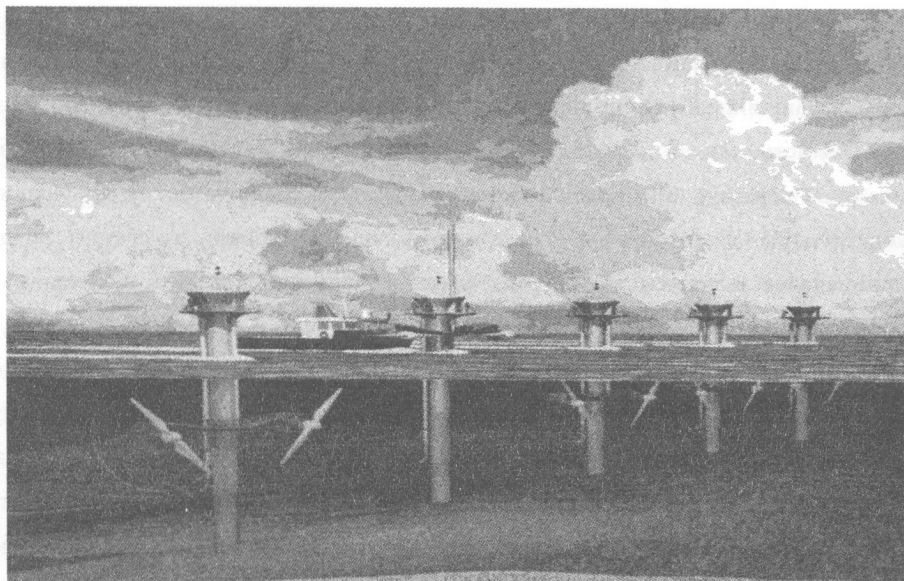


Рисунок 7.13 – Використання енергії течій

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

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

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

Крім того, існують перетворювачі, що використовують енергію коливного водяного стовпа. При набіганні хвилі на частково занурену порожнину, відкриту під водою, стовп рідини в порожнині коливається, викликаючи зміни тиску в газі над рідиною. Порожнину може бути пов'язана з атмосферою через турбіну. Потік може регулюватися так, щоб проходити через турбіну в одному напрямку, або може бути використана турбіна Уеллса. Вже відомі, принаймні, два приклади комерційного використання пристроїв на цьому принципі – сигнальні буї, впроваджені в Японії в порті Масуд і у Великобританії співробітниками

Королівського університету Белфаста. Більш великий і вперше включений в електромережу пристрій побудований в Тофтгестоллені (Норвегія) фірмою Kvaerner Brug A / S. Головна перевага пристроїв на принципі водяного коливного стовпа полягає в тому, що швидкість повітря перед турбіною може бути значно збільшена за рахунок зменшення прохідного перерізу каналу. Це дозволяє поєднувати повільний хвильовий рух з високочастотним обертанням турбіни. Крім того, тут створюється можливість видалити генеруючий пристрій із зони безпосереднього впливу солоної морської води. Переваги підводних пристроїв полягають у тому, що ці пристрої дозволяють уникнути штормового впливу на перетворювачі.

В даний час хвильові установки використовуються для енергоживлення автономних буїв, маяків, наукових приладів. Попутно великі хвильові станції можуть бути використані для хвилезахисних морських бурових платформ, відкритих рейдів, морекультурних господарств. Почалося промислове використання хвильової енергії. У світі вже близько 400 маяків і навігаційних буїв отримують живлення від хвильових установок. В Індії від хвильової енергії працює плавучий маяк порту Мадрас. У Норвегії з 1985 р. діє перша у світі промислова хвильова станція потужністю 850 кВт. Данська компанія Wave Star Energy змонтувала експериментальну установку в Північному морі біля мису Ханстхольм на північному заході країни. Клімат тут суворий, сильні вітри і високі хвилі – явище цілорічне і, практично, постійне. Сама установка являє собою довгасту металеву конструкцію на чотирьох опорах, з одного боку платформи виступають два важелі, до кінців яких прикріплені величезні округлі поплавці діаметром 5 метрів. Поплавці виготовлені зі скловолокна. У робочому положенні вони опущені на воду і розгойдуються хвилями, що змушує важелі переміщатися вгору-вниз. Кожен з важелів з'єднаний з гідравлічним циліндром, і через гідроциліндри рух поплавців передається, в кінцевому рахунку, на вал електрогенератора. Кожен з поплавців здатний виробляти від 25 до 50 кВт електроенергії – в залежності від висоти хвиль. Створення хвильових електростанцій визначається оптимальним вибором акваторії океану зі стійким

запасом хвильової енергії, ефективної конструкцією станції, в яку вбудовані пристрої згладжування нерівномірного режиму хвилювання води. Вважається, що ефективно хвильові станції можуть працювати при використанні потужності близько 80 кВт/м. Досвід експлуатації існуючих установок показав, що електроенергія, яка виробляється, поки що в 2-3 рази дорожче традиційної, але в майбутньому очікується значне зниження її вартості.

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

Для ефективного використання течій в енергетиці необхідно, щоб вони мали певні характеристиками. Зокрема, потрібні досить високі швидкості потоків, стійкість по швидкості і напрямку, зручна для будівництва та обслуговування географія дна і узбережжя. Відстань від узбережжя впливає на подорожчання транспортування енергії та обслуговування цих станцій, як, втім, і будь-яких інших. Великі глибини вимагають збільшення витрат на спорудження та обслуговування якірних систем, які можуть створювати перешкоди судноплавству. Саме географічні чинники не дозволяють зараз говорити про будівництво ОГЕС у відкритому океані, де несуть свої води найбільш потужні течії. При середніх і малих глибинах, особливо в місцях утворення припливних течій, важливу роль відіграє топографія дна.

В якості недоліків перетворювачів енергії океанських течій слід зазначити і необхідність створювати і обслуговувати гігантські конструкції в морській воді, схильність цих конструкцій обрастанню і корозії, труднощі в передачі енергії на материк.

Перспективним може бути використання таких потужних течій, як Гольфстрім і Курасіо, що несуть відповідно 83 і 55 млн. куб. м / с води зі швидкістю до 2 м/с, і Флоридського течії (30 млн. куб. м/с, швидкість до 1,8 м/с). Значний науковий інтерес направлений на вивчення течії в протоках Гібралтарській, Ла-Манш, Курильських островах. В даний час у ряді країн, в першу чергу в Англії, ведуться інтенсивні роботи по використанню енергії морських хвиль. Британські острови мають дуже довгу берегову лінію, у багатьох місцях море залишається бурхливим протягом тривалого часу. За оцінками вчених, за рахунок енергії морських хвиль в англійських територіальних водах можна було б отримати потужність до 120 ГВт, що удвічі перевищує потужність усіх електростанцій, що належать Британському Центральному електроенергетичному управлінню. Один з проєктів використання морських хвиль заснований на принципі коливного водяного стовпа. У гігантських "коробках" без дна і з отворами вгорі під впливом хвиль рівень води то піднімається, то опускається. Стовп води діє на зразок поршня: засмоктує повітря і нагнітає його в лопатки турбін. Головну складність тут викликає узгодження інерції робочих коліс турбін з кількістю повітря в коробках, так щоб за рахунок інерції зберігалася постійною швидкість обертання турбінних валів в широкому діапазоні умов на поверхні моря. Але створення океанських електростанцій на енергії течій пов'язано поки з рядом технічних труднощів, насамперед із створенням енергетичних установок великих розмірів, що становлять загрозу судноплавству [49].

