

І. Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В. В. Швець



**Енергозбереження в міському
будівництві. Частина 2**



Міністерство освіти і науки України
Вінницький національний технічний університет

І. Н. Дудар, Л. В. Кучеренко, В. В. Швець

**Енергозбереження в міському будівництві
Частина 2**

Навчальний посібник

Вінниця
ВНТУ
2018

УДК 620.9(075)

Д81

Рекомендовано до друку Вченою радою Вінницького національного технічного університету Міністерства освіти і науки України (протокол № 13 від 25 червня 2015 р.)

Рецензенти:

І. В. Барабаш, доктор технічних наук, професор

С. Й. Ткаченко, доктор технічних наук, професор

А. С. Моргун, доктор технічних наук, професор

Дудар, І. Н.

Д81 Енергозбереження в міському будівництві. Частина 2 : навч. посіб. / Дудар І. Н., Кучеренко Л. В., Швець В. В. – Вінниця : ВНТУ, 2018. – 71 с.

У навчальному посібнику розглянуто стан проблеми енергозбереження в нашій країні; основні фактори, що впливають на внутрішній тепловий комфорт в будівлях; проблеми, що виникають під час проектування та будівництва житлових будівель, з позиції енерговитрат; пріоритетні напрямки скорочення споживання енергоресурсів за рахунок використання альтернативних джерел енергії.

УДК 620.9(075)

ЗМІСТ

ВСТУП.....	4
РОЗДІЛ 1	
СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ.....	11
1.1 Основні поняття.....	11
1.2 Пасивні та активні системи.....	12
1.3 Відомості про сонячні колектори.....	14
1.4 Принцип дії основних видів сонячних колекторів.....	16
1.5 Типи систем сонячного теплопостачання.....	19
1.6 Сонячні теплові електростанції.....	22
1.6.1 Сонячні концентратори.....	22
1.6.2 Сонячні ставки.....	28
1.6.3 Фотоелектричні перетворювачі сонячного тепла.....	29
1.7 Контрольні питання.....	30
РОЗДІЛ 2	
ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГІЇ.....	31
2.1 Типи вітро двигунів.....	31
2.2 Морські вітроелектростанції.....	34
2.3 Характеристики вітрових генераторів.....	34
2.4 Класифікація електровітрогенераторів.....	37
2.5 Особливості розташування вітроустановок на місцевості.....	38
2.6 Контрольні питання.....	40
РОЗДІЛ 3	
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАМІНИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В УКРАЇНІ МІСЦЕВИМИ ВИДАМИ ПАЛИВА.....	41
3.1 Перспективи впровадження біопалива як альтернативного виду енергії.....	41
3.2 Основні типи біопалива.....	43
3.3 Контрольні питання.....	52
РОЗДІЛ 4	
ГЕОТЕРМАЛЬНІ РЕСУРСИ.....	53
4.1 Геотермальні електростанції, їхня класифікація та конструкції.....	53
4.2 Використання геотермальних джерел у світі.....	61
4.3 Можливості використання геотермальних ресурсів в Україні...62	
4.4 Переваги використання геотермальної енергії.....	63
4.5 Контрольні питання.....	64
РОЗДІЛ 5	
ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ.....	65
5.1 Гідротермальні ресурси.....	65
5.2 Петрогеотермальна енергія.....	67
5.3 Ресурси нагрітих підземних вод.....	68
5.4 Контрольні питання.....	68
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	70

ВСТУП

Фактор енергозбереження є одним із визначальних для енергетичної стратегії України. Від його рівня залежить ефективне функціонування національної економіки.

Технічний фактор відображає вплив технічного (технологічного) стану та рівня устаткування й обладнання на обсяги споживання енергоресурсів при виробництві продукції (послуг).

Структурний фактор відображає вплив структурних змін у галузевій або міжгалузевій діяльності на обсяги споживання палива та енергії.

На сьогодні основним фактором зниження енергоємності продукції (послуг) в усіх галузях економіки є формування ефективно діючої системи державного управління галуззю енергозбереження. Це дозволить, насамперед, удосконалити структуру кінцевого споживання енергоресурсів, зокрема, за рахунок подальшого розширення та поглиблення електрифікації в усіх галузях економіки шляхом заміщення дефіцитних видів палива з одночасним підвищенням ефективності виробництва.

Технічна (технологічна) складова потенціалу енергозбереження:

- підвищення ефективності виробництва (видобутку), перетворення, транспортування та споживання енергоресурсів і, відповідно, зниження енергоємності продукції та надання послуг за рахунок упровадження новітніх енергоефективних технологій та енергозберігаючих заходів.

Структурна складова потенціалу енергозбереження:

- зміна макроекономічних пропорцій в економіці з метою зниження рівнів енергоспоживання;
- зменшення питомої ваги енергоємних галузей і виробництв промисловості та транспорту за рахунок розвитку наукомістких галузей і виробництв з низькою енергоємністю та матеріаломісткістю.

Водночас, структурний і технічний (технологічний) фактори залежать від міжгалузевих та внутрішньогалузевих зрушень в економіці.

Загальний потенціал енергозбереження за рахунок технічного (технологічного) та структурного факторів в економіці України у 2030 році становитиме 318,36 млн т у. п. (умовного палива), у тому числі з урахуванням:

- галузевого технічного (технологічного) фактора – 175,93 млн. т у. п.;
- міжгалузевий технічний (технологічний) фактора – 22,13 млн т у. п.;
- галузевого структурного фактора – 61,65 млн т у. п.;
- міжгалузевий структурного фактора – 58,65 млн т у. п.

У 2030 р., порівняно з 2005 р., загальна економія паливних ресурсів за рахунок технічного фактора оцінюється в обсязі 128,42 млн т у. п., електричної енергії – 108,72 млрд кВт·год, теплової енергії –

231,87 млн Гкал, що становить 198,06 млн т у. п.

Обсяги капітальних вкладень на реалізацію галузевих і міжгалузевих енергозберігаючих заходів у період 2006–2030 рр., порівняно з 2005 р., оцінюються в таких розмірах: 2010 р. – 30,6 млрд грн; 2015 р. – 53,7; 2020 р. – 69,0; 2030 р. – 102,3 млрд грн.

Одним з найбільш ефективних і масштабних напрямів енергозбереження за рахунок технічного (технологічного) фактора, що суттєво впливає на рівень енергоспоживання, є впровадження галузевого енергозбереження за такими основними напрямками:

- упровадження нових енергозберігаючих технологій та обладнання;
- удосконалення існуючих технологій та обладнання;
- скорочення втрат енергоресурсів;
- підвищення якості продукції, удосконалення та скорочення втрат сировини та матеріалів;
- заміщення і вибір найбільш ефективних енергоносіїв.

У зв'язку з цим, важливого значення набувають питання, пов'язані з упровадженням енергоефективних технологій та обладнання у всіх галузях національної економіки, зокрема: оцінка потенціалу міжгалузевого енергозбереження за рахунок технічного (технологічного) фактора на період до 2030 р.

Міжгалузеве технологічне енергозбереження має досить значний потенціал, проте його відмінністю від галузевого потенціалу енергозбереження є більш висока економічність – у 2–4 рази.

До основних міжгалузевих заходів належать:

- використання сучасних ефективних систем обліку та контролю за витратами енергоресурсів;
- використання вторинних енергетичних ресурсів;
- упровадження автоматизованих систем керування енергоспоживанням;
- використання економічних систем і приладів електроосвітлення;
- упровадження сучасних систем і засобів силової електроніки;
- удосконалення систем теплопостачання;
- використання сучасних технологій спалювання низькоякісного твердого палива;
- удосконалення структури парку електроприладів у галузях тощо.

Освоєння нетрадиційних і відновлюваних джерел енергії (НВДЕ) варто розглядати як важливий фактор підвищення рівня енергетичної безпеки та зниження антропогенного впливу енергетики на довкілля. Масштабне використання потенціалу НВДЕ в Україні має не тільки внутрішнє, а й значне міжнародне значення як вагомий чинник протидії глобальним змінам клімату планети, покращення загального стану енергетичної безпеки Європи. Тому шляхи та напрями стратегічного розвитку НВДЕ в

країні мають сприяти солідарним зусиллям Європейської спільноти у галузі енергетики та відповідати основним принципам Зеленої книги "Європейська стратегія сталої, конкурентоздатної та безпечної енергетики" (Брюссель, 8.3.2006. COM(2006) 105).

Технічно можливий річний енергетичний потенціал НВДЕ України в перерахунку на умовне паливо становить біля 79 млн т у. п. Економічно можливий потенціал цих джерел становить 57,7 млн т у. п., у тому числі відновлюваних природних джерел енергії – 35,5 млн. т у. п., позабалансових (нетрадиційних) – 22,2 млн т у. п.

На сьогодні цей потенціал використовується недостатньо. Частка НВДЕ в енергетичному балансі країни становить 7,2% (6,4% – позабалансові джерела енергії; 0,8% – відновлювані джерела енергії).

Перспективними напрямками розвитку НВДЕ в Україні є: біоенергетика, видобуток та утилізація шахтного метану, використання вторинних енергетичних ресурсів (ВЕР), позабалансових покладів вуглеводнів, вітрової і сонячної енергії, теплової енергії доквілля, освоєння економічно доцільного гідропотенціалу малих річок України. На базі відновлюваних джерел вагомий розвиток отримують технології одержання як теплової, так і електричної енергії.

На сьогодні найбільш швидкими темпами здатна розвиватись біоенергетика. Очікується, що енергетичне використання всіх видів біомаси здатне забезпечити щорічно заміщення 9,2 млн т у. п. викопних палив на рівні 2030 р., у тому числі за рахунок енергетичного використання залишків сільгоспкультур, зокрема, соломи – 2,9 млн т у. п., дров та відходів деревини – 1,6 млн т у. п., торфу – 0,6 млн т у. п., твердих побутових відходів – 1,1 млн т у. п., одержання та використання біогазу – 1,3 млн т у. п., виробництва паливного етанолу та біодизеля – 1,8 млн т у. п. Загальний обсяг інвестицій у розвиток біоенергетики становитиме до 2030 р. близько 12 млрд грн.

Головними напрямками збільшення використання позабалансових джерел енергії є видобуток та утилізація шахтного метану, ресурси якого в Україні є значними. Використання метану для виробництва тепла та електроенергії забезпечить заміщення 5,8 млн т у. п. первинної енергії на рівні 2030 р., близько 1 млн т у. п. – на рівні 2010 р., водночас поліпшиться екологічний стан і безпека у вуглевидобуванні.

Поряд з цим, передбачається подальше збільшення використання природного газу малих родовищ, газоконденсатних родовищ і попутного нафтового газу для виробництва електроенергії і тепла. Обсяги видобутку цих ресурсів оцінюються в 200 тис у. п. у 2005 р. і 830 тис у. п. у 2030 р.

Передбачається виробництво електроенергії за рахунок надлишкового тиску доменного та природного газів до 1,3 млрд кВт·год у 2030 р. Економічно доцільним є використання промислових горючих газів.

Залучення теплоти докiлля за допомогою теплових насосiв i термотрансформаторiв є одним iз найбільш ефективних та екологічно чистих напрямiв розвитку систем низькотемпературного теплопостачання, який має значне поширення у світовiй енергетицi.

Ресурси акумульованої в докiллі низькопотенційної теплоти, що можуть використовуватися у теплонасосних системах теплопостачання України, перевищують iснуючі та перспективні потреби в тепловiй енергiї.

Економічно доцiльні для використання ресурси низькопотенційної теплоти природного i техногенного походження, що можуть утилізуватися тепловими насосами, оцiнюються у 22,7 млн т у. п. на рiвнi 2030 р. Передбачається збiльшити обсяги використання потенціалу вiтроенергетики з 0,018 млн т у. п. у 2005 р. до 0,7 млн т у. п. у 2030 р. Розвиток вiтроенергетики має базуватися на світових досягненнях у цiй сферi з урахуванням екологічних вимог i з максимальним використанням вiтчизняного науково-технічного i виробничого потенціалу.

В останні роки у світі iнтенсивно розвивається сонячна енергетика. У 2005 р. світове виробництво кремнiєвих перетворювачiв сонячної енергiї досягло 1,8 ГВт, а в 2030 р. Європа планує освоїти виробництво 200 ГВт сонячних модулiв iз значним зниженням вартостi виробленої електроенергiї. Україна має напрацьованi технологiї випуску сонячних модулiв, які здiйснюють перетворення сонячної енергiї в електричну з допомогою фотоперетворювачiв на основi полiкристалiчного кремнiю, i експортує їх у Європу. Українські компанії при належному фiнансуванні можуть за 1–2 р. освоїти серійний випуск крупних партiй сонячних фотомодулiв, суттєво знизити питомi витрати кремнiю i вартiсть електроенергiї.

Мала гiдроенергетика є технологічно освоєним способом виробництва електроенергiї з невисокою собiвартiстю. У 2030 р. на малих ГЕС планується виробити 3,34 млрд кВт. Розвиток цього напрямку потребує iнвестиційних вкладень бiля 7 млрд грн.

Вiдповiдно до базового сценарiю, виробництво електроенергiї з використанням iнших вiдновлюваних джерел має збiльшитись з 51 млн кВт у 2005 р. до 2,1 млрд кВт·год у 2030 р.

Загальний обсяг iнвестицій у розвиток НВДЕ iз заміщенням понад 57 млн т у. п. становитиме близько 60,0 млрд грн. При цьому частка НВДЕ загалом паливно-енергетичному балансі краiни може зрости до 19% на рiвнi 2030 р.

Усі з перерахованих вище джерел та ресурсiв мають великі потенційні можливостi i здатні задовольняти дуже значні потреби в енергiї. I тому, не вдаючись в методологiю оцiнювання потенційних ресурсiв, обмежимося оцiнкою їхнього можливого внеску в паливно-енергетичний баланс України.

Вiдповiдно до класифікацiї джерел енергiї, яка склалася в міжнародній

практиці до НІДЕ, як згадувалося раніше, належать усі без виключення гідроенергетичні ресурси та установки їхнього використання. Тому в статистичних даних з використання НВДЕ на сьогодні більшу частину займає саме гідроенергетика як традиційно використовувана давно і стабільно багатьма країнами світу.

Водночас, реальна частка дійсно НВДЕ в балансі споживання енергоресурсів без урахування гідроенергії та НПЕР залишається мізерною як у світі загалом, так і в Україні зокрема. У 2000 р. за рахунок експлуатації НВДЕ (без ГЕС) країнами ОЕСД було вироблено лише 2% електроенергії, країнами ЄС – 2,4% , в Україні – до 0,1%. Прогнозується, що у майбутньому саме зростання частки НВДЕ (крім ГЕС) матиме головне значення, оскільки можливості розвитку гідроенергетики обмежені, і багатьма країнами вони вичерпані зовсім, а використання ВЕР та НПЕР – це ті ж органічні види палив, використання яких відбуватиметься більш раціонально [1].

Практично виробництво електроенергії здійснюється лише на ГЕС, малих ГЕС та за рахунок використання ВЕР (зокрема промислових горючих газів). Цифри інших джерел (біомаса, вітроенергія, сонячна енергія, геотермальна енергія та ін.) за масштабом не зіставні з гідроенергетикою і їхня частка не перевищує 1% від загального об'єму виробленої енергії на ГЕС.

Водночас, найбільші сподівання внеску НВДЕ в паливно-енергетичний баланс світу покладаються саме на біомасу, сонячну та геотермальну енергію. Очікуваний внесок від експлуатації вітроустановок теж значний, але його використання у світі географічно зорієнтовано на певні зони, лише окремі країни інтенсивно розвивають вітроенергетику, і для України ця перспектива потребує більш ретельного вивчення та економічного обґрунтування, хоча цьому напрямку сьогодні й приділяється першочергова увага. Вітроенергетика в Україні стрімко розвивається.

Згідно з прогнозом, виконаним в Енергетичній стратегії України на період до 2030 р., затвердженим Кабінетом Міністрів України, технічно досяжний річний енергетичний потенціал використання НВДЕ в Україні в перерахунку на умовне паливо становить на рівні 2030 р. близько 79 млн т у. п. Економічно досяжний потенціал цих джерел за базовим рівнем розвитку енергетики становить 57,7 млн т у. п., в тому числі на основі відновлюваних природних джерел енергії – 35,5 млн т у. п., позабалансових енергетичних ресурсів (нетрадиційних паливних ресурсів) – 22,2 млн. т у. п.

У питаннях щодо пріоритетних напрямків інноваційної діяльності рекомендується встановити таку ієрархію пріоритетів.

Енергозбереження.

- Інновації в енергоємних виробництвах, зокрема в металургії, хімії,

гірничо-видобувних галузях, будівництві.

- Переоснащення теплових електростанцій України прогресивним високо-економічним обладнанням, широке застосування парогазових та газотурбінних технологій в енергетиці та комунальній сфері.

- Створення високоефективних виробництв використання вугілля та інших видів палива для забезпечення споживачів синтетичними видами палива (синтез-газ, дизпаливо, синтетичний бензин, біопаливо тощо).

Нетрадиційні відновлювані джерела енергії та воднева енергетика.

- Упровадження теплонасосних технологій різного типу та призначення з доведенням рівнів їхнього використання відповідно до завдань Енергетичної стратегії України до 2030 р.

- Широке використання відходів біомаси з доведенням обсягів її використання на рівні 2030 р. 9–10 млн т у. п. на рік.

- Відбудова малих ГЕС та будівництво нових малих ГЕС з доведенням їхньої загальної потужності до 1,5 млн кВт.

- Проведення комплексів робіт та створення інфраструктури геотермальної та сонячної енергетики з потенційними можливостями заміщення органічного палива на рівні 2030 р. до 2–3 млн т у. п. на рік.

- Налагодження виробництва електро- та теплогенерувального обладнання на основі використання паливних елементів і водневих технологій.

Серед технологій, які потрібно вважати критичними для науково-технологічного й соціально-економічного розвитку України та наявність яких забезпечуватиме необхідний рівень національної та енергетичної безпеки, є такі:

- енергозберігаюче обладнання в електроенергетиці, зокрема парогазові енергоблоки, високоефективні вугільні ТЕС;

- технології газифікації твердого палива, у тому числі біопалива з метою часткового витіснення природного газу;

- теплонасосні технології для теплозабезпечення споживачів з використанням електроенергії та механічної енергії, отриманої без використання органічного палива;

- технології з використанням паливних комірок;

- технології використання сонячної та геотермальної енергії;

- технології виробництва синтетичних видів палив, у тому числі біодизельного на основі етанолу, метанолу тощо;

- технології на основі використання водню як енергоресурсу;

- технології отримання водню з різних видів сировини.

Низька енергоефективність стала одним з основних чинників кризових явищ в українській економіці. У першій половині 90-х рр. у структурі витрат на виробництво промислової продукції майже втричі зросла вартісна складова енергоресурсів, сягнувши 42% загальних матеріальних витрат на виробництво продукції. Лише з 1997 по 1999 р. в результаті

прийнятих на державному рівні заходів та зупинення спаду промислового виробництва, певної стабілізації економіки й подальшого, починаючи з 2000 р., зростання ВВП розпочалось реальне поліпшення енерго-ефективності економіки. Якщо енергоємність ВВП протягом 1990–1996 рр. зросла на 38,6%, то з 2000 р. спостерігалось її істотне зменшення, причому вперше в історії України зростання ВВП було досягнуто за одночасного скорочення споживання первинних паливно-енергетичних ресурсів.

Проте варто зазначити, що, починаючи з 2002 р., темпи зниження енергоємності ВВП уповільнилися у зв'язку з тим, що в найбільш енергоємних галузях економіки – металургійній, машинобудівній, хімічній та нафтохімічній, а також у житлово-комунальній сфері – динаміка зниження енергоємності валової доданої вартості зазнала негативних змін, зумовлених недопустимо високим ступенем фізичного зносу основних фондів (65–70%) та відповідним підвищенням питомих витрат паливно-енергетичних ресурсів на низку важливих видів продукції.

Фактор енергозбереження є одним з визначальних для енергетичної стратегії України. Від його рівня залежить ефективне функціонування національної економіки.