Як джерело енергії, розглядаються і підводні океанічні течії, однак їх занадто низька швидкість не дозволяла будувати турбінні станції, які виробляли б достатню кількість енергії. Але якщо відійти від ідеї стандартної обертової турбіни, з'являється новий цікавий спосіб використовувати енергію течій, а саме, замінити енергію обертання на енергію коливань. Ідея прийшла в голову професору Майклу Бернітасу, під час досліджень можливості зменшення енергії течій, коливання від якої могут зруйнувати мости, пошкодити корабельні доки, розгойдувати нафтовидобувні платформи. Концепція VIVACE дозволяє

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

Перспективи електростанції VIVACE досить перспективні. Бернітсас підрахував, що вартість виробленої за допомогою його станції електрики не перевищить 0,05 цента за кВт · год (для порівняння: вартість енергії, яку отримують з вітряків – 0,069 кВт · год, а з сонячних батарей – від 0,16 кВт · год до 0,48 кВт · год, в залежності від їх розташування). Така станція повністю розташована під водою, тому не займає корисну площу на суші. Вона абсолютно екологічна, оскільки не виробляє викидів у воду, а через порівняно низьку швидкість коливань не зможе заподіяти шкоди ні риbam, ні навіть плавцям [51].

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

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

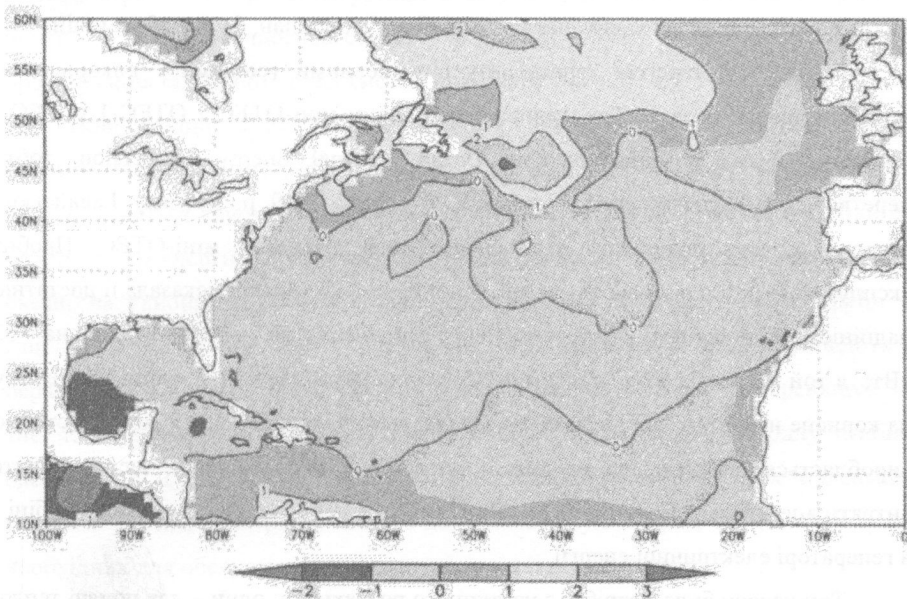


Рисунок 7.14 – Карта різниці температур води на поверхні океану

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

Вибравши ділянку океану поблизу берегів Куби, він зумів-таки після серії невдалих спроб, створити установку потужністю 22 кВт. Це стало великим науковим досягненням і було підтримано багатьма вченими [67].

Використовуючи теплу воду на поверхні океану і холодну на його глибині

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

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

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

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

Установка міні-ОТЕС змонтована на баржі. Під її днищем поміщений довгий трубопровід для забору холодної води. Трубопроводом служить поліетиленова труба довжиною 700 м з внутрішнім діаметром 50 см. Трубопровід прикріплений до днища судна за допомогою особливого затвору, що дозволяє у

випадку необхідності його швидке від'єднання. Поліетиленова труба одночасно використовується і для заякорювання системи «труба-судно». Оригінальність подібного рішення не викликає сумнівів, оскільки якірні установки для розроблених нині більш потужних систем ОТЕС є досить серйозною проблемою.

Вперше в історії техніки установка міні-ОТЕС змогла віддати в зовнішнє навантаження корисну потужність, одночасно перекривши її власні потреби. Досвід, отриманий при експлуатації міні-ОТЕС, дозволив швидко побудувати більш потужну теплоенергетичні установки ОТЕС-1 і приступити до проектування більш потужних систем подібного типу.

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

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

7.3 Екологічні наслідки розвитку малої гідроенергетики

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

До негативних наслідків роботи установок, що використовують термальную енергію океану, можна віднести можливі витіки в океан аміаку,

пропану або фреону, а також речовин, що застосовуються для промивання теплообмінників (хлор і ін). Можливе значне виділення вуглекислого газу, що піднімається на поверхню холодних глибинних вод через зниження в них парціального тиску CO_2 і підвищення температури. Виділення CO_2 з води при роботі океанічних ТЕС імовірно на 30% більше, ніж при роботі звичайних ТЕС тієї ж потужності, які використовують органічне паливо. Охолодження вод океану викликає збільшення вмісту поживних речовин в поверхневому шарі і значний ріст фітопланктону. При підйомі до поверхні океану, глибинні мікроорганізми будуть забруднювати океан і доведеться застосовувати спеціальні заходи для його очищення.

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

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

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

При розміщенні перетворювачів енергії хвиль поблизу узбережжя, виникають проблеми естетичного характеру, так як їх видно з берега. Ланцюжок пристроїв типу пірнаючих «качок Солтера» довжиною в кілька кілометрів виглядає естетично менш привабливо, ніж група обґрунтовано розміщених перетворювачів енергії. Крім того, безперервна лінія перетворювачів енергії, на

відміну від окремо розташованих установок, може стати перешкодою для навігації й виявитися небезпечною для суден під час сильних штормів.

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

Несприятливі екологічні наслідки гідротермальної енергетики:

- витоки в океан аміаку, фреону, хлору та ін;
- виділення CO_2 з води;
- зміна циркуляції вод, поява регіональних і біологічних аномалій під впливом гідродинамічних і теплових збурень;
- зміна клімату.

Несприятливі екологічні наслідки припливної енергетики:

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

Несприятливі екологічні наслідки хвильової енергетики:

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

Таким чином акцентуємо наступне:

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

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

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

Контрольні питання до розділу 7

1. Дайте визначення поняттю «мала гідроенергетика».
2. Які переваги та недоліки є у малої гідроенергетики?
3. Що являє собою мала гідроенергетика?
4. Яка специфіка малої гідроенергетики?
5. Який принцип дії пристроїв малої гідроенергетики?
6. Назвіть фізичних принципи роботи пристроїв малої гідроенергетики.
7. Наведіть приклади використання малої гідроенергетики в Україні.
8. Наведіть приклади використання малої гідроенергетики у світі.
9. Чи є перспективи розвитку малої гідроенергетики в Україні?

Розділ 8 Комплексне використання відновлювальних джерел і акумуляторів енергії

8.1 Загальні відомості, основні поняття, визначення

Альтернативна енергія від різних джерел, енергії Сонця, вітру, морської хвилі, припливів і відпливів, енергії річок та інших джерел, може бути об'єднана за допомогою гібридних систем альтернативної енергетики і працювати на загальне навантаження.

Ідея додавання, полягає в тому, що енергія від різних джерел, перетвориться в енергію стисненого повітря. Після чого, стиснене повітря, отримане від різних установок, надходить в загальну магістраль. На виході магістралі стиснутого повітря устанавлюються пневмодвигуни, які перетворюють енергію стисненого повітря в механічну енергію.

На виході пневмодвигунів можна буде отримати як зворотньо-поступальний, так і обертальний рух. Використання гібридних систем, дозволить значно скоротити собівартість, вироблюваної енергії, а також скоротити вартість самих установок.

Одержувана таким способом механічна енергія, може бути використана, наприклад, для отримання тепла за допомогою гідродинамічних тепло генераторів, для роботи холодильних компресорів, з метою отримання холоду, для роботи електрогенераторів і для багатьох інших цілей.

Само по собі стиснене повітря, може бути використане для роботи верстатів та інструментів, для роботи гідронасосів, а також для роботи різних агрегатів.

Припустимо, нам потрібна установка, яка зможе об'єднувати енергію вітру і енергію морської хвилі, після чого цю сумарну енергію потрібно буде перетворити в електричну.

Для вирішення цього завдання, слід зібрати гібридну установку, до складу якої увійдуть вітрокомпресор (компресор, на валу якого встановлено вітроколесо) і пневмонасоси, які приводяться в рух за рахунок коливань морської хвилі.