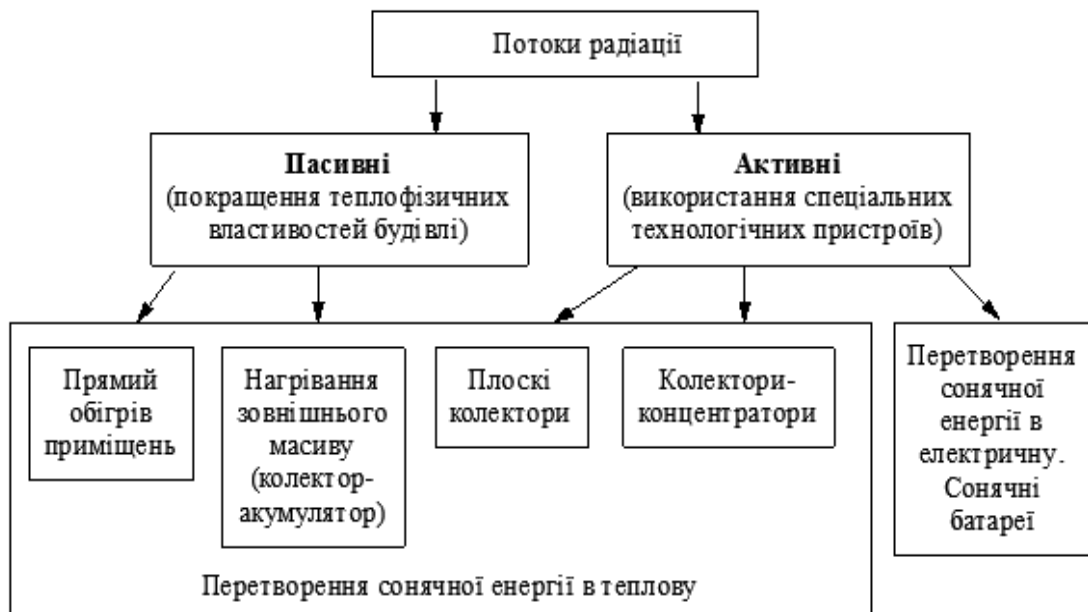
РОЗДІЛ 1

СИСТЕМИ СОНЯЧНОГО ЕНЕРГОПОСТАЧАННЯ ЖИТЛОВИХ І ГРОМАДСЬКИХ БУДІВЕЛЬ

1.1 Основні поняття

Класифікація енергосистем. Освоєння сонячної енергії під час проектування й будівництва цивільних будівель здійснюється у двох аспектах: використанні теплофізичних властивостей самої будівлі для накопичення й зберігання тепла (пасивні системи); створенні спеціальних технологічних обладнань у межах будівлі, які перетворюють енергію Сонця в теплову або електричну (активні системи).

Перший аспект відомий з давніх часів у народній традиційній архітектурі. Наприклад, на півдні житло свідомо розвиває якості об'ємно-планувального і конструктивного рішення будинку з метою поліпшення його мікроклімату: зведення масивних стін, плоского даху, групування приміщень навколо замкнутого внутрішнього двору та ін. Другий аспект набув поширення в сучасному будівництві, зумовленому прискореним зростанням науково-технічного прогресу на рівні високого розвитку інженерного устаткування будівель. Класифікація систем використання сонячної енергії наведена на рисунку 1.1 [2].



Рисунку 1.1 – Класифікація систем використання сонячної енергії

Кожна з сонячних енергосистем, відповідно, називається пасивною чи активною. Сукупності пристроїв та елементів, що забезпечують потреби житлових і громадських будівель в енергопостачанні, містять три основних елементи: приймач сонячного тепла (колектор), сховища тепла (аккумулятор) і систему розподілу тепла всередині будівлі.

Для перетворення сонячної енергії в теплову застосовують конструкцію (геліоприймач) із застосуванням скляних або пластикових поверхонь, у яких використовується явище "парникового ефекту", тобто властивість скла затримувати теплове інфрачервоне випромінювання, цим самим підвищувати температуру всередині об'єму, огороженого склом. Однак застосування тільки пасивних або активних систем не завжди доцільно.

1.2. Пасивні та активні системи

З метою зменшення тепловтрат і зниження енергетичних потреб будівлі доцільним є використання інтегральних систем, що поєднують прогресивні якості пасивних і активних систем. Характеристику пасивних і активних енергосистем подано в таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Характеристика пасивних і активних енергосистем

Тип геліобудівлі	Тип системи сонячного енергопостачання	Характеристика планувальних і технічних заходів	Прийоми організації сонячного енергопостачання
1	2	3	4
Пасивні системи			
Будівлі традиційної конструкції (без спеціальних обладнань)	Сонячні вікна, оранжереї, ліхтарі верхнього світла	Орієнтація основних приміщень на південний фасад; широтно-втягнутий план	Планувальні заходи. Термоізоляція. Засклення термального масиву великої площі. Допоміжна енергетична система. Природна конвекція повітря
Будівлі з трансформованими конструктивними елементами	Стіна-колектор (акумулятор), термоставки	Мінімум північних фасадів, розміщення допоміжних приміщень на північній стороні будівлі (гараж)	Планувальні заходи. Термоізоляція. Масивні огороження. Термальний масив. Допоміжні енергосистеми. Природна конвекція повітря
Активні системи			
Будівлі зі спеціальними обладнаннями в їхній структурі	Плоскі колектори (водні, повітряні) акумулятори	Компактність об'єму; розміщення колекторів на південному схилі даху чи на південній стіні	Наявність спеціальних акумуляторів тепла: ємності з водою при водяному опаленні; ємності з гравієм при повітряному опаленні

Продовження таблиці 1.1

1	2	3	4
Будівлі з обладнанням, що стоїть окремо	Плоскі колектори, концентратори, акумулятори	Компактність об'єму. Будівлі звичайного типу без обмежень, пов'язаних з використанням сонячного опалення	Наявність бойлерів, спеціальної системи розведення тепла. Механічне спонукання при розведенні тепла

Пасивні енергосистеми. У пасивних системах використовується безпосереднє нагрівання будівельних елементів за рахунок теплоти, що надходить від прямої сонячної радіації, без застосування технічних засобів.

Пасивні опалювальні сонячні системи розраховані на акумулювання сонячного тепла в масивних конструкціях будівель природним чином – через вікна південної орієнтації. Економія енергії при цьому на основі пасивної системи сонячного опалення за кордоном становить 25 ... 30%, а в перспективі може бути доведена до 50%. Однак вони залежать від погодних умов [2].

До компонентів цих систем належать: освітлення приміщень прямими сонячними променями; нагрівання води в резервуарах, розташованих у верхній частині будівлі; використання трубопроводів, прокладених по зовнішніх поверхнях стін, освітлюваних сонячним випромінюванням; використання систем, у яких акумуляторами теплової енергії слугують заповнення віконних прорізів, жалюзійне обладнання, зовнішні стіни будівлі й покриття, а також термосифонні системи вентиляції для охолодження повітря в калориферах. Типи колекторів пасивних систем наведено на рисунку 1.2.

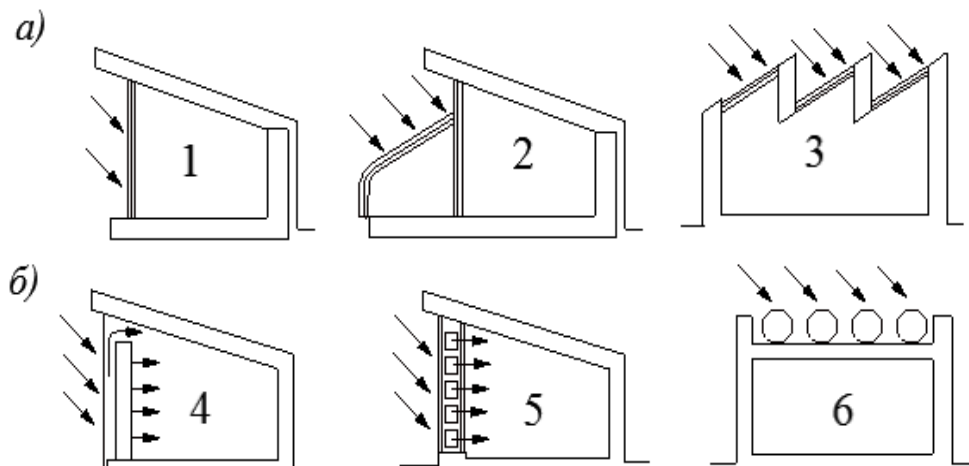


Рисунок 1.2 – Типи колекторів пасивних систем:

- а), б) – внутрішній (підлога, стеля, камін) і зовнішній (суміщений з колектором) термальні масиви: 1 – сонячні вікна; 2 – тепличні пристрої; 3 – прозорий дах-колектор; 4 – масивна стіна зі скляним облицюванням; 5 – контейнери з водою за скляним облицюванням; 6 – термоставки

Перетворення сонячної енергії в теплову може бути здійснено безпосереднім обігрівом сонячними променями і накопиченням тепла в масивному зовнішньому огороженні, яке, насамперед, акумулює це тепло і поступово повертає його в приміщення. До систем, що використовують безпосередній обігрів приміщень, належать традиційні типи сонцеприймачів: сонячні вікна, теплиці, оранжереї, ліхтарі верхнього світла.

Основними методами пасивного сонячного опалення, що значно поширені на практиці, є: пряме сонячне нагрівання; метод заскленої масивної стіни; метод приєднаного сонячного простору.

1. Пряме сонячне нагрівання – простий і дешевий метод. Його раціонально здійснювати через великі віконні прорізи з подвійним або потрійним склінням; при цьому сонячні промені нагрівають стіни і підлогу приміщення; доцільна велика площа герметичної скляної поверхні вікна. З метою уникнення "сонячного дискомфорту" (перегріву приміщень) промені сонця за допомогою спеціальних жалюзі можуть бути спрямовані (відбиті) на стелю.

2. Застосування зовнішньої масивної стіни, пофарбованої в чорний колір, покритої подвійним або потрійним склінням, забезпечує рівномірну віддачу сонячного тепла приміщенню. Однак невеликі віконні прорізи затемнюють інтер'єр, кількість отриманої енергії менша, порівняно з прямим сонячним нагріванням приміщень. Масивна стіна може одночасно виконувати шумозахисні функції.

3. Метод приєднаного сонячного простору характеризується наявністю з південного фасаду будинку прибудови – солярію (оранжереї) із суцільним склінням, що виконує роль акумулятора сонячного тепла, передачу якого в інші приміщення регулюють відкриттям дверей. Будівля може мати довільну орієнтацію при використанні інтер'єру із зимовим садом і верхнього освітлення. Метод досить теплоефективний. У результаті "парникового ефекту" температура за склінням різко підвищується. Надмірне тепло поглинається масою підлоги, стін, каміна – пасивних акумуляторів, які в нічний час віддають накопичене тепло в приміщення.

Активні енергосистеми.

Активні системи, що використовують енергію Сонця, називаються енергоактивними або геліоконструкціями і суміщаються із зовнішніми огороженнями будівель. В активних сонячних опалювальних системах теплоносій перекачується насосом. Типи елементів активних систем наведено далі.

1.3 Відомості про сонячні колектори

Типовий сонячний колектор накопичує сонячну енергію в установлених на даху будівлі модулях трубок і металевих пластин, пофарбованих у чорний колір для максимального поглинання радіації.

Вони укладені у скляний або пластмасовий корпус і нахилені на південь, щоб вловлювати максимум сонячного світла. Таким чином, колектор є мініатюрною теплицею, що накопичує тепло під скляною панеллю. Оскільки сонячна радіація розподілена по поверхні, колектор повинен мати велику площу.

Існують сонячні колектори різних розмірів і конструкцій залежно від їхнього застосування. Вони можуть забезпечувати господарство гарячою водою для прання, миття і приготування їжі або використовуватися для попереднього нагріву води для існуючих водонагрівачів.

Кількість енергії, яку може забезпечити сонячний обігрівач, залежить від величини сонячної радіації і від ефективності системи. Кількість сонячної радіації дуже різниться у різних регіонах світу, будучи при цьому найважливішим показником для роботи сонячної системи. Ефективність сонячної установки загалом залежить від ефективності колектора і від втрат в системі циркуляції гарячої води. Серед різних параметрів колекторів головною є ефективність.

Ефективність – це співвідношення між кількістю виробленої енергії та сонячної енергії, що потрапляє на колектор. Цей показник різний для різних типів колекторів і залежить від інтенсивності сонячної радіації, від теплових і оптичних втрат: чим більші втрати, тим нижча ефективність. Теплові втрати мінімальні, якщо температура води, використовуваної в установці, дорівнює температурі навколишнього повітря.

Однак при забезпеченні гарячою водою домашнього господарства, коли температура води на 40 °С вища за температуру повітря, ККД колекторів становить, зазвичай, менше 20%. У таких випадках найбільш доцільним є застосування плоских колекторів із селективним покриттям і вакуумованих трубчастих колекторів, найбільш пристосованих для цієї мети. Для нагрівання води до ще більш високої температури (наприклад, для опалення приміщень) найкраще підходять вакуумовані колектори, але вони ж є і найбільш дорогими.

Низький ККД вакуумованого колектора в низькотемпературних регіонах пояснюється високими оптичними втратами на вигнутій поверхні скла.

З урахуванням того, що різні види колекторів різко відрізняються за ціною, стає очевидним, що вирішальним критерієм під час вибору колектора є мета його застосування. [3]

Розрізняють такі типи сонячних колекторів:

1. Плоскі колектори.
2. Трубчасті колектори.
3. Сонячні концентратори (параболічні концентратори, концентратори тарілкового типу, сонячні електростанції баштового типу, сонячні ставки).

1.4 Принцип дії основних видів сонячних колекторів

Плоский колектор – найпоширеніший вид сонячних колекторів, що використовується в побутових водонагрівальних й опалювальних системах. Цей колектор є теплоізолюваною зашкленою панеллю, у яку поміщена пластина поглинача. Пластина поглинача виготовлена з металу, що добре проводить тепло (наприклад, міді або алюмінію). Найчастіше використовують мідь, оскільки вона краще проводить тепло і менше схильна до корозії, ніж алюміній. Пластина поглинача оброблена спеціальним високоселективним покриттям, яке краще утримує поглинене сонячне світло. Це покриття складається з дуже міцного тонкого шару аморфного напівпровідника, нанесеного на металеву основу, і відрізняється високим поглинанням у видимій області спектра і низьким коефіцієнтом випромінювання в довгохвильовій інфрачервоній області. Завдяки склінню (у плоских колекторах, зазвичай, використовується матове, що пропускає тільки світло; скло з низьким вмістом заліза) знижуються втрати тепла. Дно і бічні стінки колектора покривають теплоізоляційним матеріалом, що ще більше скорочує теплові втрати.

Конструкція плоского колектора наведена на рисунку 1.3.

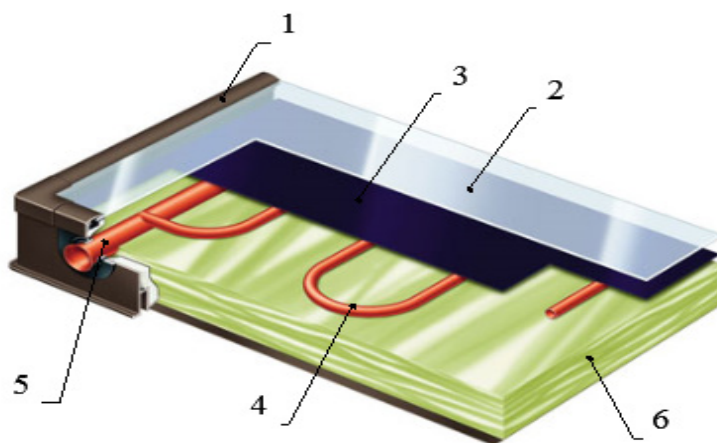


Рисунок 1.3 – Конструкція плоского колектора:

1 – корпус; 2 – матове скло; 3 – пластина поглинача;
4 – теплообмінник; 5 – водонагрівач; 6 – теплоізоляційний матеріал

Принцип дії плоского сонячного колектора

Сонячне світло проходить через скло і потрапляє на поглинаючу пластину, яка нагрівається, перетворюючи сонячну радіацію в теплову енергію. Це тепло передається теплоносію: воді або антифризу, циркулюючому через сонячний колектор. Теплоносій нагрівається і віддає потім теплову енергію через теплообмінник воді в посудину водонагрівача. У ньому гаряча вода знаходиться до моменту її використання. Також в посудині водонагрівача можна встановити електричну вставку, щоб у разі зниження температури нижче встановленої (наприклад, через тривалу похмуру погоду) вона догріває воду до заданої температури.

Прямоточний вакуумований трубчастий сонячний колектор

У кожну вакуумовану трубку вбудовано мідний поглинач з геліотитановим покриттям, що гарантує високий рівень поглинання сонячної енергії й малу емісію теплового випромінювання. Вакуумований простір дозволяє практично повністю усунути втрати тепла. На поглиначі встановлено коаксіальний трубчастий прямоточний теплообмінник, що виходить у колектор. Теплоносій, що через нього протікає, забирає тепло від поглинача. Перевагою цієї системи є безпосередня передача тепла воді, що дозволяє скоротити тепловтрати. Оскільки повний коефіцієнт втрат у вакуумному колекторі малий, теплоносій у ньому можна нагріти до температури 120–160 °С. Конструкція прямоточного трубчастого колектора наведена на рисунку 1.4.

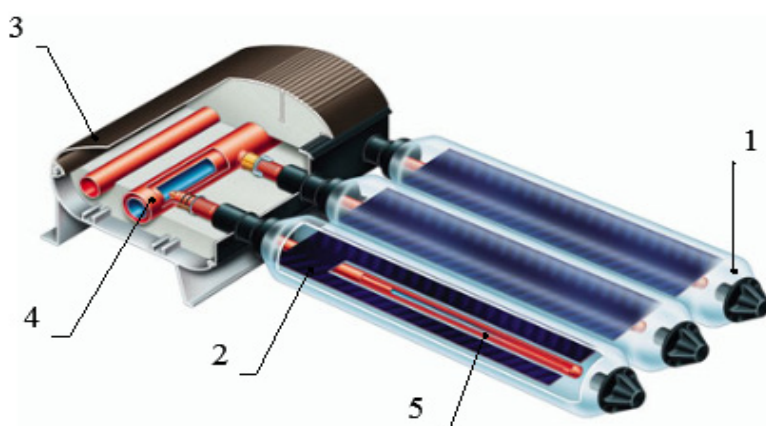


Рисунок 1.4 – Конструкція прямоточного трубчастого сонячного колектора:

- 1 – вакуумна трубка; 2 – пластина поглинача; 3 – корпус; 4 – колектор;
5 – коаксіальний трубчастий теплообмінник

Принцип дії прямоточного вакуумованого 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 прямоточному теплообміннику. Кожна трубка теплообмінника сполучена з накопичувальним баком – "колектором" (системою з 2-х мідних труб). Однією з них нагріта вода передається в бак-накопичувач, іншою – холодна вода з бака-накопичувача надходить на нагрів у вакуумовану трубку.

Вакуумований трубчастий сонячний колектор з тепловою трубкою

Конструкція вакуумованого трубчастого колектора з тепловою трубкою схожа на конструкцію термоса (рисунок 1.5): одна скляна або металева трубка вставлена в іншу – більшого діаметра. Між ними – вакуум, який є відмінною теплоізоляцією. Завдяки вакууму втрати на випромінювання, особливо помітні при підвищених температурах води, що

нагрівається, дуже низькі. У кожен вакуумовану трубку вбудована мідна пластина поглинач з геліотитановим покриттям, що гарантує високий рівень поглинання сонячної енергії і малу емісію теплового випромінювання. Під поглиначем установлена тепла труба (рисунок 1.6), заповнена рідиною, що випаровується. За допомогою гнучкого сполучного елемента тепла труба приєднана до конденсатора, що знаходиться в теплообміннику типу "труба в трубі". З'єднання належить до "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 $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ (колектори зі скляними тепловими трубками) або навіть до $-45\text{ }^{\circ}\text{C}$ (колектори з металевими тепловими трубками).

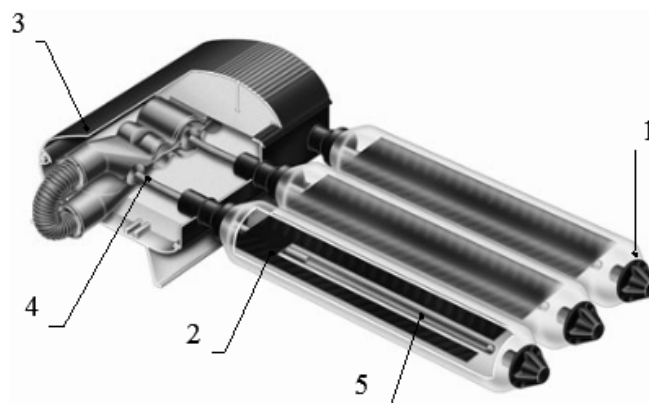


Рисунок 1.5 – Конструкція вакуумованого трубчастого сонячного колектора з тепловою трубкою:

1 – вакуумна трубка; 2 – пластина поглинач; 3 – корпус;
4 – "гільза" приймача; 5 – тепла труба

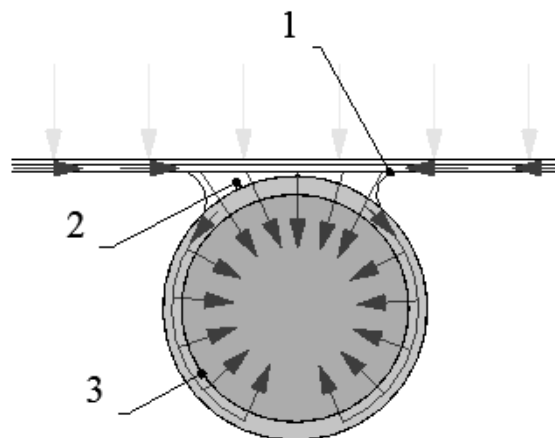


Рисунок 1.6 – Конструкція теплової трубки:

1 – мідна стрічка з високоселективним покриттям;
2 – олов'яний припій; 3 – тепловідвідна мідна трубка

Принцип дії вакуумованого сонячного колектора з тепловою трубкою

Це більш складний і дорожчий тип колектора. Під впливом тепла рідина випаровується і забирає тепло вакуумної трубки. Пари піднімаються у верхню частину, де конденсуються і передають тепло теплоносія 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 відокремлений 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.