Стиснуте повітря від вітрокомпресора і від пневмонасосів, через відповідні

клапани подаватиметься в загальну магістраль, на виході якої встановлений пневмодвигун і електрогенератор.

При відсутності вітру, така установка буде працювати на енергії морської хвилі, а за відсутності морської хвилі установка працюватиме на енергії вітру.

Наведена в якості прикладу установка, крім енергії вітру і морської хвилі, може отримувати і об'єднувати енергію і від інших джерел. Наприклад, від енергії Сонця, енергії річки, геотермальної та інших видів енергії.

Тобто джерел енергії може бути багато, а установка всього одна. Основна ідея створення гібридних систем альтернативної енергетики і полягає якраз у тому, щоб сконцентрувати в собі якнайбільше різних джерел енергії.

Зрозуміло, дешевше зробити один агрегат на всі види енергії, ніж створювати на кожен вид енергії окрему установку. Тоді питання про вартість виробленої енергії, стає зайвим.

Для більшої переконливості доцільності використання вищевикладеного розглянемо, наприклад, енергію океану.

Морська хвиля має свою висоту і рухається з деякою швидкістю. Тобто, мається вже два види енергії, потенціальна енергія висоти хвилі і кінетична енергія її швидкості.

Для узбережжя Європи, ця сумарна енергія становить 50...90 кВт на 1 м фронту води, а на півдні Австралії доходить і до 100 кВт. Якщо ж хвилі немає, то є приливи і відливи, а це теж близько 13,5 кВт з кожного квадратного метра [44].

Можна використовувати як джерело енергії і глибоководні морські течії, і різницю температури між верхніми і нижніми шарами морської води. Робити на кожен вид енергії окремий агрегат, звичайно ж можна, тільки питається навіщо?

Тим більше, коли всі ці джерела енергії знаходяться практично в одному місці, чи не простіше всю цю енергію зібрати в одній гібридній установці.

8.2 Класифікація комбінованих джерел і акумуляторів енергії, основні характеристики

На рисунку 8.1 представлена класифікація комбінованих джерел енергії.



Рисунок 8.1 – Схема комбінованих установок

Використання одного з видів відновлювальних джерел енергії може бути пов'язане із нерівномірністю постачання енергії, що має природну основу (геліоенергетика, вітроенергетика). В деяких випадках рівень енергії відновлювального джерела недостатній для його прямого використання (вітроенергетика, геотермальна енергетика, фотоенергетика). В таких випадках доцільне комбіноване використання відновлювальних джерел, а також їх робота з акумуляторами енергії.

Таким чином, можливі варіанти комбінованих використань відновлювальних джерел і акумуляторів енергії, які можуть бути такими [33]:

- комбінація відновлювального джерела з традиційним джерелом енергії;
- комбінація відновлювального джерела енергії з акумулятором енергії;
- комбінація одночасного використання двох або трьох відновлювальних джерел енергії;
- комплексне використання відновлювальних джерел енергії декількох видів і різного роду акумуляторів енергії.

8.3 Комбінація нетрадиційних джерел з традиційними джерелами енергії.

Існує науково-практичний інтерес сполучення вітрової електростанції з гідроакумуляуючою. В даному випадку в години максимуму навантаження енергосистеми, обидві електричні станції віддають електроенергію в мережу. В інші години доби електрична енергія вітрової електростанції використовується для живлення насосів, що перекачують воду у верхній водозбірник. В останньому випадку забезпечується місцеве вироблення і споживання електричної енергії, що робить мінімальними втрати електричної енергії в мережах живлення. До того ж, вітрову електростанцію можна розташовувати по лінії водоймища, що пов'язано з більш інтенсивними потоками вітру в цьому місці, ніж на рівнинній поверхні.

Вітрові електростанції доцільно сполучати і з гідроелектростанціями, що утворюють штучні водосховища. В кожному водосховищі має місце мілководна частина, в якій доцільно було б розташовувати вітрову електростанцію, не використовуючи ділянки земельних угідь. До плюсів такої комбінації можна віднести можливість використання підвищувальної підстанції гідравлічної електростанції і ліній електричних мереж, що відходять від підстанції. Збільшення потужності існуючої підстанції і пропускної здатності мереж електропостачання значно дешевше, ніж споруда нової підстанції і ліній електропередач.

Оскільки робота ВЕС має ймовірний характер вироблення електроенергії, їх потрібно використовувати паралельно з певним акумулятором енергії або з іншим джерелом електроенергії (ГЕС, ТЕС, дизельна електростанція) для економії палива, що приведе до поліпшення екологічної обстановки.

Спільну роботу вітроенергетичних установок і малих ГЕС можна застосувати як для одночасного вироблення електричної енергії, так і для використання енергії вітроустановки для підйому води у водосховищі. В останньому випадку використання енергії вітру буде нижче за рахунок втрат у насосах і турбінах ГЕС, але в даному випадку буде мати місце регулювання процесом вироблення електричної енергії.

В місцевостях, де відсутнє централізоване електропостачання (окремі фермерські господарства, лісгоспи, мисливські господарства тощо) доцільно використовувати комбінацію ВЕУ з дизель-генераторною установкою.

Для економічних розрахунків береться регіон із середньорічною швидкістю вітру 6 м/с, потужність дизель-генератора – 8 кВт, ВЕУ з установленою потужністю 8 кВт при розрахунковій швидкості вітру – 7,8 м/с. Під час роботи дизеля протягом року при номінальній потужності витрата дизельного палива становить приблизно 23 т, а при сумісній роботі з ВЕУ – 8 т. При вартості зекономленого палива приблизно 4 тис. дол. США і вартості ВЕУ 20...24 тис. дол. США тільки за рахунок економії палива термін окупності ВЕУ дорівнюватиме 5-6 років [12, 34].

Для більш глибокої економічної оцінки враховуємо всі експлуатаційні витрати за час експлуатації 25 років.

Вартість ВЕУ – приблизно 20 тис. дол. США, річні витрати на обслуговування ВЕУ полягатимуть у заміні масла в мультиплікаторі двічі на рік, при вартості однієї заміни приблизно 10 дол. США з врахуванням вартості масла. До того ж, за 25 років ймовірно доведеться змінити комплект лопатей вітроколеса, що коштує близько 5 тис. дол. США. При врахуванні додаткових витрат у розмірі 3 % вартості ВЕУ повні сумарні витрати по ВЕУ за 25 років становитимуть 26100 дол.США.

Вартість дизель-генераторної установки – 5600 дол. США, кількість робочих годин за 25 років – 150000 тис. год, ресурс дизеля до капітального ремонту – 16000 год. Таким чином, за 25 років треба провести не менше 8 капітальних ремонтів. Умовно вважається, що після капітального ремонту ресурс

дизеля повністю відновлюється; вартість капітального ремонту – приблизно 3000 дол. США. Двигуни внутрішнього згоряння витримують не більше 3-4 капітальних ремонтів, тому за 25 років потрібна повна заміна дизель-генератора. При експлуатації через кожні 50 год роботи потрібна зупинка дизеля, заміна масла і змащення вузлів; річне обслуговування становитиме близько 1200 дол. США [60, 63].

Економія коштів при експлуатації ВЕУ сумісно з дизель-генератором досягається за рахунок економії палива і збільшення терміну служби дизеля. Загальний час роботи дизель-генератора становитиме 45 % загального часу роботи, з них тільки 15 % на повній потужності; тому в придбанні другої установки немає потреби.

Таким чином, рентабельність ВЕУ з розрахунковою швидкістю 7,8 м/с і дизель-генераторною установкою вже буде при середньорічній швидкості вітру вище 3,5 м/с. До недоліків цього способу комбінування можна віднести обмеження використання вітрового потенціалу ВЕУ при швидкостях вітру більше 8 м/с. Тому в цьому випадку, можливо, доцільнішою буде комбінація ВЕУ з акумуляторними батареями.