За температурою теплоносія колектори поділяються на:

- Низькотемпературні колектори, що виробляють низькопотенційне тепло, нижче 50 °С. Використовуються вони для підігріву води в басейнах і в інших випадках, коли потрібна не дуже гаряча вода.
- Середньотемпературні колектори виробляють високо- і середньопотенційне тепло (вище 50 °С, найчастіше 60–80 °С). Зазвичай, це заклені плоскі колектори, у яких теплопередача відбувається за допомогою рідини, або колектори-концентратори, у яких тепло концентрується. Прикладом є колектор вакуумований трубчастий, який часто використовується для нагрівання води в житловому секторі.
- Високотемпературні колектори є параболічними тарілками і використовуються, загалом, електрогенерувальними підприємствами для виробництва електрики для електромереж.

1.5 Типи систем сонячного теплопостачання

Системи сонячного теплопостачання можуть бути одноконтурні й двоконтурні. Одноконтурні використовуються сезонно або в місцевостях, де немає від'ємних температур протягом усього року. Вода в них має бути нежорсткою і чистою. Двоконтурні – для цілорічного використання, а також у місцевостях з жорсткою і/або забрудненою механічними домішками водою. Кожна із систем може мати природну і примусову циркуляцію теплоносія. Тому система теплопостачання може бути:

- з пасивною циркуляцією;
- з примусовою циркуляцією.

При природній циркуляції теплоносія в системі (термосифонна система) гарячий теплоносій піднімається вгору, тому бак-накопичувач має розташовуватися вище колектора. Якщо таке розташування неможливе або недоцільне, то застосовується система з активною циркуляцією теплоносія.

Найбільш дешевою є одноконтурна система термосифонного типу.

Найбільш дорогою – двоконтурна система з активною циркуляцією і одним або двома теплообмінниками.

*Одноконтурні системи сонячного гарячого водопостачання
з пасивною циркуляцією теплоносія*

Така система складається з колектора, бак-акумулятора і сполучних трубопроводів системи, заповнених холодною водою (рисунок 1.7).

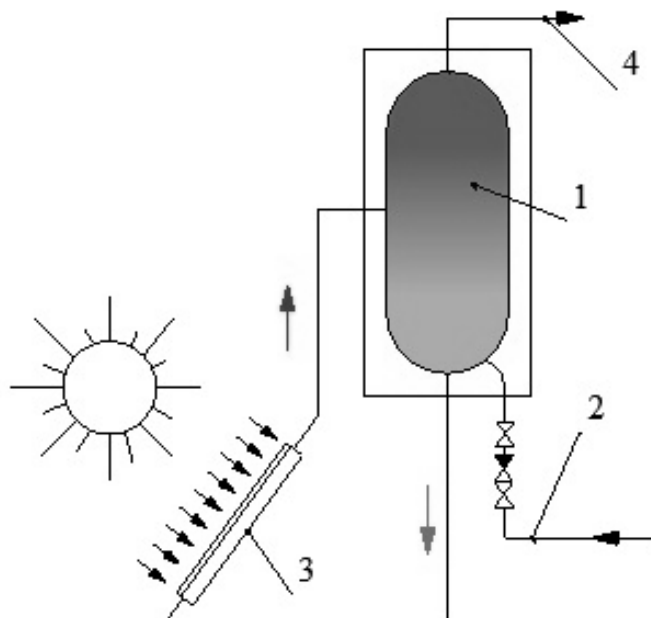


Рисунок 1.7 – Конструктивна схема одноконтурної системи сонячного гарячого водопостачання з пасивною циркуляцією теплоносія:

- 1 – бак-акумулятор (бойлер);
- 2 – холодна вода з водопроводу;
- 3 – сонячний колектор;
- 4 – нагріта вода

Сонячне випромінювання, проходячи через прозоре покриття (скління) колектора, нагріває його поглинальну панель і воду в її каналах. При нагріванні густина води зменшується і нагріта рідина починає переміщуватися у верхню точку колектора і далі по трубопроводу – в бак-акумулятор. У баці нагріта вода переміщується у верхню точку, а більш холодна вода розміщується в нижній частині бака, тобто спостерігається розшарування води залежно від температури. Більш холодна вода з нижньої частини бака по трубопроводу надходить у нижню частину колектора.

Таким чином, за наявності достатньої сонячної радіації, в колекторному контурі встановлюється постійна циркуляція, швидкість та інтенсивність якої залежать від щільності потоку сонячного випромінювання. Поступово, протягом світлового дня, відбувається повний прогрів усього бака, при цьому відбір води для використання має проводитися з найбільш гарячих шарів води, що розташовуються у верхній частині бака. Зазвичай, це робиться подачею холодної води в бак знизу під тиском.

Особливістю систем є те, що у разі термосифонної системи нижня точка бака-акумулятора має розташовуватися вище верхньої точки колектора і не далі 3–4 м від колекторів, а при насосній циркуляції теплоносія розташування бака-акумулятора може бути довільним.

Двоконтурні системи з пасивною циркуляцією теплоносія

Робота такої системи аналогічна роботі одноконтурної системи, але в системі є окремий замкнутий колекторний контур, що складається з колекторів (3), трубопроводів (6) і теплообмінника в баці-акумуляторі (1). Цей контур наповнюється спеціальною (як правило, незамерзаючою) рідиною.

Схема роботи двоконтурної системи наведена на рисунку 1.8.

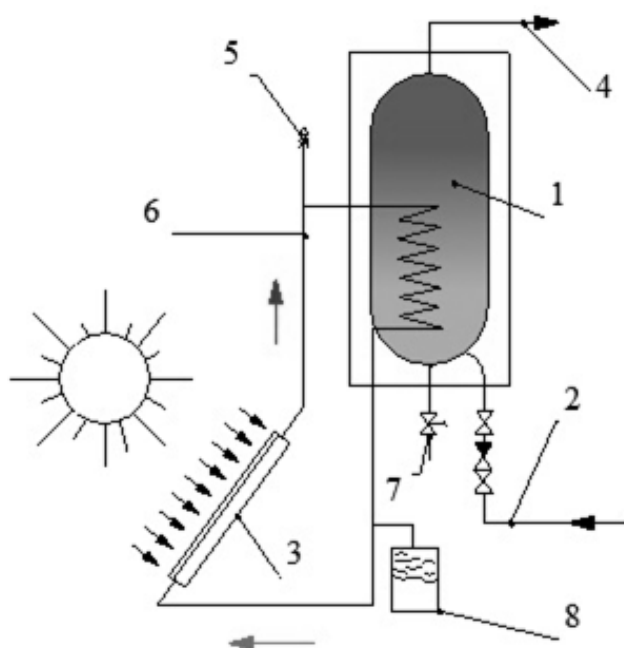


Рисунок 1.8 – Конструктивна схема двоконтурної системи сонячного гарячого водопостачання з пасивною циркуляцією теплоносія:

- 1 – бак-акумулятор (бойлер); 2 – холодна вода з водопроводу;
- 3 – сонячний колектор; 4 – нагріта вода; 5 – повітряний клапан;
- 6 – циркуляційний трубопровід; 7 – злив; 8 – бак розширений мембранний

При нагріванні теплоносія в колекторі (3) він надходить у верхню частину теплообмінника, віддає тепло воді в баці (1) і, охолоджуючись, рухається вниз до входу в колектори, здійснюючи постійну циркуляцію за наявності сонячної радіації. Повний прогрів бака відбувається поступово, протягом усього світлового дня, але оскільки відбір води до споживача ведеться з найбільш прогрітих верхніх шарів, користування гарячою водою можливе і до повного прогріву.

Двоконтурні системи з примусовою циркуляцією теплоносія

У системах з примусовою циркуляцією в колекторний контур включається циркуляційний насос (3), що дає можливість установлювати бак-акумулятор (2) у будь-якій частині будівлі (рисунок 1.9). Напрямок руху теплоносія має збігатися з напрямом природної циркуляції в колекторах (1). Включення і виключення насоса проводиться електронним блоком керування (4), що є диференціальним керувальним реле. Насос включається, якщо температура в колекторах вища за температуру води в баці. Можливий варіант влаштування блоків, що дозволяють змінювати швидкість обертання і подачу насоса, підтримуючи постійну різницю температур між колекторами і баком.

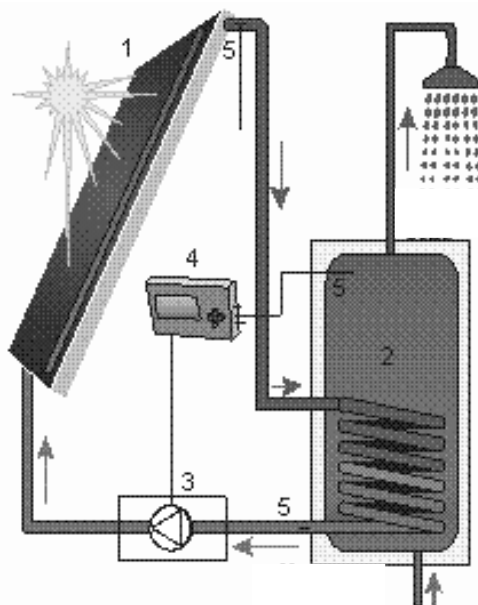


Рисунок 1.9 – Схема двоконтурної системи сонячного гарячого водопостачання:

1 – колектор; 2 – бак-акумулятор; 3 – циркуляційний насос;
4 – контролер; 5 – датчики температури

Можливий варіант влаштування блоків, що дозволяють змінювати швидкість обертання й подачу насоса, підтримуючи постійну різницю температур між колекторами і баком.

1.6 Сонячні теплові електростанції

1.6.1 Сонячні концентратори

Повна кількість сонячної енергії, що надходить на поверхню Землі за тиждень, перевищує енергію всіх світових запасів нафти, газу, вугілля та урану. Сонячне тепло можна зберігати різними способами. Сучасні технології охоплюють концентратори тарілкового типу, сонячні параболічні дзеркала і геліоенергетичні установки баштового типу. Їх

можна комбінувати з установками, що спалюють викопне паливо, а в деяких випадках адаптувати для акумуляції тепла. Основна перевага такої гібридизації та теплоакумуляції – це можливість забезпечення диспетчеризації виробництва електрики (тобто вироблення електроенергії може проводитися в періоди, коли в ній є необхідність). Гібридизація і акумулювання тепла можуть підвищити економічну цінність виробленої електрики і знизити її середню вартість.

За способом виробництва тепла сонячні теплові електростанції поділяють на:

1. Сонячні концентратори (параболічні, тарілкового типу, баштові).
2. Сонячні ставки.
3. Фотоелектричні перетворювачі сонячного світла.

До елементів сонячних електростанцій належать:

- концентратор;
- геліоприймач;
- теплоносій (рідина у приймачі);
- акумулювальна система (обладнання, у якому збирається тепло);
- система передачі енергії.

Сонячні параболічні концентратори

У цих установках використовуються параболічні дзеркала (лотки), які концентрують сонячне світло на приймальних трубках, що містять рідину – теплоносій. Ця рідина нагрівається майже до 400 °С і перекачується через ряд теплообмінників; при цьому виробляється перегрітий пар, що приводить у рух звичайний турбогенератор для виробництва електрики. Для зниження теплових втрат приймальна трубка може розміщуватись в прозорій скляній трубці, розміщеній уздовж фокусної лінії циліндра. Як правило, такі установки містять у собі одноосні або двоосні системи стеження за Сонцем. У виняткових випадках вони є стаціонарними [4].

Схема установки сонячного параболічного концентратора наведена на рисунку 1.10.

Побудовані у 80-х роках в південно-каліфорнійській пустелі фірмою "Luz International" дев'ять таких систем утворюють найбільше на сьогоднішній день підприємство з виробництва сонячної теплової електрики. Ці електростанції постачають електрику в комунальну електромережу Південної Каліфорнії. Ще в 1984 р. "Luz International" установила в Деггетте (Південна Каліфорнія) сонячну електрогенерувальну систему "Solar Electric Generating System I" (або SEGS I) потужністю 13,8 МВт. У приймальних трубках рідина нагрівалася до температури 343 °С і вироблялася пара для виробництва електрики. Конструкція "SEGS I" передбачала шестигодинне акумулювання тепла. У ній застосовувалися печі на природному газі, які використовувалися за відсутності сонячної радіації. Ця ж компанія побудувала аналогічні електростанції "SEGS II - VII" потужністю по 30 МВт.

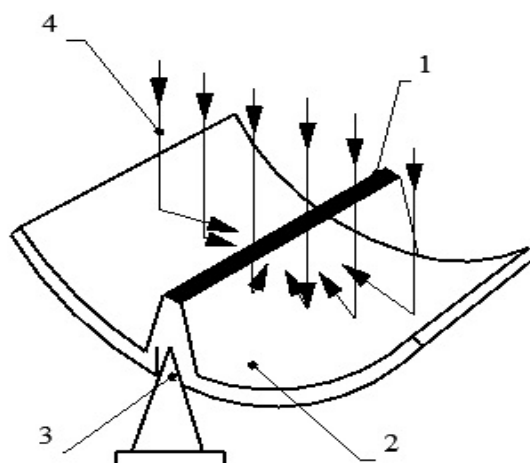


Рисунок 1.10 – Схема сонячного параболічного концентратора:
 1 – приймач; 2 – концентратор; 3 – обладнання з поворотним механізмом;
 4 – сонячні промені

Оцінки технології показують її вищу вартість, ніж у сонячних електростанцій баштового і тарілчастого типу, загалом, через більш низьку концентрацію сонячного випромінювання, а значить, більш низькі температури і відповідно ефективності. Однак за умови накопичення досвіду експлуатації, поліпшення технології та зниження експлуатаційних витрат параболічні концентратори можуть бути дешевшою і найнадійнішою технологією найближчого майбутнього.

Сонячні установки тарілкового типу

Цей вид геліоустановок є рядом параболічних тарілкових дзеркал (схожих формою з супутниковою тарілкою), які фокусують сонячну енергію на приймачі, розташованому в фокусній точці кожної тарілки. Рідина в приймачі нагрівається до 1000 градусів і безпосередньо застосовується для виробництва електрики в невеликому двигуні й генераторі, з'єднаному з приймачем.

Схема сонячної установки тарілкового типу наведена на рисунку 1.11.

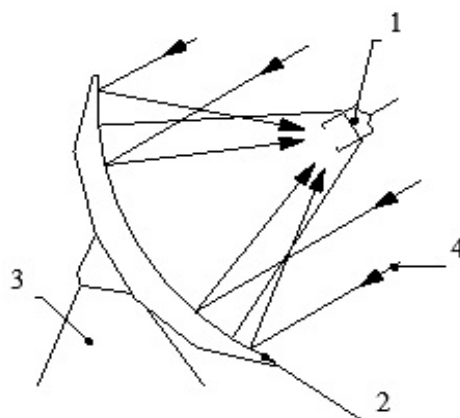


Рисунок 1.11 – Схема установки тарілкового типу:
 1 – приймач; 2 – відбивальний концентратор; 3 – обладнання з поворотним механізмом; 4 – сонячні промені

Кілька дослідних систем потужністю від 7 до 25 кВт працюють в США. Висока оптична ефективність і малі початкові витрати роблять системи дзеркал/двигунів найбільш ефективними з усіх геліотехнологій. Системі з двигуна Стірлінга і параболічного дзеркала належить світовий рекорд з ефективності перетворення сонячної енергії на електрику. У 1984 р. на Ранчо Міраж в штаті Каліфорнія вдалося домогтися практичного ККД 29%.

Додатково до цього, завдяки модульному проектуванню, такі системи є оптимальним варіантом для задоволення потреби в електроенергії як для автономних споживачів (у кіловатному діапазоні), так і для гібридних (у мегаватному), з'єднаних з електромережами комунальних підприємств.

Ця технологія успішно реалізована в багатьох проектах. Один з них – проект STEP (Solar Total Energy Project) в американському штаті Джорджія. Це велика система параболічних дзеркал, що працювала в 1982–1989 рр. в Шенандоа. Вона складалася з 114 дзеркал, кожне з яких 7 м у діаметрі. Система виробляла пару високого тиску для вироблення електрики, пару середнього тиску для трикотажного виробництва, а також пару низького тиску для системи кондиціонування повітря на тій же трикотажній фабриці.

Спільним використанням параболічних дзеркал і двигунів Стірлінга зацікавилися й інші компанії. Так, фірми "Stirling Technology", "Stirling Thermal Motors" і "Detroit Diesel" спільно з корпорацією "Science Applications International Corporation" створили спільне підприємство з капіталом в 36 млн доларів з метою розробки 25-кіловатної системи на базі двигуна Стірлінга.

Сонячні електростанції баштового типу з центральним приймачем

У цих системах використовується обертове поле відбивачів-геліостатів. Вони фокусують сонячне світло на центральний приймач, споруджений на даху башти, що поглинає теплову енергію і приводить в дію турбогенератор. Керована комп'ютером двохосновна система стеження встановлює геліостати так, щоб відбиті сонячні промені були нерухомі й завжди падали на приймач. Циркулююча в приймальнику рідина переносить тепло до теплового акумулятора у вигляді пари. Пара обертає турбіну для вироблення електроенергії або безпосередньо використовується в промислових процесах. Температури на приймачі досягають від 538 до 1482 °С.

Схема роботи баштової електростанції наведена на рисунку 1.12.

Перша баштова електростанція під назвою "Solar One" поблизу Барстоу (Південна Каліфорнія) з успіхом продемонструвала застосування цієї технології для виробництва електроенергії. Підприємство працювало всередині 1980-х. На ньому використовувалася водно-парова система потужністю 10 МВт. У 1992 р. консорціум енергетичних компаній США

прийняв рішення модернізувати "Solar One" для демонстрації приймача на розплавлених солях і теплоакумулювальній системі. Завдяки акумуляції тепла баштові електростанції стали унікальною геліотехнологією, що дозволяє диспетчеризацію електроенергії при коефіцієнті навантаження до 65%. У такій системі розплавлена сіль закачується з "холодного" бака при температурі 288 °С і проходить через приймач, де нагрівається до 565 °С, а потім повертається в "гарячий" бак. Тепер гарячу сіль, за потреби, можна використовувати для вироблення електрики. У сучасних моделях таких установок тепло зберігається протягом 3–13 год.

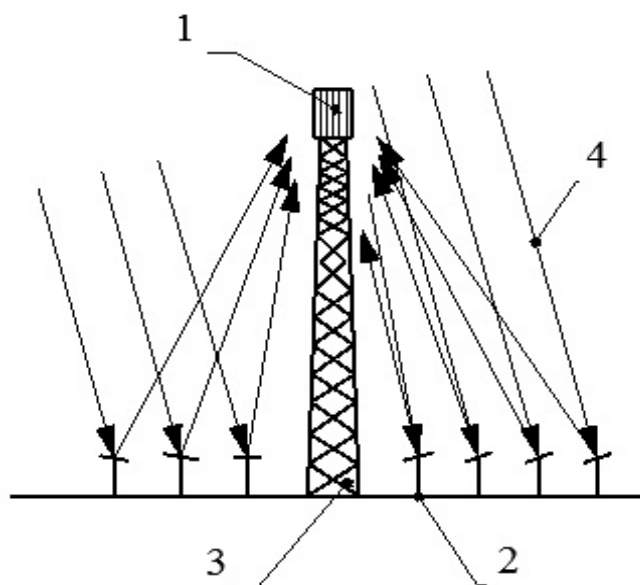


Рисунок 1.12 – Схема сонячної електростанції баштового типу з центральним приймачем:

1 – приймач; 2 – геліостати; 3 – башта; 4 – сонячні промені

"Solar Two" – баштова електростанція потужністю 10 МВт в Каліфорнії – це прототип великих промислових електростанцій. Вона вперше дала електрику в квітні 1996 р., що стало початком трирічного періоду випробувань, оцінювання та дослідного вироблення електроенергії для демонстрації технології розплавлених солей. Сонячне тепло зберігається в розплавленій солі при температурі 550 °С, завдяки чому станція може виробляти електрику вдень і вночі, у будь-яку погоду. Успішне завершення проекту "Solar Two" має сприяти будівництву таких башт на промисловій основі в межах потужності від 30 до 200 МВт.

Порівняння технічних характеристик сонячних станцій наведено в таблицях 1.2 і 1.3.

Таблиця 1.2 – Порівняльна характеристики сонячних теплових електростанцій

	Параболічний концентратор	"Тарілка"	Електростанція баштового типу
Потужність	30–320 МВт	5–25 МВт	10–200 МВт
Робоча температура (С/Ф)	390/734	750/1382	565/1049
Коефіцієнт готовності	23–50 %	25 %	20–77 %
Піковий ККД	20%(d)	29,4%(d)	23%(p)
Практичний річний ККД	11(d)–16%	12–25%(p)	7(d)–20%
Промислове використання	Прототип, пропорційний промисловій установці	У стадії демонстрації	Існуючі демонстративні проекти
Ризик, пов'язаний з розвитком технології	Низький	Високий	Середній
Акумуляування тепла	Обмежено	Акумулятор	Так
Гібридні системи	Так	Так	Так
Вартість, долар/Вт	2,7–4,0	1,3–12,6	2,5–4,4

Примітка. (p) = прогноз; (d) = факт.

Таблиця 1.3 – Порівняння основних сонячних технологій

	Параболічний концентратор	"Тарілка"	Електростанція баштового типу
Де використовується	Сполучені з мережею електростанції; технічне тепло для промислових процесів	Невеликі автономні енергоустановки; підтримка мережі	Сполучені з мережею електростанції; технічне тепло для промислових процесів
Переваги	Диспетчеризація пікового навантаження; накопичено 4500 ГВт*год досвіду роботи на комерційному ринку; гібридна система (сонячна енергія / вичопне паливо)	Диспетчеризація навантаження, високий коефіцієнт перетворення; модульність; гібридна система (сонячна енергія / вичопне паливо)	Диспетчеризація базового навантаження; високий коефіцієнт перетворення; акумуляування тепла; гібридна система (сонячна енергія / вичопне паливо)

1.6.2 Сонячні ставки

Ні фокусувальні дзеркала, ні сонячні фотоелементи не можуть виробляти енергію в нічний час. З цією метою сонячну енергію, накопичену вдень, потрібно зберігати в теплоакумулювальних баках. Цей процес природним чином відбувається в сонячних ставках.

Схема сонячного ставка показана на рисунку 1.13.

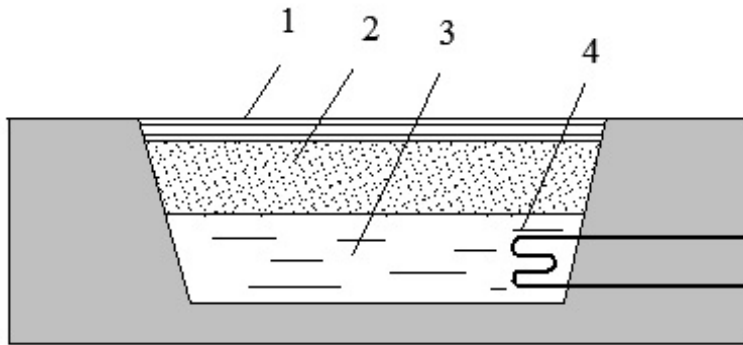


Рисунок 1.13 – Схема сонячного ставка:

- 1 – прісна вода; 2 – ізолюючий шар із середньою концентрацією солі;
3 – шар розчину гарячий знизу; 4 – теплообмінник

Сонячні ставки мають високу концентрацію солі в придонних шарах води (3), неконвективний середній шар води (2), у якому концентрація солі зростає з глибиною і конвекційний шар з низькою концентрацією солі – на поверхні (1). Сонячне світло падає на поверхню ставка, і тепло утримується в нижніх шарах води завдяки високій концентрації солі. Вода високої солоності, нагріта поглиненою дном ставка сонячною енергією, не може піднятися через свою високу густину. Вона залишається на дні ставка, поступово нагріваючись, доки майже не закипає (3), тоді як верхні шари води залишаються відносно холодними. Гарячий придонний "розсіл" використовується вдень або вночі як джерело тепла, завдяки якому особлива турбіна з органічним теплоносієм може виробляти електрику. Середній шар сонячного ставка виступає як теплоізоляція (2), перешкоджаючи конвекції і втратам тепла з дна на поверхню. Різниця температур на дні й на поверхні води ставка достатня для того, щоб привести в дію генератор. Теплоносій (4), пропущений по трубах через нижній шар води, подається далі в замкнуту систему Ренкіна, у якій обертається турбіна для виробництва електрики.

Зазвичай, глибина ставка становить 1–3 м. На 1 м² площі ставка витрачається 500–1000 кг кухонної солі, її можна замінити хлоридом магнію.

Цей тип електростанції випробуваний в Бейт Ха'Арава (Ізраїль), біля Мертвого моря. Ізраїль є світовим лідером у галузі використання солоних сонячних ставок. Компанія "Ormat Systems Inc" установила кілька таких систем в акваторії Мертвого моря.

Найбільша з них має потужність 5 МВт. Ставок площею 20 га перетворює сонячне світло на електрику при ККД близько 1%. Нижні шари води в ставку мають дуже високу густину. Хоча сонячний ставок успішно працював протягом декількох років, у 1989 р. його довелося закрити з економічних міркувань. Найбільшим у США є сонячний ставок площею 0,3 га в Ель Пасо (штат Техас). Він пропрацював без зупинки з моменту свого відкриття з 1986 р. та приводив в дію 70-кіловатний турбогенератор Ренкіна і опріснювальну установку об'ємом 20 000 л у день, а також постачає технічне тепло на сусідній харчовий комбінат. Температура води в ставку може досягати й утримуватися на рівні вище 90 °С у теплоакумулявальній зоні. Під час пікової потужності ця установка здатна виробляти понад 100 кВт електроенергії на годину, а обсяг опрісненої питної води становить більше 350 000 літрів на добу. За п'ять років роботи установка виробила понад 50 000 кВт·рік електроенергії. Штучний солоний сонячний ставок споруджений в Майамісбурзі (штат Огайо, США) використовується для обігріву міського плавального басейну та будинку відпочинку.

1.6.3 Фотоелектричні перетворювачі сонячного тепла

Енергія сонячної радіації може бути перетворена на постійний електричний струм за допомогою сонячних батарей-пристроїв, що складаються з тонких плівок кремнію або інших напівпровідникових матеріалів. Перевага фотоелектричних перетворювачів (ФЕП) зумовлена відсутністю рухомих частин, їхньою високою надійністю і стабільністю. При цьому термін їхньої служби практично не обмежений. Вони мають малу масу, відрізняються простотою обслуговування, ефективним використанням як прямої, так і розсіяної сонячної радіації. Модульний тип конструкцій дозволяє створювати установки практично будь-якої потужності й робить їх досить перспективними. Недоліком ФЕП є висока вартість і низький ККД (практично 10–12%).

Фотоелектричний ефект виникає в сонячному елементі при його освітленні світлом у видимій і ближній інфрачервоній областях спектра. У сонячному елементі з напівпровідникового кремнію товщиною 50 мкм поглинаються фотони, і їхня енергія перетворюється на електричну за допомогою р-п з'єднання.

Перехід на установки гетероз'єданого типу арсеніду галію і алюмінію, застосування концентраторів сонячної радіації з кратністю концентрації 50–100 дозволяє підвищити ККД з 20 до 35%. У 1989 р. фірмою "Боїнг" створений двошаровий елемент, що складається з двох напівпровідників – арсеніду і антимоніду галію – з коефіцієнтом перетворення сонячної енергії на електричну, що дорівнює 37%. У звичайних кремнієвих елементах інфрачервоне випромінювання не використовується, тоді як у новому елементі в першому прозорому шарі (арсенід галію) поглинається і перетворюється на електрику видиме світло, а інфрачервона частина

спектра, що проходить через цей шар, поглинається і перетворюється на електрику в другому шарі (антимонід галію), у результаті ККД становить $28\% + 9\% = 37\%$, що цілком зіставно з ККД сучасних теплових і атомних електростанцій.

1.7 Контрольні питання

1. Класифікація систем використання сонячної енергії.
2. Дайте характеристику пасивним енергосистемам.
3. Охарактеризуйте активні енергосистеми.
4. Основні методи пасивного сонячного опалення.
5. Основні типи сонячних колекторів.
6. Опишіть конструкцію та принцип роботи плоского колектора.
7. Укажіть основні елементи прямого трубчастого сонячного колектора та опишіть принцип його дії.
8. Конструктивні особливості трубчастого сонячного колектора з тепловою трубкою та принцип його роботи.
9. Наведіть класифікацію сонячних колекторів за температурою теплоносія.
10. Особливості систем сонячного теплопостачання.
11. Охарактеризуйте системи сонячного гарячого водопостачання з пасивною циркуляцією теплоносія.
12. Які особливості роботи двоконтурних систем з пасивною циркуляцією теплоносія?
13. Опишіть принцип роботи двоконтурної системи з примусовою циркуляцією теплоносія.
14. Наведіть класифікацію сонячних електростанцій за способом виробництва тепла.
15. Укажіть основні елементи сонячних електростанцій.
16. Опишіть особливості схеми установки сонячного параболічного концентратора та принцип його роботи.
17. Які конструктивні особливості та принцип роботи сонячних установок тарілкового типу?
18. Опишіть принцип роботи електростанції баштового типу.
19. Наведіть схему сонячного ставка та особливості його використання.
20. У чому полягає особливість перетворення сонячного тепла фотоелектричними перетворювачами?

РОЗДІЛ 2 ВИКОРИСТАННЯ ВІТРОВОЇ ЕНЕРГІЇ

2.1 Типи вітро двигунів

Вітрова електростанція (ВЕС) – це сукупність декількох вітроустановок, зібраних в одному місці. Така електростанція може містити 100 і більше вітрових генераторів. Цей тип електростанцій за допомогою вітряної турбіни перетворює механічну енергію вітру на електричну. Вітрові електростанції встановлюються на різних обладнаннях, що перетворюють енергію вітру на механічну роботу – найчастіше для цього використовуються лопатеві машини з горизонтальним валом, установленим за напрямом вітру. Значно рідше використовуються установки з вертикальним валом, оскільки вони хоч і не потребують влаштування за вітром, мають більш низький ККД і потребують зовнішнього джерела для запуску. Сучасні вітрові електростанції з горизонтальною віссю і високим коефіцієнтом швидкості мають ККД 46–48%, наближаючись за цим показником до традиційних теплових станцій.

На сьогодні застосовується кілька варіантів механізмів, здатних перетворювати вітер на електроенергію. Основним їхнім елементом є вітряне колесо. За принципом роботи і схемою будови колеса, що використовується на вітрових електростанціях, вони поділяються на три типи: пропелерні, карусельні або роторні та барабанні [5].

Карусельні й барабанні вітроустановки мають вертикально встановлений вал, який обертається під дією вітру на лопаті, розміщені з одного боку осі, тоді як інші закриваються ширмою або повертаються ребром до вітру. Вітрова електростанція, обладнана такими механізмами, досить громіздка і менш ефективна порівняно з пропелерною. Тому сучасна вітроенергетика використовує, загалом, більш досконалий і менш витратний пропелерний тип вітро двигунів, який, до того ж, має більш високий коефіцієнт використання енергії вітру.

Незважаючи на явні переваги, навіть найдосконаліша вітрова електростанція має деякі недоліки. Насамперед, вітер майже завжди дме нерівномірно, створюючи то більшу, то меншу потужність, через що вироблений струм має непостійну потужність, причому періодично його подача і зовсім може припинитися. У результаті будь-яка вітрова електростанція працює на повну потужність лише певний час. Для компенсації подачі струму вітроустановки обладнують акумуляторами, але це не надто ефективно і досить дорого.

Основні типи вітро двигунів.

Вітрові агрегати поділяються на дві групи:

- вітро двигуни з горизонтальною віссю;
- вітро двигуни з вертикальною віссю.

Типи вітрових агрегатів наведені на рисунку 2.1.

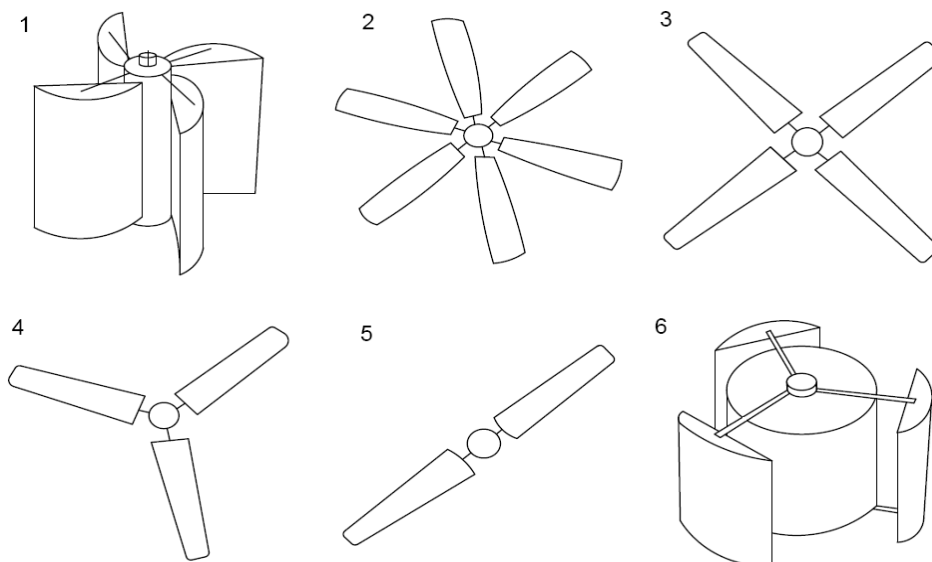


Рисунок 2.1 – Типи вітродвигунів:

2–5 – вітродвигуни з горизонтальною віссю обертання (крильчасті);
 1, 6 – вітродвигуни з вертикальною віссю обертання
 (карусельні: лопатеві (1) і ортогональні (6))

Типи крильчастих вітродвигунів відрізняються лише кількістю лопатей.

Крильчасті.

Для крильчастих вітродвигунів, найбільша ефективність яких досягається при дії потоку повітря перпендикулярно до площини обертання лопатей – крил, необхідним є влаштування автоматичного повороту осі обертання. З цією метою застосовують крило-стабілізатор.

Перевагою карусельних вітродвигунів є те, що вони можуть працювати при будь-якому напрямі вітру, не змінюючи свого положення.

Коефіцієнт використання енергії вітру в крильчастих вітродвигунів набагато вищий, ніж у карусельних.

У карусельних – набагато більший момент обертання.

Він максимальний для карусельних лопатевих агрегатів при нульовій відносній швидкості вітру.

Поширення крильчастих вітрових агрегатів пояснюється величиною швидкості їхнього обертання.

Вони можуть безпосередньо з'єднуватися з генератором електричного струму без мультиплікатора.

Швидкість обертання крильчастих вітродвигунів обернено пропорційна кількості крил, тому агрегати з кількістю лопатей більше трьох практично не використовуються.

Карусельні

Різниця в аеродинаміці дає карусельним установкам перевагу, порівняно з традиційними вітряками.

При збільшенні швидкості вітру вони швидко нарощують силу тяги, після чого швидкість обертання стабілізується.

Карусельні вітродвигуни – тихохідні, і це дозволяє використовувати прості електричні схеми, наприклад, з асинхронним генератором, без ризику аварії при випадковому пориві вітру.

Тихохідність висуває одну обмежувальну вимогу – використання багатополюсного генератора, працюючого на малих обертах.

Такі генератори не мають широкого розповсюдження, а використання мультиплікаторів (примножувачів) не ефективне, через низький ККД останніх.

Ще більш важливою перевагою карусельної конструкції стала її здатність стежити за тим, "звідки дме вітер", що є досить суттєвим для приземних вітрових потоків.

Вітродвигуни подібного типу будуються в США, Японії, Англії, ФРН, Канаді.

Карусельний лопатевий вітродвигун найбільш простий в експлуатації. Його конструкція забезпечує максимальний момент при запуску вітродвигуна й автоматичне саморегулювання максимальної швидкості обертання під час роботи.

Зі збільшенням навантаження зменшується швидкість обертання і зростає обертальний момент аж до повної зупинки.

Ортогональні

Ортогональні вітрові агрегати, як вважають фахівці, перспективні для великої енергетики.

В ортогональних установках використовується той же профіль крила, що і в дозвуковому літаку (рисунок 2.2).



Рисунок 2.2 – Ортогональна установка

Літак, перш ніж "опертись" на підйомну силу крила, має "розбігтися". Так само і у випадку з ортогональною установкою.

Спочатку до неї потрібно підвести енергію – розкрутити й довести до певних аеродинамічних параметрів, а вже потім вона сама перейде з режиму двигуна в режим генератора.

Відбір потужності починається при швидкості вітру близько 5 м/с, а номінальна потужність досягається при швидкості 14...16 м/с.

Попередні розрахунки вітроустановок передбачають їхнє використання в діапазоні від 50 до 20 000 кВт.

У реалістичній установці потужністю 2000 кВт, діаметр кільця, по якому рухаються крила, становитиме близько 80 м.

Забезпечивши кожен електрогенератор окремим перетворювачем, можна підсумувати вихідну потужність, що виробляється генераторами. У такому разі, підвищується надійність вітроустановки.

2.2 Морські вітроелектростанції

Офшорні вітротурбіни на сьогодні знаходяться на ранніх стадіях розробки, їх дорожче і важче встановлювати, ніж турбіни, що працюють на суші. Вони мають конструюватися так, щоб витримати навантаження вітру і хвиль під час потужних штормів. Крім того, необхідно забезпечити захист таких вітротурбін від корозійного впливу морського середовища.

Деякі переваги офшорного установлення вітротурбін полягають у тому, що останні можна виконувати більшим розміром, ніж турбіни, що працюють на суші. Це дає можливість виробляти більше енергії на одну турбіну, а розміщення вітротурбін в океані забезпечує наявність набагато більших швидкостей вітру з меншою бурхливістю. Офшорне установлення вітроелектростанції також скорочує масштаби землекористування, і могло б викликати менше занепокоєння з приводу естетичної сторони справи, порівняно з тим, коли вітроелектростанція знаходиться далеко від берега за межами видимості.

2.3 Характеристики вітрових генераторів

Горизонтально осьовий вітровий генератор ВЕУ 08 (800 W)

Вітрова установка ВЕУ-08 (рисунок 2.3) здатна забезпечувати електроенергією невеликі об'єкти. ВЕУ-08 застосовується як в місцях, де відсутнє підключення до електромережі (туристичні табори, фермерські господарства, дачні ділянки, живлення автономних комплексів), так і в ролі резервного джерела електрики для приватних житлових будинків і заміських котеджів. Технічні характеристики установки ВЕУ-08 наведені в таблиці 2.1.



Рисунок 2.3 – Вітрова установка ВЕУ-08

На установці ВЕУ-08 застосована універсальна аеромеханічна система обмеження частоти обертання вітротурбіни, що дозволяє експлуатувати її в широкому діапазоні швидкостей вітру. Тихохідний генератор на постійних магнітах прямо приводиться в рух турбіною. Відсутність мультиплікатора і системи збудження генератора забезпечує високий ресурс вітроустановки.

Таблиця 2.1 – Технічні характеристики генератора ВЕУ 08

Номінальна потужність	800 Вт
Діаметр вітротурбіни	3,1 м
Стартова швидкість вітру	2,5 м/с
Розрахункова швидкість вітру	8 м/с
Макс. експлуатаційна швидкість вітру	50 м/с
Номінальна частота обертання	310 об/хв
Метод зупинення	флюгування
Регулювання обертів	зміна кроку
Номінальна напруга генератора	24 В
ЕДС генератора	до 60 В

Схема вітроустановки ВЕУ-08 наведена на рисунку 2.4.

Вертикально-осьова вітряна електростанція 1000 W

Такий тип вітряних генераторів відрізняється безшумною роботою і низькими стартовими швидкостями. Вітрогенератор ATMOSFERA-1 (1000 W) (рисунок 2.5) здатен забезпечити електроенергією невеликий об'єкт. Через відсутність вібрації й низькочастотних шумів цей тип вітрогенераторів може використовуватися для установлення в безпосередній близькості до житлових будівель.

Технічні характеристики:

номінальна потужність вітрового генератор: 1000 W;

номінальна напруга вітряного генератора: DC 48 V;

діаметр вітряка: 180 см;

довжина крила: 200 см;

робоча швидкість вітру: 4–25 м/с;
розрахункова швидкість вітру: 10 м/с;
стартова швидкість вітру: 1,5 м/с;
максимальна швидкість вітру: 50 м/с;
метод контролю швидкості: електронний;
метод гальмування: механічний;
кількість лопатей: 5 шт;
вага складеного вітряка: 260 кг.