На рис. 8.2 зображено блок-схему автономної вітро-дизельної електричної установки. До складу силових елементів установки входить безредукторний вітроелектричний агрегат із синхронним магнітоелектричним генератором і дизельний агрегат із синхронним двигуном.

Установка працює таким чином. Електрична енергія, що виробляється вітроагрегатом (ВА), потрапляє на комутатор (К) і випрямляючу установку (ВУ), що забезпечує заряд акумуляторної батареї (АБ) і живлення інвертора (І). Інвертор формує трифазну напругу 230...400 В частотою 50 Гц, яка через блок переключення фідерів (БПФ) надходить на розподільвальний пристрій (РП) і далі до споживачів енергії (П). Якщо вироблення електроенергії від синхронного генератора (СГ) вітроагрегата стане нижче рівня споживання, включається дизельна станція (Д), режим якої регулюється датчиком напруги (ДН) і блоком автоматики (БА).

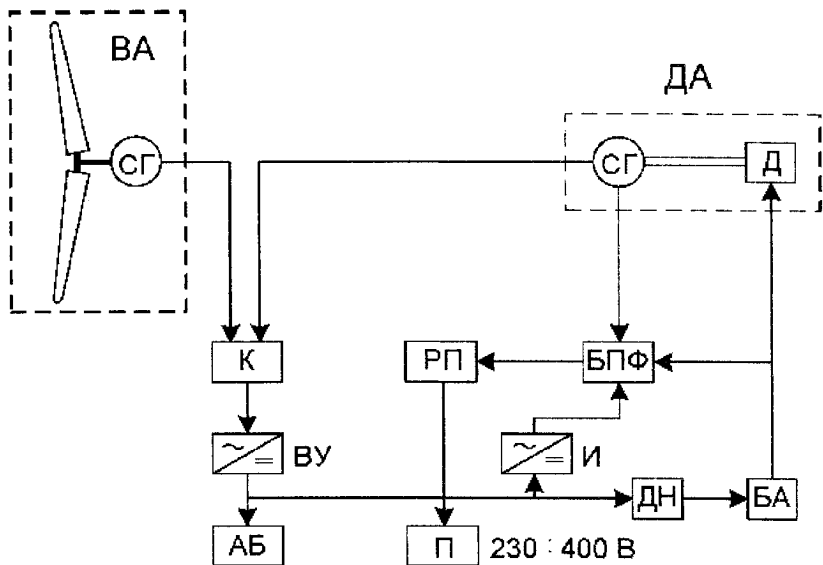


Рисунок 8.2 – Блок-схема автономної відродизельної установки

Інтерес становлять гібридні фотоелектричні системи, в яких комбінуються фотоелектричні панелі та інші системи виробництва енергії, наприклад генератор із двигуном внутрішнього згорання або газовою турбіною. Високу ефективність різних способів виробництва енергії у гібридних системах забезпечують більш складні, ніж в автономних системах, схеми керування. Завдяки додатковому джерелу енергії, фотоелектрична панель у гібридній системі може бути меншою, ніж в аналогічній автономній системі. Тому в деяких випадках гібридна система може коштувати менше.

8.4 Комбінація нетрадиційних джерел з акумуляторами енергії

В більшості випадків при використанні локальних відновлювальних джерел енергії для вироблення електричної і теплової енергії вони потребують наявності акумуляторів енергії.

Як сонячні батареї, так і вітрові агрегати мають добові коливання вироблення електричної енергії, тому їх використання для локального вироблення електричної енергії здебільшого використовуються разом з електрохімічними акумуляторами.

Для акумулявання теплоти при використанні сонячних колекторів використовуються акумулятори фізичної теплоти, при цьому можуть використовуватися як добові, так і сезонні акумулятори.

Має великий інтерес вітроводнева станція, основними елементами якої є вітроелектричний агрегат та система акумулявання на основі водню. Система акумулявання має у своєму складі електролізну установку, обладнання для зберігання водню і кисню, а також обладнання для перетворення водню в електричну та теплову енергію. Як перетворювачі енергії водню в електричну енергію можуть використовуватися паливні водне-кисневі елементи та мотор-генератор. Для отримання теплової енергії водень спалюють. При застосуванні теплового акумулятора утилізується теплота електролізного процесу, що значно підвищує ККД системи акумулявання (приблизно на 30 %).

8.5 Комбінація одночасного використання декількох нетрадиційних джерел енергії

Значного поширення набуло одночасне використання вітроенергетичних і сонячних установок, при цьому розрізняються комбінація для вироблення електричної енергії і комбінація для отримання теплової енергії.

Одну із схем одночасного перетворення вітрової і сонячної енергії для отримання електричної енергії показано на рис. 8.3. Для вироблення постійного струму (рис. 8.3, а) вітроагрегат використовує генератор постійного струму з паралельним під'єднанням до фотобатарей. При виробленні змінного струму

вітроагрегат має генератор змінного струму, а в колі фотобатареї використовується інвертор (рис. 8.3, б)

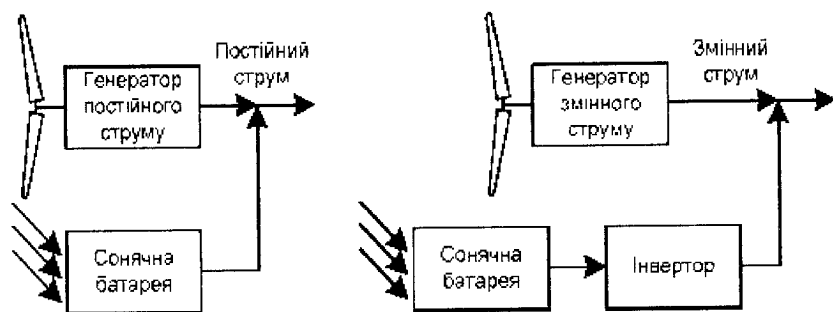


Рисунок 8.3 – Схема комбінованого використання вітроагрегатів і фото батарей для одержання постійного (а) і змінного (б) струму

При комбінованому використанні сонячних колекторів і вітроагрегатів для одержання теплової енергії вітроагрегати виробляють електричну енергію, яка використовується як додаткове джерело енергії для підігрівання води.

При комбінованому використанні вітрової і сонячної енергії для одержання теплової енергії, як джерело сонячної енергії використовуються сонячні колектори. Вітроагрегати використовуються для одержання електричної енергії, яка перетворюється в теплову енергію в додатковому нагрівачі. Одну зі схем такого комбінованого використання відновлювальних джерел для одержання теплової енергії подано на рис. 8.4. На ньому показано схему для опалення приміщень, але цю схему легко пристосувати і для гарячого водопостачання. В даному випадку в теплообмінник (5) треба вмонтувати додатковий трубопровід, по якому за допомогою ще одного насоса холодна вода подається в теплообмінник, нагрівається в ньому і подається на споживання.

Існує значний інтерес до електроенергетичної установки, в якій сонячна енергія підсилює потік повітря, що існує в конструкції, за рахунок різного тиску на поверхні землі та верхньої частини конструкції. Цей потік спрямований від

землі під кутом 90° вгору. Конструкція електроенергетичної установки має гіперболоїдну форму, і в місці найбільшого звуження встановлено повітряний двигун, який і виробляє електричний струм. Більша частина конструкції виконана прозорою для проникнення сонячної енергії всередину конструкції, частина конструкції, що розташована на північній стороні, є теплопоглинаючою. Повітря, яке потрапляє в конструкцію на рівні землі, теж підігрівається у повітряному колекторі, і швидкість його значно зростає.