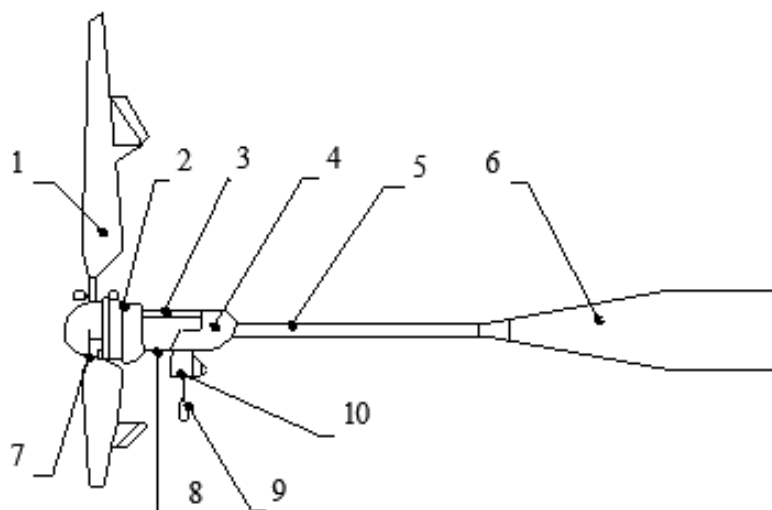


Рисунок 2.4 – Схема вітрової установки:

1 – віротурбіна; 2 – вірогенератор; 3 – центральна рама; 4 – кожух;
5 – хвостова балка; 6 – кінь; 7 – кок віротурбіни; 8 – вирівнювач;
9 – трос флюсування віротурбіни; 10 – опорно-поворотний пристрій
зі струмознімання



Рисунок 2.5 – Загальний вид електростанції 1000W

Вертикально-осьова вітрова електростанція 3000 W.

Такий тип вертикальних вітрогенераторів відрізняється безшумною роботою і низькими стартовими швидкостями. Вітровий електрогенератор ATMOSFERA-3 (3000 W) (рисунок 2.6) здатен забезпечити електроенергією невеликий приватний будинок (без урахування потужних електронагрівальних приладів). Через відсутність вібрації і низькочастотних шумів цей тип вітряків може використовуватися для установа в безпосередній близькості до житлових будівель.



Рисунок 2.6 – Загальний вигляд електростанції 3000 W

Технічні характеристики:

номінальна потужність: 3000 W;

номінальна напруга генератора: DC 48 V;

діаметр: 300 см;

довжина крила: 360 см;

робоча швидкість вітру: 4–25 м/с;

розрахункова швидкість вітру: 11 м/с;

стартова швидкість вітру: 1,5 м/с;

максимальна швидкість вітру: 50 м/с;

метод контролю швидкості вітроелектростанції: аеродинамічний;

метод гальмування: механічний;

кількість лопатей: 5 шт.;

вага: 562 кг.

2.4 Класифікація електровітрогенераторів

Вітряні електрогенератори розрізняються:

- за розташуванням осі ротора.

Виділяють вітрогенератори з горизонтальною і вертикальною осями. Більшість сучасних вітряних електрогенераторів має горизонтальну вісь обертання завдяки таким перевагам:

1. Більш високий ККД (приблизно у 3 рази) і високі масогабаритні показники;

2. Більш легко регулювати потужність;

3. Кращі показники запуску ротора при слабкому вітрі.

Водночас, малопотужні (до 1 кВт) ВЕУ з вертикальною віссю знайшли деяке застосування завдяки слабкому шуму, легкості конструювання і відсутності необхідності орієнтування вітряних електрогенераторів за вітром. Вітряні електрогенератори з горизонтальною віссю займають 95% усього світового виробництва вітроелектростанцій;

- за кількістю лопатей.

Вітряні електрогенератори з 2–3 лопатями вважаються швидкохідними і мають більш високий ККД та частоту обертання, але при цьому низький стартовий момент ротора. Тому швидкохідні ВГ вигідно використовувати з електричним генератором;

- за встановленою потужністю:

1. ВЕУ малої потужності (установлена потужність до 100кВт);

2. ВЕУ середньої потужності (установлена потужність від 100 до 1000 кВт);

3. ВЕУ мегаватного класу або ВЕУ великої потужності (установлена потужність більше 1000 кВт).

- за наявністю, відсутністю редуктора (мультиплікатора).

Редукторні вітроелектростанції – це, як правило, ВЕС потужністю більше 50 кВт. У безредукторної ВЕС шум і ККД набагато менші, у зв'язку з чим багато компаній-виробників прагнуть до створення саме безредукторних ВЕС;

- за типом споживачів.

Розрізняють автономні вітроустановки і вітроустановки мережевого призначення. У першому випадку вітроустановки здійснюють енергопостачання віддалених від центральних електромереж споживачів. У другому випадку споруджуються вітроелектростанції, які налічують кілька десятків або сотень великих вітроустановок, що віддають енергію в мережу. Як правило, мережеві установки мають потужність понад 100 кВт, а автономні – менше 100 кВт.

2.5 Особливості розташування вітроустановок на місцевості

При виборі місця розташування вітроустановки потрібно дотримуватись таких рекомендацій:

1. Вісь вітряного електрогенератора має розташовуватися на 10 м вище будь-якої перешкоди в радіусі 100 м.

2. Переважними місцями розташування ВЕС мають бути відкриті простори, особливо на берегах великих водоймищ.

3. На горбистій місцевості ВЕС необхідно розташовувати з навітряної сторони пологої височини (якщо відомо домінуючий напрям вітру).

4. У гірській місцевості ВЕС варто розташовувати в гірських проходах, на пологих безлісних схилах, за змоги, на меншій висоті над рівнем моря, далеко від обривів та інших різких змін рельєфу.

5. Необхідно уникати місць з увігнутою формою рельєфу, а також місць біля лісу, житлових будинків і виробничих об'єктів, які можуть перешкодити вільному підходу повітряних мас до ВЕС.

Потужність ВЕС пропорційна кубу швидкості вітру. Це означає, що на території, де передбачається встановити ВЕС, має бути вибрано місце з найвищою швидкістю вітру. Вибір місця для ВЕС досить просто зробити для рівнинної місцевості, складніше у разі гористої або горбистої місцевості.

Фактори, які потрібно враховувати при виборі місця розташування вітроустановки:

1. Гальмування біля землі. Вітер зменшується поблизу землі, і цей ефект посилюється, якщо поверхня нерівна.

2. Турбулентність. Виникає позаду будівель, дерев, гребенів і т. д.

3. Особливості місцевості. Прискорення потоку на вершинах пагорбів, гребенів і т. д.

На рисунку 2.7 зображено принципи розташування вітрової установки на місцевості.

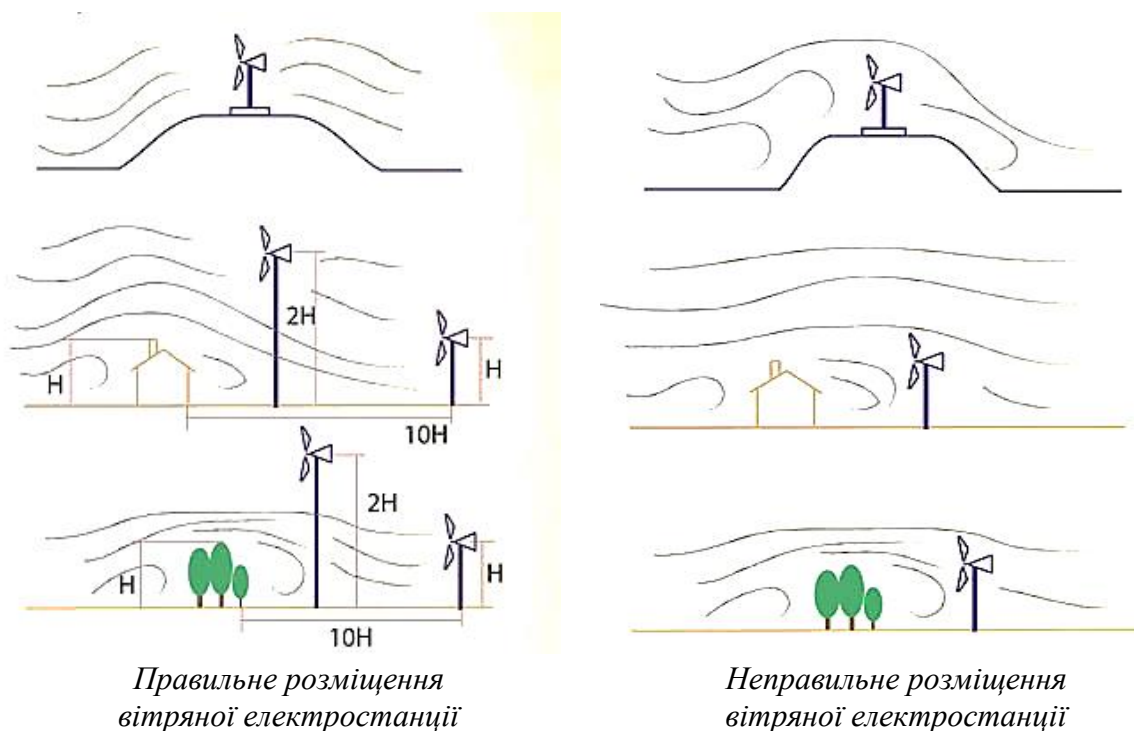


Рисунок 2.7 – Принципи розташування вітрової установки на місцевості

2.6 Контрольні питання

1. Наведіть класифікацію вітрових агрегатів.
2. Основні характеристики вітрогенераторів.
3. Сфера застосування офшорних вітротурбін.
4. Опишіть схему вітрової установки.
5. Укажіть переваги та недоліки кожного типу вітрогенераторів.
6. Опишіть принцип роботи вітротурбін.
7. Опишіть принципи вибору місця розташування вітроустановок на місцевості.
8. Укажіть основні фактори, що впливають на вибір місця розташування вітроустановки.

РОЗДІЛ 3

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАМІНИ ПРИРОДНОГО ГАЗУ В УКРАЇНІ МІСЦЕВИМИ ВИДАМИ ПАЛИВА

3.1 Перспективи впровадження біопалива як альтернативного виду енергії

Необхідність скорочення споживання природного газу – одна з найбільш актуальних тем для України, що знаходиться в складній енергетичній ситуації. Одним з основних шляхів скорочення споживання природного газу в Україні може стати широке застосування технологій виробництва енергії з місцевих видів палива, таких як біомаса і торф.

Біомаса є відновлюваним екологічно чистим паливом, використання якого не призводить до посилення глобального парникового ефекту. Сьогодні біомаса – четверте за значенням паливо у світі, що дає близько 2 млрд т умовного палива на рік; це становить близько 14% загально-світового споживання первинних енергоносіїв (у країнах, що розвиваються - більше 30%, а іноді і 50–80%). Виробництво енергії з відновлюваних джерел, зокрема біомаси, динамічно розвивається в більшості країн Європи. У 1995 р. у ЄС на частку поновлюваних джерел енергії припадало 74,3 млн т нафтового еквівалента (н. е.), що становило близько 6% загального споживання первинних енергоносіїв. З них частка біомаси становить на більше 60%, це близько 3% загального споживання первинних енергоносіїв. В окремих країнах частка біомаси в загальному споживанні первинних енергоносіїв значно перевищувала середньо-європейську: у Фінляндії – 23% (світовий лідер серед розвинених країн), у Швеції – 18%, в Австрії – 12%, у Данії – 8%, у Канаді та Німеччині – 6%, у США – 3%. Відповідно до програми розвитку поновлюваних джерел енергії, у 2010 р. у країнах ЄС частка біомаси досягла 182 млн т н. е., або 74% загального внеску відновлюваних джерел енергії [6].

Отже, біомаса є найбільш потужним сектором відновлюваних джерел енергії в ЄС. Жодна з розвинених країн світу не заявила про плани щодо скорочення споживання енергії біомаси. Навпаки, національні енергетичні програми країн ЄС, США та Канади містять плани з подальшого істотного зростання цього сектора поновлюваних джерел енергії. Однією з вимог до країн-кандидатів в ЄС є рівень використання відновлюваних джерел енергії не нижче середньоєвропейського. Тому для України, яка має намір інтегруватися в Європу, це додатковий аргумент на користь активного розвитку.

На сьогодні Україна споживає біомасу переважно у вигляді деревного палива: близько 1 млн т у. п./рік спалюється для опалення приватних будинків, а також у більш ніж 1000 котлах, які встановлені на підприємствах лісової і деревообробної галузей країни.

Результати техніко-економічного аналізу показують, що виробництво тепла з біомаси є конкурентоспроможним навіть при використанні зарубіжного обладнання. Терміни окупності обладнання українського виробництва становить 1–2 роки для котлів на деревині та 2–3 роки для котлів на соломі. Друге місце за пріоритетністю займає виробництво біогазу. Ці технології полягають в отриманні біогазу шляхом анаеробної ферментації відходів тваринництва (гній, послід), рослинництва і видобуток біогазу на полігонах твердих побутових відходів. Біогаз на 50–60% складається з метану і може використовуватися в адаптованих двигунах для виробництва електроенергії або застосовуватися замість природного газу в промисловому виробництві.

У 2030 р. сумарне використання біогазу може становити 10,2 ТВт·год/рік, а в 2050 р. – до 17,4 ТВт·год/рік (технічно можливий потенціал). Для України пріоритетність виробництва теплової енергії з біомаси полягає в тому, що в процесі такого виробництва в більшості випадків відбувається пряме заміщення споживання природного газу (на 100%). Для порівняння, при виробництві електроенергії з відновлюваних джерел заміщується в середньому 17% споживання природного газу, оскільки в нашій країні лише близько 17% електроенергії виробляється з природного газу. В Україні впровадження зарубіжних котлів і демонстрація їхньої успішної роботи сприяли розвитку виробництва аналогічних котлів вітчизняними підприємствами. Наприклад, ЗАТ "Житомирремхарчомаш" випускає водогрійні котли з нижньою подачею палива на деревних відходах потужністю 40–820 кВт. Середня вартість такого обладнання становить 20–30 \$/кВт, що в 3–5 разів дешевше закордонних аналогів. Котли виробництва "Житомирремхарчомаш" активно продаються в Україні і поступово починають виходити на ринки зарубіжних країн. У 2003 р. ВАТ "Південтеплоенергомонтаж" за ексклюзивною ліцензією фірми Passat Energi (Данія) налагодило випуск теплогенераторів (котлів) для спалювання пакованої соломи потужністю 150–600 кВт, які майже на 30% дешевші за котли закордонного виробництва. Конструкторське бюро "Енергомашпроект" успішно розробляє котли для спалювання лушпиння соняшника.

У 2003 р. на Луганському полігоні твердих побутових відходів введена демонстраційна система збору та утилізації біогазу. З 3-х бурових свердловин на годину отримують 90 м³ біогазу із вмістом метану до 60%. Загальна площа полігону дозволяє пробурити 30 таких свердловин, а обсягу зібраного з них біогазу буде достатньо для роботи електростанції потужністю 1,5 МВт. Упровадження повного проекту планується за рахунок коштів від реалізації механізму спільного впровадження в межах Кіотського протоколу. Незважаючи на очевидні переваги і вигоди виробництва енергії з біомаси, в Україні біоенергетичні технології розвиваються дуже повільно.

Однією з основних причин є відсутність чіткої державної політики в

цій галузі та державної програми з визначення найближчих та довгострокових цілей і обсягів використання біомаси для виробництва енергії. Зараз зусилля уряду спрямовані на пошуки альтернативних шляхів постачання природного газу, залишаючи без уваги біомасу. Доки в країні не будуть прийняті необхідні закони і регламентувальні документи, що визначають конкретні цифри і відповідні заходи, планомірне і послідовне впровадження біоенергетичних технологій не почнеться [7].

Серед проектів різного типу біоенергетичні мають найбільший потенціал і можуть містити повне або часткове заміщення традиційного палива біомасою: збирання біогазу (метану) на полігонах твердих побутових відходів, комбіноване виробництво теплової та електричної енергії з біомаси. Що стосується біоетанолу, в Україні існує власна технологія виробництва високооктанових кисневмісних добавок (ВКД) до бензинів (вітчизняний аналог біоетанолу). Технологія розроблена Українським інститутом спирту і біотехнологій виробничих продуктів (м. Київ).

ВКД можуть вироблятися на існуючих спиртових та цукрових заводах за умови певного дооснащення технологічних ліній. Таким чином, широке впровадження технологій отримання енергії з місцевих видів палива є одним з ефективних засобів скорочення споживання природного газу в Україні.

3.2. Основні типи біопалива

Біопаливо (біомаса) – збірний термін для поновлюваних за короткий час органічних матеріалів. Це досить універсальний матеріал, який може використовуватися для вироблення енергії (нагріву води та обігріву приміщень), вироблення електрики.

Біомаса – четверте за значенням паливо у світі, яке дає понад 2 млрд т у. п. на рік, що становить близько 14% загального споживання первинних енергоносіїв у світі (у країнах, які розвиваються, – більше 30%, іноді до 50–80%). Виробництво енергії з біомаси динамічно розвивається в більшості Європейських країн. Серед розвинених країн лідерами в цьому напрямку є Фінляндія (частка біомаси в загальному споживанні первинних енергоносіїв – 23%), Швеція (19%), Данія (12%), Австрія (12%). Особливо великий внесок біомаси у виробництво теплової енергії. Наприклад, у Швеції біомаса становить більше 50% обсягу всього палива системи централізованого теплопостачання.

Біомасу можна розділити на дві категорії.

- Деревна біомаса. Ця категорія охоплює лісоматеріали; необроблені залишки дерево- та пиломатеріалів; швидкозростаючі молоді дерева, спеціально посаджені для вирубки (наприклад, верба, тополя).

- Біомаса з відходів. Охоплює муніципальні та промислові відходи; продукти життєдіяльності, що залишилися після вирощування сільсько-

господарських тварин; сільськогосподарських та водних рослин; зернових, після збирання врожаю з яких залишається велика кількість рослинної частини, придатної для спалювання (наприклад, кукурудзи, буряка, рапсу).

Біопаливо охоплює універсальне паливо:

- тверді види (деревина, солома, тверді побутові відходи, енергетичні культури);

- рідкі (біоетанол, біодизель, водень);

- газоподібні (біогаз, біометан, синтез-газ, піролізний газ).

Переваги біомаси як палива:

- екологічно чиста: застосовується для самостійного або спільного спалювання (наприклад, з вугіллям);

- CO₂ – нейтральне: що не робить внеску в глобальний парниковий ефект;

- місцеве поновлюване паливо: організація локальних систем тепло- та електропостачання;

- пряме заміщення природного газу: спалювання в котлах; виробництво біогазу.

У країнах з достатньою кількістю лісів і розвиненим сільським господарством впроваджуються технології спалювання біомаси у вигляді збагаченого твердого біопалива, яке може бути розділене на три категорії:

- перша категорія – пелети (гранули) – спресовані циліндри з максимальним діаметром до 25 мм. Споживачі гранул та виробники котлів висувають високі вимоги до якості гранул, які часто нездійсненні для виробників СНД через забрудненість сировини й технічний рівень виробництва;

- друга категорія – дрібний порошок, який має бути дуже однорідним за своїми технічними показниками, і може спалюватися таким же способом, як газ чи нафта;

- третя категорія – брикети. Це спресовані вироби циліндричної, шестигранної, прямокутної або будь-якої іншої форми. Їхня довжина, зазвичай, від 100 до 300 мм, діаметр більше 25 мм і звичайно становить 50–75 мм. Найчастіше на ринку представлені: деревні брикети з відходів деревини; брикети з торфу; з відходів виробництв агропромислового комплексу (агробрикети) та брикети з вугільного пилу.

Важлива причина переробки біомаси – підвищення теплотворності й легкості керування процесом згорання.

Основні передумови для розвитку біоенергетики в Україні:

- постійне зростання цін на традиційні джерела енергії;

- можливість зниження рівня енергетичної залежності;

- можливість розвитку місцевої економіки (гроші не будуть осідати на рахунках країн-експортерів нафти і газу, а залишатимуться в регіонах);

- зростаючі можливості експорту біопалива;

- зобов'язання щодо зниження викидів CO₂, згідно з Кіотським Протоколом, та можливості отримання кредитів в межах проектів

спільного впровадження;

- постійне посилення екологічних норм і стандартів;
- можливість зниження рівня безробіття.

Україна має великий потенціал для розвитку біоенергетичних технологій. Економічно доцільний потенціал біомаси, доступний для виробництва енергії, становить близько 24 млн т умовного палива/рік. Основними складовими потенціалу є відходи сільського господарства й тваринництва (солома, гній та ін.), відходи деревини, біомаса енергетичних культур.

Брикети

Сфера застосування брикетів:

• усі види опалювального обладнання на твердому паливі (котли, печі, каміни тощо). Для зимових умов, для ефективного опалення котеджу площею 200 м² на добу досить використовувати не більше 30 кг брикетів (0,039 м³). При цьому помилковою є думка про неможливість автоматизації процесу завантаження брикетів у топку. Цей процес легко автоматизується і на ринку представлені відповідні завантажувальні пристрої;

• брикет – ідеальне паливо для лазень і саун. Практично жодне інше паливо не дозволяє настільки ефективно протопити лазню з дотриманням всіх екологічних і санітарних вимог;

• брикет – це паливо, яке може використовуватися скрізь, де потрібні висока температура, стійке, бездимне полум'я, довго палаюче (до 1 год). Він дає тривалий жар (ще до 1 год), і не залишає після згоряння практично жодних відходів.

Механізм основної стадії брикетування виглядає так: при невеликому тиску відбувається зовнішнє ущільнення матеріалу за рахунок порожнеч між частинками. Потім ущільнюються і деформуються самі частинки; між ними виникає молекулярне зчеплення. Високий тиск у кінці пресування призводить до переходу пружних деформацій частинок в пластичні, унаслідок чого структура брикету зміцнюється і зберігається задана форма. На характер деформацій суттєво впливають фізико-хімічні властивості вихідного матеріалу.

Як сировина для виробництва паливних брикетів використовується:

- деревна тирса;
- стружка.

Для кращого налаштування процесу бажано одноразово пресувати тирсу однієї породи деревини. Найвища продуктивність досягається при пресуванні тирси з деревини твердих порід. Оптимальна фракція тирси 1–3 мм. Брикет пресується з тирси дещо більшої фракції. Стружка, зважаючи на її гарну зминальність, успішно пресується.

Небажано для пресування змішувати тирсу і стружку;

- відходи рослинництва: зернові відходи, кукурудза, лушпиння насіння.

Паливні пелети (гранули)

Паливні пелети – твердий енергетичний носій, вироблений за допомогою механізованого зминання біомаси.

"Гранули" – це нормований циліндричний пресований виріб з висушеної, залишеної в природі залишкової деревини такої, як: мука від роботи фрезерно-відрізного верстата, стружка і залишки лісової деревини.

Гранули виробляються без хімічних закріплювачів під високим тиском.

Довжина деревних гранул приблизно 20–50 мм, діаметр 4–10 мм.

Теплотворність деревних гранул дорівнює 5 кВт/год на один кілограм.

При цьому енерговміст одного кілограма деревних гранул дорівнює половині літра рідкого палива (паливного дизеля).

Паливні пелети можуть виготовлятися також з інших біопродуктів: соломи, кукурудзи, виноградних лоз, лушпиння соняшника – практично з будь-яких відходів сільського господарства, а також з бурого вугілля і торфу.

Технологія виробництва паливних пелет

Сировина (тирса, стружка і т. ін.) надходить у дробарку, де подрібнюється до стану муки. Отримана маса надходить у сушарку, з неї в прес-гранулятор, де деревну муку стискають в пелети. На виробництво однієї тонни пелет йде 4–5 кубометрів деревних відходів. Готові пелети охолоджують, пакують і доставляють споживачу.

Гранулювання є найбільш ефективним видом підготовки біопалива, оскільки при цьому кінцева вологість готового продукту становить усього 8–12%, а вихідний матеріал ущільнюється в 5–10 разів.

Нині як біопаливо використовуються різні матеріали, зокрема, деревні відходи, солома, відходи від переробки сільськогосподарських культур (бадилля льону, соняшникове лушпиння і т. д.), а також спеціально вирощуються для цієї цілі рослини.

Для найбільш ефективного використання більшість видів біопалива потребує попередньої підготовки. Основними проблемами є висока вологість і низька насипна вага більшості відходів рослинного походження, що призводить до необхідності їхнього сушіння та ущільнення для зручності транспортування.

Застосування паливних пелет

Найбільш привабливим сегментом ринку гранульованого палива є країни з високорозвиненою економікою і жорстким екологічним законодавством.

У країнах Західної Європи, США, Японії гранульоване біопаливо знаходить все більш широке застосування як в промисловій енергетиці, так і в побутових опалювальних установках. Сотні компаній пропонують котельне обладнання, що використовує гранули як паливо. Ціни на гранульоване паливо в цих країнах досить високі, при цьому частина потреби покривається за рахунок власного виробництва, але більша ж

частина – за рахунок імпорту з інших країн. Найбільшим попитом користуються деревні гранули, проте зростає використання також гранул із соломи та інших відходів сільськогосподарських культур.

Переваги паливних пелет:

- гранули виготовляють без використання хімічних добавок;
- є екологічно-чистим продуктом;
- за своїми тепловими властивостями паливні пелети перевершують навіть кам'яне вугілля (теплота згоряння дорівнює 5 кВт/год на 1 кг);
- економічність цього виду палива.

При спалюванні 1 т пелет виділяється стільки теплової енергії, як при спалюванні:

- 1,6 т деревини 475 куб. м газу,
- 500 л дизельного палива,
- 685 л мазуту;
- утворені зольні залишки після спалювання гранул можуть використовуватися як добриво для ґрунту;
- при зберіганні паливні гранули не самозаймаються при підвищенні температури, тому що не містять прихованих пор. Пелети не вибухонебезпечні, на відміну від газу, солярки і т. д.;
- паливні гранули практично не мають неприємного запаху, на відміну від стандартних видів палива (газ, дизельне паливо і т. ін.);
- не вбирають вологу з повітря, тому їхня висока теплотворність не знижується з часом. Немає необхідності їх зберігати у спеціальних сховищах;
- пелети легко піддаються автоматизації за рахунок гарної сипучості;
- оскільки паливні гранули – це пресований продукт, що має високу насипну масу, то вони займають менше місця при транспортуванні й зберіганні, ніж інші види деревного палива;
- пелети не містять пилу і спор, що викликають алергію у людей.

Солома

Для аграрних, особливо негазифікованих районів України, сьогодні особливо привабливо виглядають малі технології спалювання соломи для отримання теплової енергії. Сумарний річний енергетичний потенціал соломи злакових культур в Україні фахівці оцінюють в 1,7 млн тонн нафтового еквіваленту.

Надлишок соломи в Україні оцінюється, за різними оцінками, в 5,6 млн тонн умовних одиниць. За розрахунками загальний потенціал використання соломи як палива оцінений у можливості створення 13 тис малих теплогенерувальних потужностей (0,1–1,0 МВт тепла), плюс 700 теплогенерувальних потужностей для систем централізованого теплопостачання (1,0–10,0 МВт тепла).

Факти з практики:

- за різними експертними оцінками утворення соломи, після обмолоту

зернових на полях, становить від 3 до 5 т/га;

- спалювання 1–3 т соломи дозволяє заощадити 1 т рідкого пічного палива або 1000 м³ природного газу;

- вміст енергії в 2,4 кг соломи і в 1 літрі дизельного палива однаковий. Один рулон соломи діаметром 1,8 м замінює мінімум 140 літрів дизельного палива;

- питома теплота згоряння соломи становить 14 МДж/кг, а вугілля – 27 МДж/кг. Для отримання еквівалентної кількості теплоти, замість 1 т вугілля необхідно спалити 1,93 т соломи;

- вартість 1 ГДж теплоти, що виробляється із соломи, удвічі нижча за вартість теплоти, що виробляється з рідкого палива. При цьому 70% вартості теплоти соломи становлять витрати на її транспортування і зберігання, які економічно виправдані при радіусі перевезень до 40–45 км.

Сфера застосування:

- опалення птахофабрик і свиноферм за допомогою водяної опалювальної мережі. Дешеве тепло дозволяє поліпшити вентиляцію будівель;

- теплиці потребують ще більшої кількості тепла, що забезпечує істотне зниження витрат. Зазвичай, уже наявні установки на основі дизельного палива або газу зберігаються на випадок великих навантажень.

Застосування торф'яних гранул.

Торф'яні гранули (пелети) застосовують як паливо промислового призначення, але через більш високу зольність користуються меншим попитом, ніж деревні або рослинні гранули. Крім відношення їх до альтернативних джерел енергії, у цих гранул широке коло використання та застосування:

- у вигляді матеріалу для зберігання овочів і фруктів;
- як підсилувач дії мінеральних добрив;
- для виробництва активованого вугілля;
- як абсорбент в промислових фільтрах;
- для виробництва теплоізолювальних будівельних матеріалів;
- для збирання та видалення нафтопродуктів з поверхні землі та акваторій при їхньому розливі;
- як штучний ґрунт в країнах з підвищеною вітровою ерозією ґрунту.

Виробництво енергії з відновлюваних джерел, зокрема біомаси, динамічно розвивається в більшості країн Європи. У 1995 р. в ЄС на частку поновлюваних джерел енергії припадало 74,3 млн т нафтового еквівалента (н. е.), що становило близько 6% загального.

З них частка біомаси знаходилася на рівні більше 60%, що становило близько 3% загального споживання первинних енергоносіїв. В окремих країнах частка біомаси в загальному споживанні первинних енергоносіїв значно перевищувала середньоєвропейську: у Фінляндії – 23% (світовий лідер серед розвинених країн), у Швеції – 18%, в Австрії – 12%, у Данії –

8%, у Канаді та Німеччині – 6% , у США – 3%. Отже, біомаса є найбільш потужним сектором відновлюваних джерел енергії в ЄС. Жодна з розвинених країн світу не заявила про плани скорочення споживання енергії біомаси.

Розвиток біоенергетики є актуальним і для України, оскільки вона володіє значним потенціалом місцевих палив, доступних для отримання енергії: біомаса – до 24 млн т у. п./рік, торф – близько 0,6 млн т у. п./рік. Основними складовими потенціалу біомаси є солома (5,6 млн т у. п./рік) та інші відходи сільського господарства (стебла, качани, лушпиння і т. д. – 4,7 млн т у. п./рік), а також деревні відходи, рідкі палива, виготовлені з біомаси, різні види біогазу та енергетичні культури. Насамперед, необхідно використовувати наявні відходи твердої біомаси (дерево і соломі), тоді як вирощування і використання енергетичних культур, виробництво біогазу та рідких палив з біомаси – це, найімовірніше, справа найближчих 5–10 років. У перспективі відходи біомаси (без частки, яка використовується іншими секторами економіки) і торф можуть забезпечити понад 10% загальної потреби України в первинній енергії (таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Потенціал біомаси й торфу в Україні

Вид палива	Енергетичний потенціал, млн т у. п./рік
Солома зернових культур (без кукурудзи)	5,6
Стебла, качани кукурудзи на зерно	2,4
Стебла, лушпиння соняшника	2,3
Біогаз із гною	1,6
Біогаз зі стічних вод	0,2
Відходи деревини	2,0
Біогаз з полігонів твердих побутових відходів	0,3
Паливні брикети з твердих побутових відходів	1,9
Рідке паливо (біодизель, біоетанол)	2,2
Енергетичні культури (верба, тополя, міскантус)	5,1
Торф	0,6
Усього	24,2

На сьогодні Україна споживає біомасу переважно у вигляді деревного палива: близько 1 млн т у. п./рік спалюється для опалення приватних будинків, а також в більш ніж 1000 котлах, які встановлені на підприємствах лісової і деревообробної галузей країни [8].

Починати процес широкого впровадження біоенергетичних технологій потрібно з уведення в дію сучасних котлів для спалювання соломи, торфу та відходів деревини. Інші технології виробництва енергії з біомаси (біогаз,

рідкі палива, енергетичні культури) є не менш важливими та пріоритетними, але зараз саме котли на біомасі можуть швидко замінити природний газ для виробництва теплової енергії з найбільш низькими інвестиційними витратами і з короткими термінами окупності проектів.

В Інституті технічної теплофізики НАН України розроблено концепцію розвитку біоенергетики в Україні.

Виходячи з наявного потенціалу деревини, соломи та торфу в найближчі 10 років доцільно запровадити такі технології (таблиця 3.2):

- опалювальні котельні на деревині (1–10 МВт) – 250 од.;
- промислові котли на деревині (0,1–5 МВт) – 360 од.;
- побутові котли на деревині (10–50 кВт) – 53 тис од.;
- фермерські котли на соломі (0,1–1,0 МВт) – 16 тис од.;
- опалювальні котельні на соломі (1–10 МВт) – 1,4 тис од.;
- опалювальні котельні на торфі (0,5–1,0 МВт) – 1 тис од.

Таблиця 3.2 – Потенціал українського ринку котлів на біомасі й торфі, які реально освоєні до 2017 р.

Тип обладнання	Приблизна ємкість ринку України, од.	Встановлена потужність, МВт	Період експлуатації, год/рік	Заміщення паливно-енергетичних ресурсів, млн т у. п./рік	Заміщення природного газу, млрд м ³ /рік	Зниження викидів CO ₂ , млн т/рік	Інвестиційні витрати, млн грн
Опалювальні котли на деревині, 110 МВт	250	500	4400	0,30	0,26	0,51	100
Промислові котли на деревині 0,1–0,5 МВт	360	360	6000	0,27	0,24	0,46	72
Побутові котли на деревині, 10–50 кВт	53000	1590	4400	0,96	0,84	1,65	318
Фермерські котли на соломі, 0,1–1 МВт	15900	3180	4400	1,91	1,67	3,27	954
Опалювальні котли на соломі, 1–10 МВт	1400	2800	4400	1,68	1,47	2,88	840
Опалювальні котли на торфі, 0,5–1 МВт	1000	750	4400	0,6	0,52	1,03	150
Усього	71910	9180		5,72	5,00	9,81	2434

Загальна теплова потужність цього устаткування становить понад 9 тис. МВт, що дає можливість замінити до 5 млрд м³ природного газу на рік і зменшити викиди діоксиду вуглецю майже на 10 млн т на рік. При питомих інвестиційних витратах 200 грн/кВт для котлів на деревині та

торфі й 300 грн/кВт для котлів на соломі. Вартість обладнання, необхідного для впровадження запропонованої концепції, становить 2,4 млрд грн. Якщо порівняти ці сумарні капіталовкладення з коштами, зекономленими на потенційному скороченні споживання природного газу, то очевидно, що річна економія коштів на придбання природного газу вища, ніж вартість усього парку котлів запропонованої концепції. Важливо, що таку економію можна отримувати з року в рік.

Шахтний метан, некондиційний газ

Джерел низькопотенційної енергії існує достатньо у всьому світі та в Україні зокрема. Це енергія ґрунту, ґрунтових вод, водоймищ і повітря. Розвинута промисловість країни, низька ефективність використання енергії, значні обсяги стоків та відходів зумовлюють значний потенціал цієї вторинної енергії, який може бути використаний за відповідного розвитку теплонасосних технологій.

Науково-промисловий потенціал для створення вітчизняного виробництва теплонасосних установок (ТНУ) в Україні достатній. Екологічна ефективність та економічна доцільність розвитку цього напрямку доведені світовим досвідом. Перепонами на шляху широкомасштабного впровадження цих надзвичайно перспективних технологій в Україні є відносно висока собівартість систем з використанням ТНУ для приватних будинків, відсутність досвіду і спеціального обладнання для їхнього устанавлення, а також брак інформації щодо переваг цих технологій. Для промислових підприємств головною причиною неуваги є відносно дешева енергія традиційних джерел (газу, вугілля та ін.).

Додатковим джерелом енергії в Україні може бути синтез-газ, який можна одержати з бурого вугілля, відходів переробки кам'яного вугілля, торфу та ін., а також шахтного метану. В Україні розроблено нові технології виробництва синтез-газу практично з будь-якої біомаси, є приклад будівництва експериментального заводу, планується розширювати будівництво нових заводів з переробки бурого вугілля на синтез-газ. [9]

За запасами шахтного метану Україна посідає 4 місце у світі, але його видобуток (утилізація) становить усього 80 млн куб. м на рік. Якщо використати сучасні та перспективні технології, Україна може найближчим часом видобувати 2–4 млрд куб. м метану, а в перспективі – до 6–9 млрд куб. м метану на рік.

3.3 Контрольні питання

1. Укажіть особливості розвитку галузі з виробництва енергії з біомаси у світі.
2. Які особливості використання біомаси в Україні?
3. Пріоритетність виробництва теплової енергії з біомаси для України.
4. Які біоенергетичні програми застосовуються в Україні?
5. Дайте визначення поняттю «біомаса».
6. Як класифікується біомаса за сировиною?
7. Класифікація біопалива.
8. Переваги застосування біопалива.
9. Опишіть особливості виготовлення біопалива.
10. Які Ви знаєте основні передумови для розвитку біоенергетики в Україні?
11. Укажіть сферу застосування кожного виду біопалива в народному господарстві.
12. Наведіть основні складові потенціалу біомаси й торфу в Україні.
13. Дайте характеристику українському ринку котлів на біомасі й торфі.

РОЗДІЛ 4 ГЕОТЕРМАЛЬНІ РЕСУРСИ

4.1 Геотермальні електростанції, їхня класифікація та конструкції

Визначення геотермальної енергії закладено в самій її назві – це енергія тепла земних надр. Шар магми, розташований під земною корою, є вогненно-рідким, найчастіше силікатним розплавом. Згідно з підрахунками, енергетичний потенціал тепла на глибині 10 тис. м в 50 тис. разів перевищує енергію світових запасів природного газу і нафти.

Магма, що виходить на поверхню землі, називається лавою. Найбільша "пропускна здатність" Землі у виверженні лави спостерігається на границях тектонічних плит і там, де земна кора досить тонка. Коли лава входить у взаємодію з водними ресурсами планети, починається різке нагрівання води, що в результаті призводить до гейзерних вивержень, формуванню гарячих озер і підводних течій. Тобто виникають природні явища, властивості яких можна використовувати як практично невичерпного джерела енергії.

Джерела геотермальної енергії поширені не всюди, хоча і виявлені в більш ніж 60 країнах світу. Найбільша кількість діючих наземних вулканів розташована в зоні Тихоокеанського вулканічного вогненного кільця (328 з 540 відомих).

Геотермічний градієнт у свердловині, за допомогою якої дістаються до підземної енергії, підвищується на 1 °С кожні 36 метрів. Одержане таким чином тепло надходить на поверхню у вигляді гарячої пари або води, які можна використовувати безпосередньо для обігріву будівель або побічно, для виробництва електроенергії.

На практиці геотермальні джерела в різних регіонах планети значно відрізняються один від одного, через що їх доводиться класифікувати за десятьма різними характеристиками: середня температура, мінералізація, газовий склад, кислотність та ін.

У площині практичного застосування для вироблення електричної енергії основною класифікацією геотермальних джерел можна вважати поділ на три основні типи:

- прямий – використовується суха пара;
- непрямий – використовується водяна пара;
- змішаний (бінарний цикл).

У найпростіших геотермальних електростанціях прямого типу для виробництва електроенергії використовують пару, що надходить зі свердловини безпосередньо в турбіну генератора (рисунок 4.1).

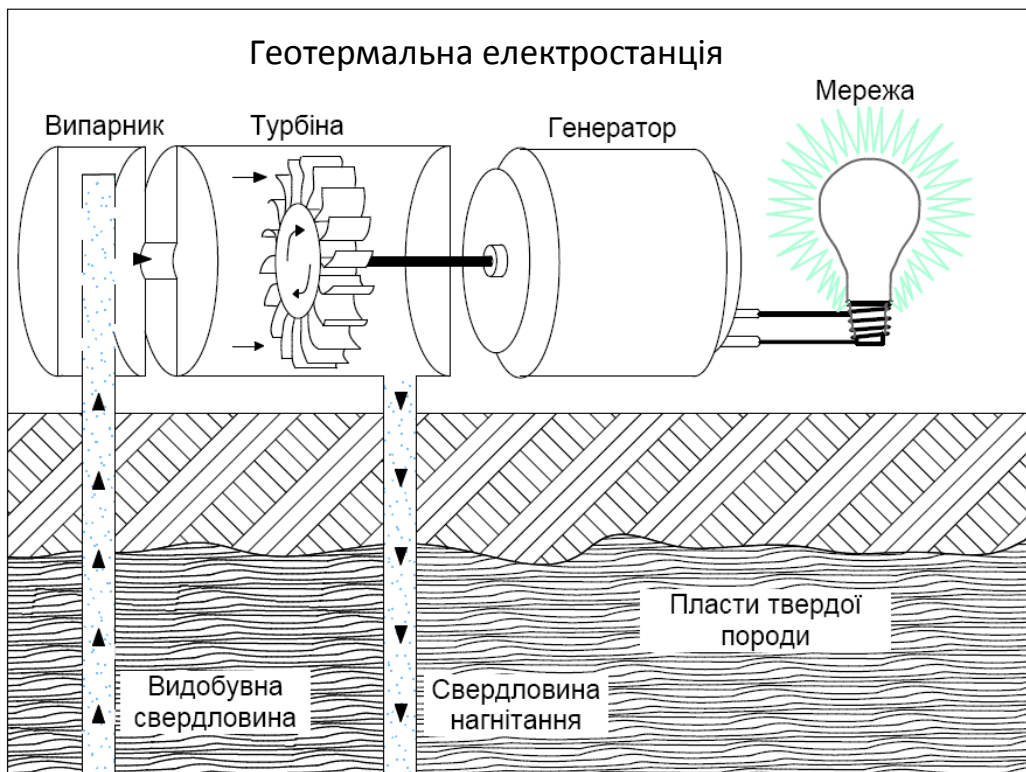


Рисунок 4.1 – Конструкція геотермальної станції

Найперша геотермальна електростанція у світі працювала саме за таким принципом. Експлуатація цієї станції почалася в італійському містечку Лардерелло (недалеко від Флоренції) ще в 1911 р. Сімома роками раніше, 4 липня 1904 р., за допомогою геотермальної пари тут був приведений у дію генератор, який зміг запалити чотири електричні лампочки, після чого і було ухвалено рішення про будівництво електростанції. Що примітно, станція в Лардерелло функціонує і по сьогодні [10].