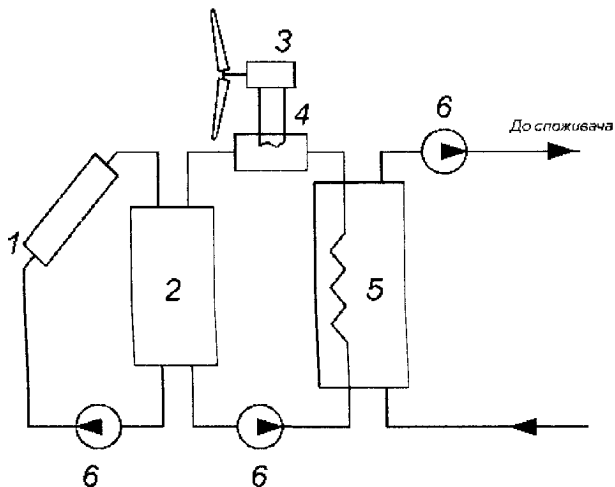


Рисунок 8.4 – Комбіноване використання вітроагрегата і сонячного колектора для отримання теплової енергії: 1 – сонячний колектор; 2 – тепловий акумулятор; 3 – вітряний електрогенератор; 4 – додатковий нагрівач від вітроагрегата; 5 – теплообмінник; 6 – насос

У нічні години, коли відсутня сонячна радіація, для підтримки швидкості вітру можна спалювати в нижній частині установки органічне паливо, яке є в наявності на даній місцевості.

Особливістю установки є те, що вона може використовувати як жорсткі конструкції (стіни житлових багатоповерхових будинків, розташованих із сонячної сторони, водонапірних башт, маяків, мостів, радіо- і телевізійних веж, опор ліній електропередачі).

У зв'язку з тим, що потік вітру в установці створюється за рахунок сонячної енергії та конструктивних особливостей, електроенергетична установка може виробляти енергію в місцях, де відсутній вітер, наприклад, у лісі, пустелі тощо.

8.6 Комплексне використання відновлюваних джерел і акумуляторів

Для стабільного та надійного енергозабезпечення споживачів від відновлюваних джерел енергії запропоновано ряд енергетичних систем із використанням різноманітних комбінацій відновлювальних джерел і комплексним використанням різних типів акумуляторів електричної та теплової енергії. Комплексний підхід до використання відновлювальних джерел та акумуляторів енергії забезпечує найбільш повне використання ресурсу енергетичних установок в альтернативній енергетиці.

Для надійного та стабільного енергопостачання об'єктів, розташованих у віддалених і важко досяжних районах, розроблено комбіновану автономну систему енергоживлення, яка складається з відновлювального джерела та акумуляторної батареї, сполученої зі споживачем блоком автоматичного контролю зарядки й розрядки акумуляторів.

Система акумуляування на основі електрохімічних акумуляторів призначена для енергопостачання автономних об'єктів (житлових будинків, маяків, буїв, житла пастухів, систем зв'язку тощо), але може бути використана й для роботи в загальних енергосистемах. Розрахунок кількості акумуляторів робиться залежно від параметрів енергоджерел і споживачів. Роль акумуляторів полягає в акумуляуванні, головним чином низькопотенціальної та лікової енергії, що виробляється сонячними і вітроустановками, яку неможливо подати в загальну енергомережу. Автоматична система управління забезпечує оптимальні режими зарядження-розрядження акумуляторів і забезпечує їхню роботу у буферному режимі.

Використання вітроелектричних і сонячних установок для електроживлення автономних віддалених споживачів, дозволяє економити органічне паливо, скоротити транспортні витрати на його доставку, зменшує капітальні витрати на

будівництво мереж електропередач, зменшує негативні впливи на довкілля.

Забезпечення автономності енергопостачання від відновлювальних джерел енергії потребує комплексного використання різних типів накопичувачів енергії і надійної системи автоматичного управління режимами роботи джерел енергії, акумуляторів та споживачів енергії.

Автономна енергосистема на основі відновлювальних джерел енергії

складається з таких основних вузлів [32]:

- джерел енергії: вітроелектричних установок, сонячних фотоперетворювачів, геліонагрівачів, теплового насоса;
- акумуляторів енергії: теплового бака-акумулятора, котла-акумулятора гарячої води, акумуляторної батареї;
- системи управління: щита ручного управління, приладу автоматичного управління зарядом акумуляторів та автоматизованої системи вимірювання повітряних параметрів.

Вироблювана вітроагрегатами електроенергія надходить через блок управління до споживачів постійного струму чи перетворюється за допомогою теплоелектричних нагрівачів на теплову енергію. Зайва енергія накопичується в електрохімічних і теплових акумуляторах. У період зменшення швидкості вітру, накоплена енергія забезпечує будинок тепловою й електричною енергією. Крім того, акумуляторна батарея використовується як буфер між вітрогенератором і споживачем для вирівнювання коливань струму, зумовлених змінним характером роботи вітроагрегатів. Заряд накопичувачів енергії може вироблятися як від одного джерела енергії, так і від усіх джерел одночасно.

Зарядження акумуляторних батарей від загальної енергомережі передбачено лише в аварійному режимі, тобто при виході з ладу вітроагрегатів.

Комбінована енергетична система на основі сонячних і вітрових установок із комплексним використанням електрохімічних і теплових акумуляторів розроблена для енергозабезпечення електричною та тепловою енергією споживачів населеного пункту чисельністю 500...600 осіб.

8.7 Принципи комбінування різних відновлювальних джерел енергії

Гібридні сонячні колектори являють собою сонячні колектори, що призначені для одночасного виробництва електрики та гарячої води. Гібридні колектори є новинкою на українському ринку. В них використовується новітнє вирішення проблеми сонячних батарей, а саме зменшення ККД при нагріванні.

Гібридні сонячні колектори в одному корпусі містять: і сонячну батарею для виробництва електроенергії, і сонячний колектор для виробництва теплової енергії. Це новітнє рішення якедозволяє називати гібридні сонячні колектори майбутнім сонячної енергетики.

У традиційних фотоелектричних модулях при зростанні температури ефективність знижується, а у гібридних колекторах, тепло поглинається і отримується гаряча вода. За рахунок цього виникає постійне охолодження фотоелектричного модуля, його ефективність збільшується, ще й додатково виробляється електроенергії до 50%. Сонячне тепло, що при цьому акумулюється, виробляє теплову енергію.

На сьогоднішній день є доступними такі моделі гібридних колекторів POWER VOLT W175/500 (PV=190W, Thermo=500W) за ціною: 918 Euro, POWER THERM M160/750 (PV=170W, Thermo=750W) за ціною: 986 Euro [3].

Їхня різниця у пріоритетному (більшому) виробництві електричної (POWER VOLT) чи теплової (POWER THERM) енергії.

Принцип дії гібридного PV-T колектора є наступним.

PV-T колектор накопичує сонячну радіацію і виробляє з неї електричну та теплову енергію.

Високоєфективний мідний накопичувач забирає теплову енергію з фронтальної поверхні PV-T колектора та за допомогою теплоносія переносить тепло з колектора в накопичувальний бак (теплоаккумулятор).

Електрична енергія, що генерується у монокристалах, через інвертор прямує на потреби споживача або передається безпосередньо у загальну мережу. Загалом принцип дії електричної частини PV-T колектора, практично, нічим не відрізняється від роботи класичних фотомодулів (сонячних батарей).

Температура регулюється температурним датчиком контролера. Теплоносій за допомогою насоса переносить теплову енергію до теплообмінника, який і нагріває воду в накопичувальному баці. А далі гаряча вода використовується, за потребою споживача, або на опалення, чи для гарячого водопостачання (ГВП).

PV-T колектори є універсальними. Вони спроектовані так, щоб ефективно працювати з існуючим на ринку обладнанням.

Встановлення гібридного колектора обходиться значно дешевше, ніж встановлення фотоелектричної системи у комплексі з геліосистемою.

Розміщення гібридної системи потребує набагато менше місця, ніж фотоелектрична система з геліосистемою. Досить часто ця перевага є найвагомішою при виборі системи для споруджуваного об'єкта.

Гібридні системи швидше окуповуються.

Термін дії фотоелементів гібридної системи більший, ніж у традиційних сонячних батареях.

Досить часто, вітрогенератор доповнюють сонячними панелями і в результаті одержують гібридну вітро-сонячну систему. Це робиться для зниження залежності від одного джерела енергії та погодних умов, тому що бувають періоди відсутності вітру при яскравому сонячному світлі і, навпаки, в похмуру погоду дме сильний вітер.