Одна з найбільших нині діючих геотермальних електростанцій у світі потужністю 1400 МВт розташована в районі "Гейзерс" в Північній Каліфорнії (США), і вона також використовує суху пару.

Геотермальні електростанції з непрямим типом виробництва електроенергії сьогодні найбільш поширені. Для їхньої роботи використовуються гарячі підземні води, які закачуються при високому тиску в генераторні установки, установлені на поверхні.

У геотермальних електростанціях змішаного типу крім підземної води використовується додаткова рідина (або газ), чия точка кипіння нижча, ніж у води. Вони пропускаються через теплообмінник, де геотермальна вода випаровує іншу рідину, а отримані пари приводять в дію турбіни. Така замкнута система екологічно чиста, оскільки шкідливі викиди в атмосферу практично відсутні.

Крім того, бінарні станції (рисунок 4.2) функціонують при досить низьких температурах джерел, порівняно з іншими типами геотермальних

станцій (100–190 °С). Така особливість в майбутньому може зробити цей тип геотермальних електростанцій найпопулярнішим, оскільки в більшій частині геотермальних джерел вода має температуру, нижчу 190 °С.

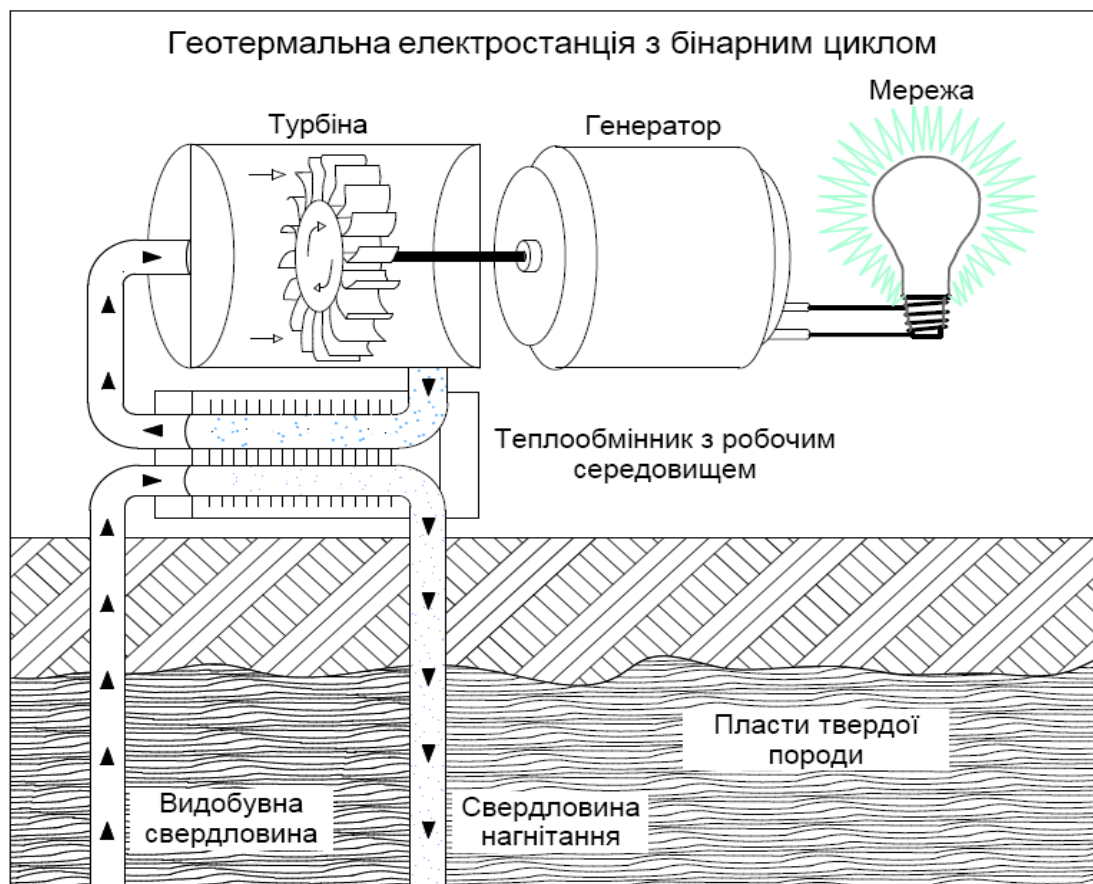


Рисунок 4.2 – Конструкція геотермальної електростанції з бінарним рухом

Геотермальні джерела можна поділити на низько-, середньо- і високотемпературні. Перші (з температурою до 150 °С) використовуються, здебільшого, для теплопостачання гарячою водою: її підводять трубами до будівель (житлових та виробничих), плавальних басейнів, теплиць і т. д. Другі (з температурою понад 150 °С), що містять суху або вологу пару, використовуються для приведення в рух турбін геотермальних електростанцій (ГеоТЕС).

Істотним мінусом "гарячих" геотермальних джерел є їхнє "виборче" розташування в місцях тектонічної нестабільності, про що йшлося вище. Якщо брати Росію, то запасами високопотенційної геотермальної енергії можна користуватися тільки на Камчатці, Курилах і в районі Кавказьких мінеральних вод.

Але земна "котельня" має не тільки високопотенційну, а й низькопотенційну енергію, джерелом якої є ґрунт поверхневих шарів землі (глибиною до 400 м) або підземні води з відносно низькою температурою. Використовувати низькопотенційне тепло можна за допомогою теплових насосів.

Тепловий режим ґрунту земляних поверхневих шарів створюється під впливом радіогенного тепла, що йде з надр землі, а також потрапляє на поверхню від сонячної радіації. Інтенсивність падаючої сонячної радіації може коливатися залежно від конкретних ґрунтово-кліматичних умов у межах від декількох десятків сантиметрів до півтора метрів.

Низькопотенційне тепло можна ефективно використовувати для обігріву будівель, водопостачання гарячою водою, підігріву різних споруд (наприклад, полів відкритих стадіонів).

Використання теплових насосів

Нагнітати тепло з ґрунту можна за допомогою теплового насоса. Ще в позаминулому столітті британський фізик Вільям Томсон розробив пристрій, який назвав "помножувачем тепла", що і заклало фундамент для розвитку названої технології.

Тепловий насос – це багатофункціональний прилад, що поєднує в собі функції опалювального котла, джерела гарячого водопостачання і кондиціонера. Основна відмінність від усіх інших джерел тепла полягає у винятковій можливості використовувати поновлювану низькотемпературну енергію навколишнього середовища на потребу опалення і нагрівання води. Ці пристрої інколи називають "тепловими насосами" завдяки здатності "перекачувати" тепло з низькотемпературного джерела до високотемпературного. Такі системи працюють без використання палива і практично не забруднюють шкідливими викидами атмосферу. Крім того, вони заощаджують до 80% енергії, що йде на опалення. Цю енергію прилад отримує з навколишнього середовища, тобто сплачувати потрібно лише за ті 20% енергії, що витрачаються на роботу циркуляційних насосів і компресора.

На рисунку 4.3 наведено принцип роботи теплового насоса.

Нам знайома ця технологія на прикладі звичайного побутового холодильника. Цей прилад складається з двох теплообмінників (конденсатора і випаровувача) та компресора. Ці агрегати об'єднано у загальний контур. Контур заповнюється речовиною – холодоагентом, наприклад, фреоном, котрий має досить низьку температуру кипіння, близько 20 °С).

Проходячи через випаровувач, він перетворюється з рідкого стану на газ за низького тиску і низької температури.

У такий спосіб тепловим насосом є машина Карно, що працює у зворотному напрямі. Такий холодильник перекачує тепло з охолодженого об'єму до навколишнього повітря. Якщо розмістити холодильник на вулиці, то, витягаючи тепло із зовнішнього повітря і передаючи його всередину будинку, можна таким простим способом обігрівати приміщення.

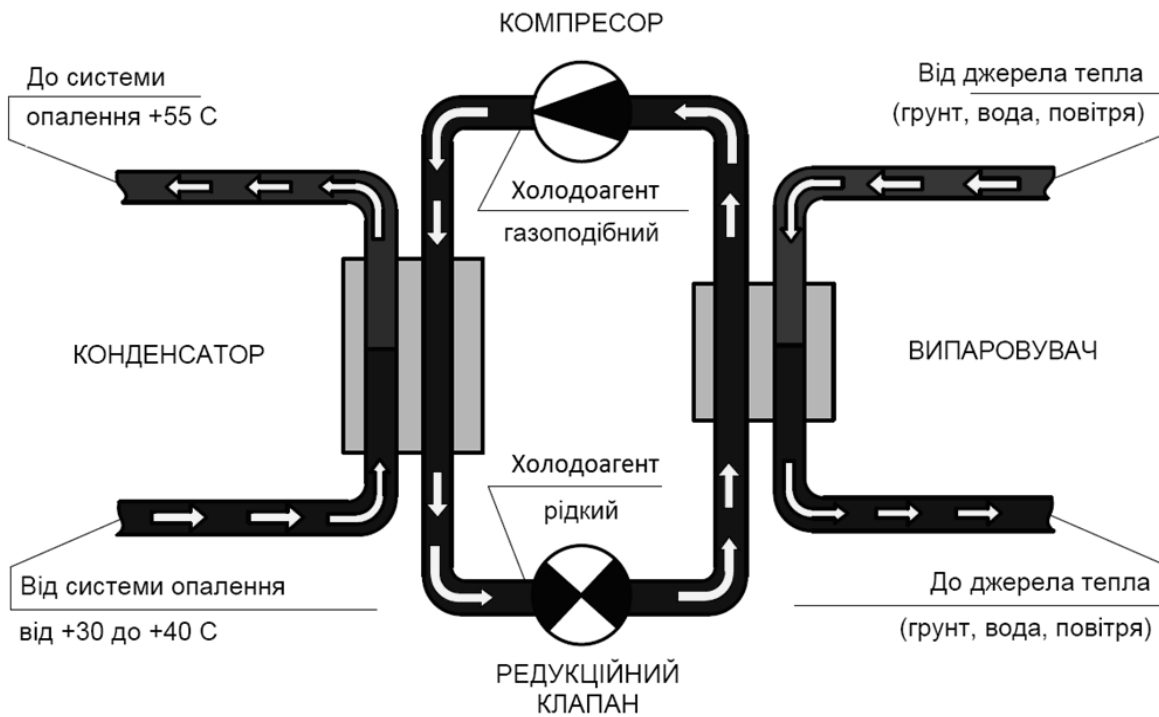


Рисунок 4.3 – Схема дії теплового насоса

Процес роботи теплового насоса

1. Проходячи по трубопроводу, покладеному, наприклад у землі, теплоносієм нагрівається на декілька градусів. Теплоносієм, проходячи через теплообмінник, що називається випаровувачем, усередині теплового насоса віддає взятє з навколишнього середовища тепло у внутрішній контур теплового насоса.

2. Внутрішній контур теплового насоса заповнений холодоагентом. Холодоагент перетворюється з рідини на газ.

3. Потрапивши з випаровувача до компресора холодоагент стискається і при цьому його температура підвищується.

4. Після цього нагрітий газ надходить у другий теплообмінник (конденсатор). Там здійснюється теплообмін між гарячим газом і теплоносієм зі зворотного трубопроводу системи опалення будинку. У такий спосіб холодоагент передає своє тепло до системи опалення, охолоджується і знову повертається в рідкий стан, а нагрітий теплоносієм системи опалення надходить до опалювальних приладів.

5. Пройшовши через редукційний клапан холодоагент надходить у випаровувач. При цьому тиск знижується, і цикл повторюється знову.

Теплові насоси є універсальними пристроями. У теплу пору року їх використовують для охолодження повітря в приміщеннях, а в холодну пору за їхньою допомогою приміщення опалюють. Принцип роботи теплового насоса при охолодженні приміщення такий самий, як і при опаленні. Тепло при цьому виходить з повітря в приміщенні і віддається водоймі або землі.

Основні типи теплових насосів: "вода–вода" і "повітря–вода"

Загальним для них є використання води як джерела низькопотенційного тепла. Якщо на необхідній глибині доступні ґрунтові води, то застосовується тепловий насос типу "вода–вода" або "вода–повітря". Оскільки вода має високу теплоємність, то ефективність системи буде досить висока. А постійна температура ґрунтових вод біля $+8\text{ }^{\circ}\text{C}$ – $+12\text{ }^{\circ}\text{C}$ гарантує оптимальне джерело низькопотенційного тепла. При цьому ґрунтові води направляються з однієї свердловини в тепловий насос, віддають там теплову енергію, а потім перекачуються в іншу свердловину, що розміщена на деякій відстані від першої.

Також застосовується насос із закритим циклом і водорозміщеним теплообмінником – спеціальна рідина (теплоносій) прокачується по колекторах (трубках), що знаходяться у водоймі, і віддає або забирає тепло у води. Будинок можливо опалювати тепловою енергією відкритої водойми в тому випадку, коли будинок знаходиться від водойми ближче 100 м, і глибина водойми, а також берегова лінія відповідають умовам, необхідним для прокладання колектора. Таким чином, для встановлення теплового насоса продуктивністю 10 кВт необхідно укласти в озеро контур довжиною 300 м (рисунок 4.4).

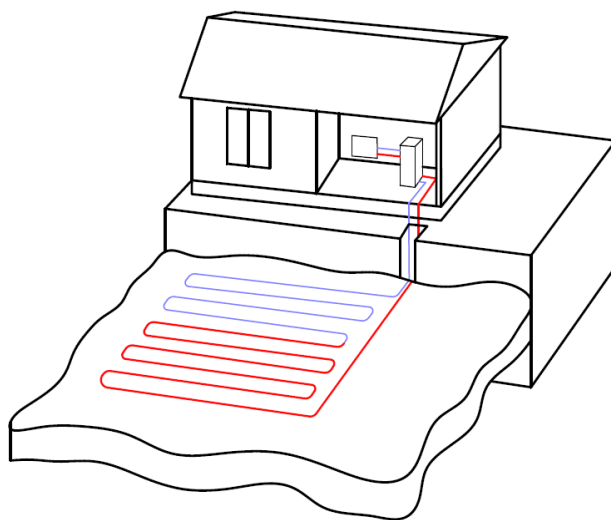


Рисунок 4.4 – Установлення теплового насоса й контуру в озеро

Перевагою такого способу є його відносна дешевизна.

Системи для ґрунту поділяються на *вертикальні* і *горизонтальні*.

Горизонтальні земляні теплообмінники використовують сонячну енергію, що накопичується у верхніх шарах ґрунту. Температура ґрунту залишається на досить високому рівні навіть у холодну пору року. По трубах колектора, зануреного на певну глибину, тече незамерзаюча рідина, що переносить отримане тепло до випаровувача теплового насоса.

Існують різні способи використання енергії ґрунту:

1. Горизонтальний колектор (рисунок 4.5) розташовується на глибині близько 1,2–1,3 м за умови, якщо є достатньо площі для його укладання.

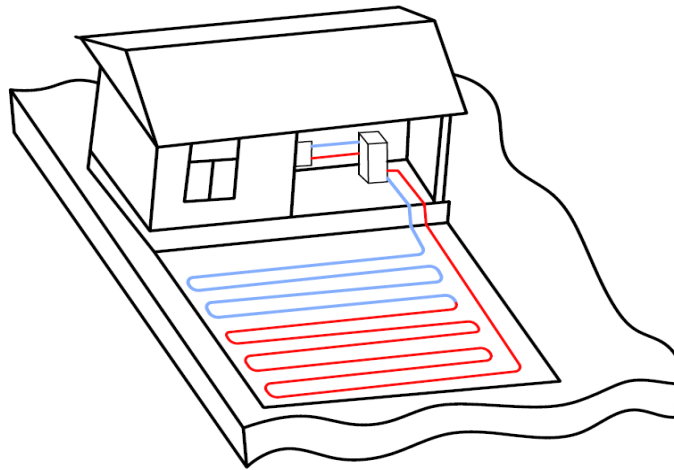


Рисунок 4.5 – Горизонтальний колектор

Горизонтальні ґрунтові теплообмінники влаштовуються, зазвичай, неподалік від будівлі, на невеликій глибині, але обов'язково нижче рівня промерзання ґрунту в зимовий період. У Європі подібні теплообмінники є щільно з'єднаними (послідовно або паралельно) трубами. Щоб заощадити площу, створено спеціальні типи теплообмінників, наприклад, у вигляді спіралі. Як джерело низькопотенційної теплової енергії перспективно використовувати води з тунелів і шахт, оскільки температура води в них має постійну температуру весь рік і легко доступна.

2. Для застосування траншейного колектора необхідно дещо менше простору, а саме: приблизно в 1–1,5 рази більше площі, ніж опалюваний простір.

3. Набагато менше місця потребують вертикальні геотермальні теплообмінники (рисунок 4.6), що складаються з трубок, через які прокачується теплоносій.

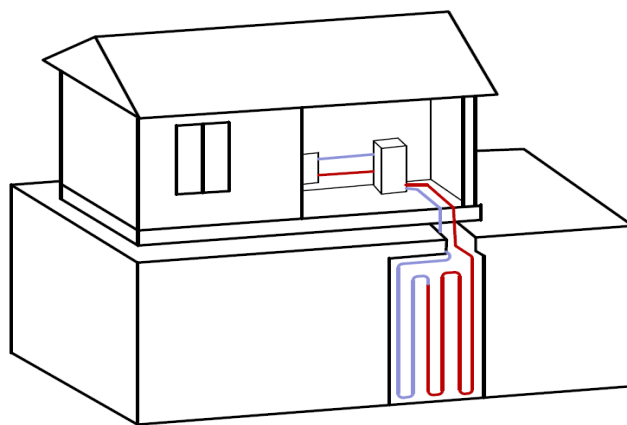


Рисунок 4.6 – Вертикальний геотермальний теплообмінник

Вони розміщуються вертикально в землі на глибині до 200 м (найчастіше 50–100 м). Такі зонди вводяться буровим інструментом. Геотермальні зонди складаються із замкнених труб, що відбирають тепло

так само, як ґрунтовий колектор. Кількість тепла, яку відбирає зонд, становить від 30 до 100 Вт на метр зонду, що значною мірою залежить від особливостей ґрунту.

4. Вертикальні ґрунтові теплообмінники використовують низькопотенційну теплову енергію ґрунтового масиву нижче "нейтральної зони" (10–20 м від рівня землі). Такі системи не потребують ділянок великої площі, а також не залежать від інтенсивності сонячної радіації. Їм підходять майже всі види геологічних середовищ, крім ґрунтів з низькою теплопровідністю, наприклад, сухого піску або гравію.

У вертикальних ґрунтових теплообмінниках теплоносій циркулює по трубах (найчастіше поліпропіленових або поліетиленових), прокладених у вертикальні свердловини глибиною від 50 до 200 м.

Зазвичай, використовується два типи вертикальних ґрунтових теплообмінників: U-подібний і коаксіальний. Перший являє собою дві паралельні труби, з'єднані в нижній частині. В одній свердловині розташовується одна або дві пари таких труб. Перевага U-подібного типу – порівняно низька вартість виготовлення.

Другий тип теплообмінника (названий також концентричним) представляє собою дві труби різного діаметру, одна з яких розміщується всередині іншої.

Системи з вертикальними ґрунтовими теплообмінниками придатні для постачання будівель як теплом, так і холодом. Невеликому будинку вистачить одного теплообмінника, а ось для великих будівель може знадобитися кілька свердловин з вертикальними теплообмінниками. Як приклад останнього слугує система тепло- та холодопостачання американського коледжу "Richard Stockton College", у якій використовується рекордна кількість свердловин – 400 (глибиною 130 м). У Європі найбільша кількість свердловин (154 свердловини глибиною 70 м) пробурено для системи тепло- та холодопостачання центрального офісу Німецької служби управління повітряним рухом.

Такий метод має найвищу ефективність роботи теплонасоса, малі витрати електроенергії і відносно дешеве тепло – на 1 кВт електроенергії одержують до 5 кВт теплової енергії, але потребує великих попередніх капіталовкладень.