Виникає цілком закономірне питання, що ж робити в ситуації коли немає ні вітру ні досить яскравого сонячного світла?

На початковому етапі в проект майбутньої вітро-сонячної установки закладається потужність, на 20...30% більше заявленої замовником. Це дозволяє "накопичувати" електроенергію навіть під час споживання.

Ємність акумуляторної батареї проектується з запасом і розраховується виходячи з необхідного часу роботи в періоди безвітря і похмурої погоди. У системі використовуються герметичні необслуговувані AGM акумулятори, які не потребують періодичного доливання електроліту і не виділяють шкідливих газів. Термін служби батарей даного типу становить від 3-х до 5-ти років, в залежності від режиму експлуатації.

Інвертор (перетворювач напруги) видає на виході системи необхідну напругу – 220 В (1 фаза) або 380 В (3 фази). Потужність інвертора підбирається виходячи з типу підключеного навантаження – активного або реактивного. При наявності реактивного навантаження, потужність інвертора розраховується з урахуванням п'ятикратного перевантаження. Це робиться через високий пусковий струм електричних двигунів.

Варто так само відзначити, що іноді більш доцільно будувати вітро-сонячну систему з використанням декількох менш потужних вітрогенераторів, ніж на основі одного з великою потужністю. У результаті спрощується процес монтажу електростанції і підвищується її надійність, оскільки при виході з ладу одного вузла, інші частини системи продовжують функціонувати.

Гібридна енергосистема передбачає використання ВЕУ спільно з іншими джерелами енергії (дизель-генератор, сонячні модулі, мікроГЕС і т.п.). Ці джерела енергії доповнюють ВЕУ з метою забезпечення безперебійного електропостачання споживача в безвітряну погоду.

Вітро-дизельна система складається з ВЕУ і дизель-електричної системи (ДЕС), з оптимально підібраними потужностями. Зазвичай, дизель-генератор використовується в поєднанні з ВЕУ у випадку, коли метою використання останньої є економія дизельного палива, вартість якого з урахуванням витрат на доставку, може бути досить високою. Співвідношення потужності компонентів системи залежить від схеми генерування навантаження й ресурсів вітру.

Режим одночасної паралельної роботи ВЕУ і ДЕС оцінюється як недостатньо ефективний спосіб використання ВЕУ, так як частка участі вітроагрегата в системі за потужністю не повинна перевищувати 15...20% від потужності дизель-генератора. Такі режими можна використовувати для економії палива в гібридних установках великої потужності.

Використання режиму роздільної роботи ВЕУ і ДЕС дозволяє підняти частку участі вітроустановки до 50...60% і більше. Але, в цьому випадку неминуче ускладнення системи за рахунок необхідності введення системи управління, інверторного устаткування і АБ, які акумулюють енергію,

вироблювану вітроагрегатом при робочих швидкостях вітру для живлення навантаження в безвітряну погоду або при невеликих швидкостях вітру. Кожного разу, коли це можливо, енергія генерується ВЕУ, а АБ безперервно заряджається. У періоди вітрового затишшя, коли заряд АБ падає нижче певного рівня, для забезпечення споживачів енергією автоматично (або вручну) запускається дизель-генератор. Такий режим значно знижує кількість запусків дизель-генератора і, отже, веде до скорочення витрат на обслуговування і паливо. Вітро-дизельні системи розглянутого типу в даний час використовуються в Архангельській і Мурманській областях Росії.

Гібридні вітро-дизельні системи потужністю від 2 до 500 кВт різних конструкцій і призначення в даний час випробовуються, розробляються або плануються до реалізації в рамках Федеральної програми "Енергопостачання віддалених територій Крайньої Півночі РФ". Як правило, ці гібридні системи призначені для надійного електропостачання автономних споживачів з одночасною економією рідкого палива. Великі гібридні електростанції повинні працювати на локальну мережу північних селищ.

Використання сучасної вітро-дизельної системи, при належній увазі до проведення поточного обслуговування, може бути економічно дуже ефективним при наявності достатніх вітрових ресурсів у місцевості, де встановлений вітроагрегат.

Електрична енергія може бути одержана за рахунок перетворення сонячного випромінювання фотоелектричними батареями (ФБ). Незважаючи на досить високу, в даний час, вартість ФБ, їхнє використання спільно з ВЕУ в деяких випадках може бути ефективним. Оскільки взимку існує великий потенціал вітру, а влітку в ясні дні максимальний ефект можна отримати, використовуючи ФБ, а отже поєднання цих ресурсів виявляється вигідним для споживача.

ВЕУ можуть використовуватися в комбінації з мікроГЕС, що мають резервуар для води. У таких системах при наявності вітру вітроагрегат живить навантаження, а надлишки енергії використовуються для закачування води з

нижнього рівня на верхній. У періоди вітрового затишшя енергія виробляється мікроГЕС. Подібні схеми особливо ефективні при малих ресурсах гідроенергії.

Таким чином зробимо акцент з вищевикладеного матеріалу в наступному:

1. Застосування гібридних енергетичних установок дозволяє зменшити витрати на енергоносії, використовуючи та поєднуючи різні види джерел енергії. Економічні розрахунки, проведені на основі досвіду експлуатації гібридних енергетичних установок, показують, що при існуючих цінах, що постійно ростуть, на органічне паливо, ці установки будуть окупними.

2. Україна має достатній потенціал для гібридних енергетичних установок.

3. Територія України, незважаючи на те, що є не самою сприятливою для використання гібридних енергетичних установок, як і відновлюваної енергетики, та має свої особливості їх використання, а отже є придатною для використання гібридних енергетичних установок.

Контрольні питання до розділу 8

1. Що відносять до гібридних енергетичних установок?
2. Які переваги та недоліки є у гібридних енергетичних установок?
3. Що являють собою гібридні енергетичні установки?
4. Яка специфіка гібридних енергетичних установок?
5. Які особливості поєднання гібридних енергетичних установок?
6. Назвіть найбільш розповсюджені поєднання енергетичних установок у складі гібридних енергетичних установок.
7. Наведіть приклади використання гібридних енергетичних установок в Україні.
8. Наведіть приклади використання гібридних енергетичних установок у світі.
9. Чи є перспективи розвитку гібридних енергетичних установок в Україні?

Підсумкова частина

Протягом всього свого існування людина постійно змінювала основне джерело енергії: спочатку це було Сонце, потім вогонь, вугілля, а зараз нафта і газ. Але ніколи ще людство не відчувало такої гострої потреби у швидкому переході до нових джерел енергії як зараз.

Враховуючи вище сказане перерахуємо аспекти впровадження нетрадиційних відновлюваних джерел енергії в Україні та у світі:

- широкомасштабне впровадження НВДЕ в Україні дозволить зробити суттєвий крок у зменшенні енергетичної залежності країни, охороні довкілля та створенні умов для входження країни до європейської спільноти;

- не зважаючи на значний потенціал майже всіх видів НВДЕ, достатньо розвинену науково-технічну та промислову базу, велику кількість прийнятих нормативно-законодавчих актів, частка НВДЕ у енергетичному балансі нашої країни залишається незначною;

- головними причинами такого стану є відсутність стимулюючої політики держави, недосконалість нормативно-правового забезпечення та невиконання прийнятих рішень, низький рівень фінансування науково-дослідних і конструкторських розробок, недостатній рівень стимулювання потенційних розробників технологій НВДЕ та інформування споживачів;

- біоенергетика, яка в даний час розвивається найбільш інтенсивно, потребує оптимізації свого розвитку з урахуванням як потреб паливного, так і продовольчого сектору економіки, а також державного регулювання експорту біопаливної сировини. Пріоритетним напрямком повинно стати виробництво біогазу з промислових, побутових та сільськогосподарських відходів, що забезпечить не тільки виробництво енергії, біодобрив, а також дозволить зробити довкілля більш чистим, покращити екологію;

- вітроенергетика вже сьогодні могла б вийти на значущий рівень вироблення електроенергії в Україні, в разі достатнього її фінансування та відповідної державної політики. Для активації цього напрямку необхідно провести технологічне оновлення ВЕС за рахунок більш потужних

вітроенергетичних установок (до 1МВт) та вирішити організаційні питання, зокрема, розділення управління розробкою і виробництвом вітчизняних ВЕУ, та вироблення і продажем електроенергії виробленої на ВЕС;

– сонячна енергетика має шанс значно збільшити свій внесок за рахунок впровадження передових вітчизняних розробок сонячних колекторів та відродження виробництва сонячного кремнію в Україні;

– мала гідроенергетика може внести свій вклад в енергопостачання, особливо в регіональному вимірі. Прийняті рішення щодо її відродження потребують свого виконання та цільового використання коштів виділених на реконструкцію та відновлення малих ГЕС;

– використання геотермальних вод в Україні знаходиться на початковій стадії. Збільшення обсягів геотермальної енергії для використання в будівлях можливо вже сьогодні. Для інвестування цього економічно привабливого сектору необхідно залучити приватний капітал, для чого потрібно створити відповідне сприятливе нормативно-законодавче середовище;

– різке підвищення цін на імпортовані в Україну енергоносії буде стимулювати використання ВДЕ і енергії викидів у навколишнє середовище, особливо в сфері теплозабезпечення будівель. Тому вже сьогодні потрібно розгорнути виробництво в Україні теплонасосного обладнання на базі вітчизняних заводів та вітчизняних науково-технічних розробок;

– серед альтернативних джерел палива і енергії економічно привабливими і доступними є використання шахтного метану і синтез-газу із бурого вугілля торфу, відходів вуглепереробки, впровадження яких дозволить в значно зменшити використання імпортованого природного газу і вирішити проблему енергетичної незалежності країни;

– для зміни ситуації з впровадженням НВДЕ як перспективного напрямку енергозабезпечення України в масштабах, які зможуть забезпечити до 2020 року 20% виробництво енергії за рахунок НВДЕ, необхідно:

– провести системне доопрацювання нормативно-законодавчої бази, яке б забезпечило стимули до впровадження НВДЕ, такі як: податкові преференції,

пільгове кредитування, лізинг устаткування, прямі субсидії, підвищення тарифів („зелені” тарифи) та ін.

- забезпечити можливості щодо пільгового продажу виробленої електроенергії НВДЕ на мережу;

- забезпечити необхідний рівень політичної підтримки залученню інвестицій у розвиток НВДЕ на загальнодержавному та регіональному рівнях;

- задіяти механізми Кіотського протоколу для фінансування впровадження НВДЕ;

- забезпечити достатнє фінансування та підтримку науково-технологічних розробок у сфері НВДЕ та створити умови для їх швидкого впровадження;

- необхідно підсилити роль регіональної влади у впровадженні тих видів НВДЕ, які мають найбільший потенціал та є економічно привабливими для даної місцевості. Для цього, крім створення сприятливого інвестиційного клімату та нормативно-правового забезпечення, необхідно залишати в регіонах відповідні фінансові ресурси для цільового використання та підтримки НВДЕ.

Список використаної літератури

1. Твайделл Дж., Уэйр А. Возобновляемые источники энергии: Пер. с англ. – М.: Энергоатомиздат. 1990. – 392 с.
2. Коробков В.А. Преобразование энергии океана. – Л.: Судостроение, 1986. – 280 с.
3. Сичкарев В.И. Волновые энергетические станции в океане / В.И. Сичкарев, В.А. Акуличев. – М.: Наука, 1989. – 132 с.
4. Праховник А.В. Малая энергетика: распределенная генерация в системах энергоснабжения – К. : «Освіта України», 2007. – 464с.
5. Альтернативные энергоносители / М.В. Голицын, А.М. Голицын, Н.В. Пронина; Отв. ред. Г.С. Голицын. – М. : Наука, 2004. – 159 с.
6. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – Тамбов : Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 96 с.
7. Варламов Г.Б., Любчик Г.М., Маляренко В.А. Теплоенергетичні установки та екологічні аспекти виробництва енергії / Підручник. – К. : “Політехніка”, 2003. – 228 с.
8. Денисенко Г.И. Возобновляемые источники энергии. – К. : Вища школа, 1983. – 168 с.
9. Приливные электростанции // Под ред. Л.Б. Бернштейна. – М. : 1994. Т. 1.
10. Красовский Н.В. Ветроэнергетические ресурсы и перспективы их использования / Н.В. Красовский. – СПб. : Знание, 1990. – 97 с.
11. Атлас енергетичного потенціалу відновлюваних та нетрадиційних джерел енергії України / Кудря С.О., Яценко Л.В., Душина Г.П. та інші. – НАН України, державний комітет України з енергозбереження. – К. : 2001. – 41 с.
12. Макаровский С.Н. Особенности работы электростанций на нетрадиционных возобновляемых источниках энергии и пути повышения эффективности // Гидротехническое строительство. 2001, №1, С. 33–36.
13. Лабейш В. Г. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии / В.Г. Лабейш. – СПб. : СЗТУ, 2003. – 80 с.
14. Скалкин Ф. В. Энергетика и окружающая среда / Ф. В. Скалкин,

- А. А. Канаев, И. З. Копп. – Л. : Энергоиздат, 1981. – 280 с.
15. Ревелль П. Среда нашего обитания. Кн. 3. Энергетические проблемы человечества / П. Ревелль, Ч. Ревелль. – М. : Мир, 1995. – 291 с.
16. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов / Под ред. Непорожного П. С. – М. : Энергоиздат, 1982. – 559 с.
17. Юдасин Л. С. Энергетика: проблемы и надежды / Л. С. Юдасин. – М. : Просвещение, 1990. – 207 с.
18. Усковский В. М. Возобновляющиеся источники энергии / В. М. Усковский. – М. : Россельхозиздат, 1986. – 126 с.
19. Рубан С. С. Нетрадиционные источники энергии / С. С. Рубан. – М. : Энергия, 2003. – 326 с.
20. Энергетические ресурсы мира; под ред. П. С. Непорожного, В. И. Попкова. – М. : Энергоатомиздат, 1995. – 232 с.
21. Основні результати та завдання впровадження нетрадиційних та відновлюваних джерел енергії в Україні / Шульга В. Г., Коробко Б. П., Жовмір М. М. // *Енергетика и электрификация*. – 1995. – №2. – С. 39–42.
22. Кириллин В. А. Энергетика. Главные проблемы: В вопросах и ответах. / В. А. Кириллин. – М. : Знание, 1990. – 128 с.
23. Источники энергии. Факты, проблемы, решения. – М. : Наука и техника, 1997. – 110 с.
24. Голицын М. В. Альтернативные энергоносители / М. В. Голицын, А. М. Голицын. – М. : Наука, 2004. – 159 с.
25. Ляшков В. И., Кузьмин С. Н. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии: Учебное пособие. – Тамбов: Изд-во Тамб. гос. техн. ун-та, 2003. – 96 с.
26. А. Магомедов Нетрадиционные возобновляемые источники энергии. – Махачкала : Издательско–полиграфическое объединение «Юпитер», 1996. – 245 с.
27. Золотницкий В. А. Новые газотопливные системы автомобилей / Под научн. ред. С. Н. Погребного. – М. : Издательский Дом Третий Рим, 2005. – 64 с.

28. Сабади П.Р. Солнечный дом / Пер. с англ. Н.Б.Гладковой. – М.: Стройиздат, 1981. – 113 с.
29. Системы солнечного тепло- и хладоснабжения / Р.Р. Аvezов, М.А. Барский-Зорин, И.М. Васильева и др.; Под ред. Э.В. Сарнацкого и С.А. Чистовича. – М.: Стройиздат, 1990. – 328 с.
30. Ушаков В.Г. Нетрадиционные возобновляемые источники энергии / В.Г. Ушаков. – Новочеркасск: НГТУ, 1994. – 120 с.
31. Красовский Н.В. Ветроэнергетические ресурсы и перспективы их использования / Н.В. Красовский. – М.; СПб.: Знание, 1990. – 97 с.
32. Лучков Б.И. Солнечный дом, солнечный город / Б.И. Лучков // Наука и жизнь. – 2002. – № 12. – С. 26–31.
33. Левенберг В.Д. Энергетические установки без топлива. – Л.: Судостроение, 1987. – 104 с.
34. Н.Н. Громов Источники энергии на основе общеизвестных физических эффектов. – Нижний Новгород, 2001 г. – 25 с.
35. Харитонов В.П. Автономные ветроэлектрические установки. – М.: ГНУ ВИЭСХ, 2006. – 280 с.
36. Мала енергетика та її значення в регіональних системах майбутнього / В.Д. Білолід, К.В. Таранець // Проблеми загальної енергетики. – 2008. – №18. – С. 40–47.
37. Волшанин В.В. О классификации и терминологии нетрадиционных источников гидравлической энергии // Гидротехническое строительство. – 2001. – №2. – С. 52–56.
38. Лабейш В.Г. Гидравлические расчеты энергооборудования. – Л.: СЗПИ, 1991. – 88 с.
39. Лабейш В.Г. Природоохранные технологии в теплоэнергетике. – СПб.: СЗТУ, 2001. – 80 с.
40. Реєстр альтернативних видів палива Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України (Держенергоефективності). – Київ, 2011. – 42 с.

41. В.А. Маляренко. Энергосбережение и централизованное теплоснабжение в концепции развития коммунальной энергетики//Энергосбережение, энергетика, энергоаудит.–2007.–№3.–С.72–77.
42. В.А. Маляренко, О.І.Яковлев, І.Г.Жиганов. Розвиток біоенергетики – важливий шлях підвищення енергозалежності сільгоспвиробника// Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. –2006. – №12. – С.8–20.
43. Про заходи щодо стабілізації становища в паливно–енергетичному комплексі: Постанова від 22 березня 2000 року №538/ Україна. Кабінет Міністрів; Україна. Кабінет Міністрів //Офіційний вісник України. – 2000. – № 12. – С. 128–139
44. Гайдук В. Розвиток паливно–енергетичного комплексу України як основи її економічної безпеки //Економіка України. – 2001. – № 5. – С. 4–7
45. Добірка статей про паливно–енергетичний комплекс //Вісник Національної Академії наук України. – 1999. – № 9. – С. 3–34
46. Концепція державної енергетичної політики України на період до 2020 року //Національна безпека і оборона. – 2001. – № 2. – С. 2–54
47. Мельничук Л. Паливно–енергетичний комплекс України //Колега. – 2001. – № 4–5. – С. 2 – 9
48. Пендзин О. Аналіз сучасного стану паливно–енергетичного комплексу України //Євроатлантикінформ. – 2006. – № 2. – С. 17–26
49. Повний С. Паливно–енергетичний комплекс як об’єкт державного управління //Вісник Національної академії державного управління при Президентові України. – 2005. – № 1. – С. 262–266.
50. Семенов Г. Трансформація економіки та енергетичний потенціал України в період кризи //Економіка. Фінанси. Право. – 2000. – № 1. – С. 3–7.
51. Синчук О.Н. Аспекты оценки влияния работы ветроэлектрических установок в условиях рудных шахт на окружающую среду / Якимец С.Н., Бойко С.Н. // XI Міжнародна науково-технічна конференція «Фізичні процеси та поля технічних і біологічних об’єктів»: Матеріали конференції. – Кременчук, КрНУ, 2012. – С. 202-203.

52. Яснюк Т. Стан і перспективи регіонального розвитку паливно-енергетичного комплексу України // Краєзнавство. Географія. Туризм.. – 2003. – № 2. – С. 2–5.
53. Самойлік М.С., Чудан К.А., Шуліка А.О. Оцінка біоенергетичного потенціалу Полтавської області. – Вісник Полтавської державної аграрної академії. – 2011. – №1. – С. 36–41.
54. Агроекологічний атлас Полтавщини / В.М. Писаренко, Ю.С. Голік, П.В. Писаренко [та ін.]. – Полтава: Оріяна, 2009. – 70 с.
55. Джерджула В.В. Обґрунтування параметрів обладнання для виробництва біогазу при утилізації органічних відходів сільськогосподарських підприємств: Дис. канд. техн. наук: 05.05.11 / В.В. Джерджула. – Вінницький НТУ, 2009. – 218 с.
56. Мороз О.В. Економічні аспекти вирішення екологічних проблем утилізації твердих побутових відходів / О.В. Мороз, А.О. Свентух, О.Т. Свентух. – Вінниця: УНІВЕРСУМ. – Вінниця, 2003. – 110 с.
57. ЕЕА, 2007. Methodology sheets. Indicators of Sustainable Development: Guidelines and Methodologies – Third edition Environmental issue report no. 32. Copenhagen, Denmark: European Environment Agency.
58. Ragulina I.R. Possibilities of using of short rotation willow plantations for bioenergy development in the Kaliningrad region / E.V. Krasnov, I.R. Ragulina // Proceedings of the 8th Polish-Danish Workshops on Biomass for energy. – Poland, 2003. – P. 67-71.

Навчальне видання

СІНЧУК Ігор Олегович
БОЙКО Сергій Миколайович
ЛОСІНА Катерина Іванівна
ЛУЦЕНКО Ігор Анатолійович
ТКАЧЕНКО Григорій Іванович

НЕТРАДИЦІЙНІ ТА ВІДНОВЛЮВАНІ ДЖЕРЕЛА ЕНЕРГІЇ

Навчальний посібник

Під редакцією
професора Сінчука О.М.

Українською мовою

Підписано до друку 04.12.2013
Формат 60x90 ¹/₁₆. Умовн. друк. арк. 11,1.
Тираж 300 прим. Замовлення № 123-13.
Папір офсетний. Гарнітура Times.
Ціна договірна

Видавець і виготовлювач ПП Щербатих О. В.
вул. Чапаєва, 36 Б, м. Кременчук, 39601
Свідоцтво суб'єкта видавничої справи ДК №2129
від 17.03.2005р.
www.novabook.com.ua



Сінчук Олег Миколайович 1949 р. народження, в 1971 р. закінчив Криворізький гірничорудний інститут (нині ДВНЗ «Криворізький національний університет»), доктор технічних наук (1988р.), професор (1988р.), завідувач кафедри «Автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті» Криворізького національного університету. Автор більш ніж 400 наукових праць.



Сінчук Ігор Олегович 1968 р. народження, у 1992 р. закінчив Криворізький технічний університет (нині Криворізький національний університет), кандидат технічних наук (2008 р.), доцент (2013р.) кафедри «Автоматизованих електромеханічних систем в промисловості та транспорті» Криворізького національного університету. Автор 52 наукових праць.



Бойко Сергій Миколайович 1987 р. народження, у 2006р. закінчив Кременчуцьке педагогічне училище імені А.С. Макаренка, у 2009р. закінчив Глухівський державний педагогічний університет імені Олександра Довженка, у 2011р. Закінчив Кременчуцький національний університет імені Михайла Остроградського, аспірант кафедри «Систем електроспоживання та енергетичного менеджменту» Кременчуцького національного університету імені Михайла Остроградського. Автор 30 наукових праць.



Лосіна Катерина Іванівна, асистент Кременчуцького національного університету імені М. Остроградського. У 2009 р. закінчила Кременчуцький державний університет імені М. Остроградського. Автор 19 наукових праць.



Луценко Ігор Анатолійович, 1959 р. народження. Закінчив Криворізький гірничорудний інститут (нині ДВНЗ «Криворізький національний університет») у 1982 р. Кандидат технічних наук (1988р.), доктор технічних наук (2009 р.) Автор 67 наукових праць.



Ткаченко Григорій Іванович – генеральний директор ПАТ «Криворіжелектромонтаж» (м. Кривий Ріг). Закінчив Криворізький гірничорудний інститут – 1979 р. (нині ДВНЗ «Криворізький національний університет»).

Кваліфікація: інженер – електрик. Член кореспондент Академії Будівництва України – 2007 р., член кореспондент Академії Технологічних наук України – 2008 р. Автор ряду наукових праць і патентів.