Повітряні системи

Також застосовують на практиці теплонасоси, у яких джерелом низькопотенційної енергії є повітря зовні приміщення. Саме з нього відбирається тепло для опалення. Такі системи ще називають "повітряними теплонасосами". Вони розроблені й успішно використовуються в більш теплих, ніж Україна, державах, де не буває значних морозів – південних штатах США, Греції, Японії і т. д. Такі насоси не потребують ґрунтових і бурильних робіт. Але їх не рекомендується використовувати в Україні. Повітря як

джерело тепла має недолік: при низьких температурах від $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ продуктивність і коефіцієнт трансформації теплового насоса значно зменшується.

Застосування теплових насосів в інших країнах

У країнах ЄС, Китаї і Японії заохочують застосування теплових насосів. У Швеції, Іспанії, Великобританії і Китаї ефективно працює програма отримання субсидій за встановлення цього обладнання.

У Франції населення має можливість оформити податковий кредит за енергозбереження і використання поновлюваних джерел енергії. Національні норми споживання енергії Німеччини висувають суворі вимоги щодо енергоефективності будинків, і це фактично мотивує використання низькотемпературних систем опалення. ЄС також увів Директиву по енергетичних показниках будинків для поліпшення показників енергоефективності будівель, і, як результат, теплові насоси становлять близько чверті всього Європейського ринку обладнань, призначених для обігріву приміщень. А уряд Швеції до 2020 р. планує стати першою країною у світі, що використовуватиме винятково поновлювані джерела енергії.

4.2 Використання геотермальних джерел у світі

Перша геотермальна електростанція в СРСР була зведена на Камчатці – це Паужетська ГеоТЕС, що почала свою роботу в 1967 р. Спочатку потужність станції становила 5 МВт; згодом її вдалося збільшити до 11 МВт.

Потенціал гідротермальних родовищ на Камчатці величезний. Запаси тепла геотермальних вод тут оцінюються в 5000 МВт. Використання повною мірою геотермального тепла могло б вирішити енергетичну проблему Камчатської області, зробити її незалежною від привізного палива.

Найвивченішим і найбільш перспективним є Мутновське геотермальне родовище, розташоване в 90 км на південь від міста Петропавловськ-Камчатський. Ще в 1986 р. проведене Інститутом вулканології РАН оцінювання показало, що прогнозовані ресурси родовища становлять за тепловим виносом – 312 МВт, а за об'ємним методом – 450 МВт. Дослідно-промислова Верхньо-Мутновська ГеоТЕС потужністю 12 (3×4) МВт функціонує з 1999 р. Установлена потужність на 2004 р. – 12 МВт.

І чергу Мутновської ГеоТЕС потужністю 50 (2×25) МВт включили в мережу 10 квітня 2003 р.; установлена потужність на 2007 р. – 50 МВт, планована потужність станції – 80 МВт.

Діючі геотермальні електростанції забезпечують до 30% енергоспоживання центрального Камчатського енерговузла. Тепломеханічне обладнання ГеоТЕС на Мутновському родовищі розроблено, створено і побудовано заводами: турбіни належать ВАТ "КТЗ", сепаратори – ВАТ "ПМЗ", енергетична арматура – ВАТ "ЧЗЕМ".

Запасами тепла землі багаті Курильські острови. Зокрема, на острові Ітуруп, на Океанському геотермальному родовищі, уже пробурені свердловини і будується ГеоТЕС. На південному острові Кунашир є запаси геотермального тепла, і їх уже використовують для отримання електроенергії і тепlopостачання міста Южно-Курильськ. На острові Парамушир, що має запаси геотермальної води температурою від 70 до 95 °С, будується ГеоТЕС потужністю 20 МВт [11].

Істотні запаси геотермального тепла (на кордоні з Камчатською областю) є на Чукотці. Частково вони відкриті й використовуються для обігріву населених пунктів, що знаходяться поблизу.

У Росії використання геотермальної енергії, крім Камчатки, Курил, Примор'я, Прибайкалля і Західно-Сибірського регіону, можливо на Північному Кавказі. Тут вивчено геотермальні родовища з температурою від 70 до 180 °С, що знаходяться на глибині від 300 до 5000 м. У Дагестані лише в 2000 р. видобули понад 6 млн куб. м геотермальної води. Усього на Північному Кавказі приблизно півмільйона людей забезпечені геотермальним водопостачанням.

На сьогодні світовими лідерами в геотермальній електроенергетиці є США, Філіппіни, Мексика, Індонезія, Італія, Японія, Нова Зеландія та Ісландія. Особливо яскравим прикладом використання геотермальної енергії є Ісландія.

Острів Ісландія з'явився на поверхні океану внаслідок вулканічних вивержень 17 мільйонів років тому, і тепер його мешканці користуються своїм привілейованим становищем – приблизно 90% ісландських будинків обігривається підземної енергією.

Що стосується вироблення електроенергії, тут працюють п'ять ГеоТЕС загальною потужністю 420 МВт, що використовують гарячий пар з глибини від 600 до 1000 м. Таким чином, за допомогою геотермальних джерел виробляється 26,5% всієї електроенергії Ісландії.

Енергія низькопотенційна, але перспективна.

4.3 Геотермальні ресурси: можливості використання в Україні

Перехід до використання альтернативних джерел енергії є неминучим. На підтвердження даної тези наведемо такі основні аспекти:

1. Екологічний: сьогодні загальновідомий і доведений факт згубного впливу на навколишнє середовище видобутку і переробки традиційних енергоресурсів.

2. Економічний: перехід на альтернативні технології в енергетиці дозволить зберегти непоновлювані ресурси. Крім того, вартість енергії, виробленої за допомогою багатьох альтернативних джерел, уже сьогодні нижча за вартість енергії, отриманої з традиційних джерел, та і терміни окупності альтернативних електростанцій істотно коротші.

До альтернативних джерел, які, на думку фахівців, нині можуть бути

ефективно використані в енергетичному господарстві України, належать енергія сонця, вітру, біомаси, малих річок і водоскидів, геотермальна енергія. Остання є привабливою для енергетичного комплексу України в плані ресурсного потенціалу, тому що це природне тепло земних надр.

Протягом останніх 10-ти років в Україні зусиллями геологів при обмеженому фінансуванні велися роботи з вивчення геотермічних умов надр та оцінювання таких ресурсів як по всій території, так і в окремих регіонах, площах і родовищах. За результатами цих робіт побудовано геотермічні карти, оцінено ресурси термальних вод та геотермальної енергії, що міститься в сухих гірських породах.

Існують 2 основних типи геотермальних ресурсів: гідротермальні (термальні води, пароводяні суміші й перегріта пара) і петрогеотермальні (тепло сухих гірських порід з температурою понад 350 °С). Крім цього, до геотермальних ресурсів можна віднести і ресурси нагрітих підземних вод, які виводяться разом з газом і нафтою на діючих свердловинах вуглеводневих родовищ. Більш детально розглянемо типи геотермальних ресурсів.

4.4 Переваги використання геотермальної енергії

Очевидно, що доцільність розвитку геотермальної енергетики в Україні визначається, насамперед, наявністю на її території значних ресурсів геотермальної енергії.

Перевагою використання ГеоТес є і їхня екологічність. Відпрацьовані термальні води закачуються назад в підземні горизонти, що забезпечує екологічну безпеку регіону і стабільність технологічного циклу. ГеоТес мають значно меншу кількість шкідливих викидів в атмосферу – типова геотермальна станція виробляє викид CO₂ на 1 МВт · год виробленої енергії в розмірі 0,45 кг, тоді як теплоелектростанція, що працює на природному газі, – 464 кг, на мазуті – 720 кг, на вугіллі – 819 кг. Для установки ГеоТес необхідні, порівняно менші, ніж для будівництва традиційних ТЕС, ділянки землі, їх можна проектувати і розміщувати на будь-яких землях, зокрема на сільськогосподарських угіддях. Однак широке використання багатства геотермальних ресурсів ускладнено внаслідок їхньої не конкурентоспроможності, порівняно з традиційними джерелами, оскільки держава практично не інвестувала у створення потрібних технологій та обладнання. Пошук засобів на використання в Україні геотермальних ресурсів – окреме питання. Вартість геотермальних станцій сумарною потужністю 2,0–2,5 тис МВт коливається в межах \$ 1,5–2,0 млрд.

Окупність витрат, за розрахунками економістів, досягається менш ніж через 5 років. Потрібно звернути увагу: жоден спосіб отримання енергії не дозволяє так швидко виправдати витрати. Відомо, що найтриваліша окупність у сонячної енергетики, потім – в атомної, гідро- і теплоенергетики. Однак зрозуміло, що в нинішній ситуації виділити \$ 1,5–2,0 млрд на будівництво геотермальних станцій, нехай і не одразу, а

протягом декількох років, неможливо. Для широкого розвитку геотермальної енергетики в Україні потрібно проведення першочергових наукових та технічних робіт за такими напрямками: 1. Обґрунтування ресурсно-сировинної бази; 2. Складання кадастрів перспективних родовищ та переліку свердловин, які показували б наявність геотермальних ресурсів; 3. Постановка завдань з організації пошукових геологорозвідувальних робіт; 4. Обґрунтування доцільності створення промислових геотермальних електростанцій встановленою потужністю 10–100 МВт; 5. Розробка обґрунтувань, проектування і створення мережі геотермальних енергоустановок невеликої потужності (0,5–3,0 МВт), що працюють на основі експлуатації окремих високопродуктивних свердловин на малопотужних родовищах і з максимальною уніфікацією обладнання (створення блочно-модульних установок заводської поставки); 6. Обґрунтування можливості та доцільності створення систем і установок для комбінованого використання геотермального тепла (від 70 °С) та органічного палива, а також будівництва спеціальних ГеоТЕЦ на перспективних родовищах; 7. Обґрунтування створення систем геотермального теплопостачання великих населених пунктів у перспективних районах потужністю 10–100 МВт; 8. Залучення в паливно-енергетичний комплекс теплових геотермальних ресурсів, наявних на діючих нафтогазових родовищах, а також створення мережі дрібних установок геотермального теплопостачання та гарячого водопостачання потужністю 1–5 МВт з використанням окремих високопродуктивних свердловин, систем і установок за межами нафтових і газових родовищ; 9. Створення технологій і устаткування для залучення тепла сухих гірських порід, будівництво на їхній основі систем геотермального теплопостачання.

4.5 Контрольні запитання

1. Дайте визначення геотермальній енергії та опишіть сферу її застосування.
2. Як класифікуються геотермальні джерела за типом теплоносія?
3. Принцип роботи геотермальних електростанцій прямого типу.
4. Особливості роботи геотермальних електростанцій з бінарним циклом.
5. Як класифікуються геотермальні джерела за температурою теплоносія?
6. Дайте визначення поняттю «тепловий насос».
7. Який принцип роботи теплового насосу?
8. Які Ви знаєте основні типи теплових насосів?
9. Які є способи використання енергії ґрунту?
10. Досвід використання геотермальних джерел у світі.
11. Назвіть основні переваги застосування геотермальної енергії.

РОЗДІЛ 5 ВИКОРИСТАННЯ ГІДРОТЕРМАЛЬНИХ РЕСУРСІВ

5.1 Гідротермальні ресурси

Придатність теплоенергетичних вод як джерела тепла визначається, насамперед, енергетичним потенціалом, загальними запасами й дебітом свердловин, хімічним складом, мінералізацією і агресивністю вод, наявністю споживача і його віддаленістю, температурним і гідравлічним режимами бурових свердловин, фільтраційною здатністю порід-колекторів, глибинами залягання водоносних пластів і їхніми характеристиками, можливістю утилізації відпрацьованих вод та ін. Термальні води характеризуються дуже багатьма факторами: мінералізацією, кислотністю, газовим складом, тиском, глибиною залягання, температурою.

Відповідно до прогнозної регіональної оцінки геологів, ресурси термальних вод по Україні становлять: фонтануючі родовища – 23 тис. м³ на добу із сумарною гідротермальною енергією 0,6 млн Гкал на рік; родовища, ресурси яких можна добути насосним способом, – 137 тис. куб. м на добу з сумарною енергією 2,14 млн Гкал на рік; родовища, ресурси яких можна добути, підтримуючи пластовий тиск, – 27,166 млн куб. м із сумарною енергією 453 млн Гкал на рік. Існує багато критеріїв, що визначають найбільш відповідні умови для накопичення та видобутку термальних вод і згідно з якими робиться обґрунтування перспективності геологічного характеру. Наприклад: розрахункова вартість промислового освоєння гідротермальної енергії має бути близькою до вартості енергії, яку можна отримати в результаті використання традиційних джерел, наприклад, спалювання вугілля; на перспективних ділянках мають існувати умови для одночасної експлуатації 2-х і більше горизонтів. У результаті проведення комплексу узагальнювального оцінювання геологоструктурних, геотермічних і гідрогеологічних умов та критеріїв геологи встановили, що термальні води в кількості, достатній для формування бази практичного використання, розвинені в Закарпатті та в Криму. Потенційно перспективні термальні води можна отримати зі свердловин глибиною 550–1500 м, де температура води на виході становить 40–60 °С, а на глибинах до 2000 м – 90–100 °С [11].

Вивчення термальних вод у Закарпатті розпочато ще в 1964 р. До теперішнього часу розкрито термальні води більш ніж 50-ти свердловин різного призначення. Потенційно перспективні термальні води можна отримати зі свердловин глибиною від 550 м до 1500 м, температура води на виході становить 40–60 °С, а на глибинах до 2000 м температура зростає до 90–100 °С.

Найбільш сприятливі умови для отримання термальних вод існують в межах рівнинної частини Закарпаття. У цьому районі енергія підземних вод використовується вже відносно широко (порівняно з іншими регіонами

України). Добові експлуатаційні можливості 8-ми геотермальних площ Закарпаття становлять близько 240 тис м³ на добу термальних вод з температурою близько 60 °С, що дозволяє на їхній основі освоїти насосним способом енергетичні теплові потужності близько 493 МВт.

Економічно обґрунтованим, на думку геологів, є використання термальних вод Берегівського, Косинського, Залузького, Теремлянського, Велятинського, Велико-Паладського, Велико-Бактянського та Ужгородського родовищ. Найперспективнішими є родовища в Берегівському районі (Косинське і Берегівське), де з глибин 800–1300 м можна добувати води температурою 45–65 °С. Сумарні запаси термальних вод цих родовищ становлять понад 50 тис куб. м на добу, а сумарні запаси теплової енергії, акумульованої в цих водах еквівалентно близько 100 тис т умовного палива.

Експлуатація першої теплопостачальної геотермальної установки почалася в 1999 р. Це були 2 свердловини Берегівського родовища, тепло води використовувалося для опалення санаторію. Свердловини глибиною від 900 м до 1300 м пробурені ще в 1988 р. і забезпечують добовий видобуток в обсязі 750 куб. м термальної води температурою +32 °С. Загальна потужність теплоустановки становить 1,2 МВт. Експлуатація гідротермальних ресурсів забезпечує санаторію економію в розмірі 143 т у. п. на рік.

Сьогодні в м. Берегово для водопостачання плавального басейну навчально-спортивної бази використовують 2 свердловини Берегівського родовища глибиною 800 м і 970 м з виходом 648–860 куб. м термальної води на добу з температурою 58–60 °С. Ще 2 свердловини працюють тільки в літній період на Косинському родовищі, де з глибини близько 1100 м відбирається 350 куб. м води на добу температурою близько 50 °С.

На сьогодні момент планується розширити використання гідротермальних ресурсів на Закарпатті. Зокрема, на Берегівському родовищі планується запуск ще 2-х свердловин для водопостачання плавального басейну, а також розглядається можливість будівництва геотермальної електростанції потужністю 1,6 МВт у с. Теремля Тячівського району.

У Криму налічується 310 термальних фонтануючих джерел, 240 з них уже повністю досліджені. Дослідна експлуатація ведеться тільки на 2-х родовищах – Медведівському і Янтарному. Перша геотермальна міні-електростанція була побудована в 2001 р. у с. Медведівка, де 2 свердловини подають термальну воду температурою +64 °С з глибини 1700 м. Вода використовується для отримання теплоенергії, а газ, що міститься в ній, є джерелом електроенергії. Станція має теплову потужність близько 1 МВт та електричну – 100 кВт. Електрика й тепло гідротермального джерела отримують об'єкти соціальної сфери. Техніко-економічний аналіз показує, що при сучасній технології вилучення тепла гідротермальних ресурсів економічно обґрунтованими є системи з глибиною свердловин до 3 км. Тепловий потенціал 90% термальних вод на такій глибині не

перевищує 100 °С. При цьому переважним є гідротермальне теплопостачання, у результаті застосування якого заміна органічного палива більша, ніж при виробництві електроенергії.

Поліпшити ситуацію з теплопостачанням населення дозволить використання навіть слаботермальних вод (до 40 °С), запаси яких у багатьох регіонах досить значні. За наявності ресурсів гідротермальної енергетики проблем немає. Але вирішення практичних завдань використання термальних вод у теплоенергетичних цілях сьогодні ускладнюється багатьма причинами, які можна звести до 2-х груп: необхідність розробки безпечної, зважаючи на екологію утилізації відпрацьованих вод (головним чином, на основі зворотного закачування), а також високий ризик отримання свердловин з недостатньо водоспроможністю та пов'язане з цим подорожчання робіт. Таким чином, використання енергії геотермальних вод становить поки ще певну складність, пов'язану зі значними капітальними витратами на буріння свердловин і зворотне закачування відпрацьованої води, створення стійкого до корозії теплотехнічного обладнання.

5.2 Петрогеотермальна енергія

За ступенем перспективності використання петрогеотермальної енергії в Україні виділяють 4 класи територій: високоперспективні (технічно доступні, технологічно придатні до видобутку та економічно вигідні для використання), реально перспективні (технічно доступні, але економічна доцільність їхнього використання можлива при удосконаленні технологій видобутку), потенційно перспективні та малоперспективні (технічна доступність та економічна доцільність освоєння і використання яких можлива тільки за умови розробки нових технічних засобів і технологічних методів вилучення).

Найбільш перспективним регіоном для розвитку геотермальної енергетики є Закарпаття, де за геологічними і геофізичними даними на глибинах до 6 км температури гірських порід досягають 230–275 °С. На Закарпатті є унікальне місце площею 30 кв. км в районі с. Залужжя з ізотермою сухих порід +200 °С на глибині 4 км. Цих запасів достатньо для роботи декількох невеликих геотермальних електростанцій і тепличних агропромислових комплексів.

Ще в 70-х роках інститут "Атомтеплоэлектропроект" розробив техніко-економічне обґрунтування геотермальної електростанції потужністю до 10 МВт на базі Залузької геотермальної площі з перспективою розширення енергетичних потужностей. Вартість 1 кВт такої потужності геотермальної електростанції (ГеоТЕС) становить \$ 800–900, тобто ГеоТес потужністю 10 МВт коштує близько \$ 10 млн. А при нинішніх цінах на енергоресурси вартість електроенергії ГеоТес буде в 1,2–1,5 раза нижчою, ніж на тепловій станції такої ж потужності, що працює на вугіллі. При використанні

залишкового тепла ГеоТес для теплопостачання прилеглих населених пунктів, агропромислових і промислових потреб рентабельність станції зростає у 2 рази. Значні ресурси петрогеотермальної енергії існують в Криму. Найбільш перспективними є Тарханкутський і Керченський півострови, де температура гірських порід на глибинах 3,5–4,0 км може досягати 160–180 °С. Але потрібно зазначити, що за своїми технологічними властивостями для цілей енергетики можуть використовуватись лише до 4% прогнозних ресурсів петрогеотермальної енергії.

Унаслідок обмеженості територій, де зустрічаються придатні для використання гарячі породи, і відсутності економічно ефективної технології отримання тепла за масштабами використання тепла надр Україна істотно відстає від багатьох зарубіжних країн. Гостро стоїть питання відсутності достатньо економічних і ефективних технологій вилучення та використання теплоносіїв. Проблематичною є уніфікація технологічних схем та обладнання ГеоТес, оскільки кожне геотермальне родовище унікальне і відрізняється від інших своїми характеристиками: геологічними властивостями, тепловим потенціалом, хімічним складом.

5.3 Ресурси нагрітих підземних вод

Кожна третя-четверта свердловина в Полтавській та Івано-Франківській областях може бути джерелом геотермальної енергії. Для масштабного використання цього підтипу геотермальних ресурсів немає необхідності в попередній підготовчій роботі, окремій геологічній розвідці, бурінні промислових свердловин, вкладенні значних грошових коштів. Окремі об'єкти геотермальної енергії можна побудувати вже зараз, використовуючи для цього нафтогазові свердловини, на яких припинено видобуток вуглеводнів, але існує можливість видобувати гарячу воду. Доцільно також налагодити видобуток і використання вуглеводнів та термальних вод одночасно. Загалом, найбільш перспективними районами можливого використання геотермальної енергії в Україні є Закарпаття, Крим, Передкарпаття, Полтавська, Харківська, Донецька, Луганська, Херсонська, Запорізька області.

5.4 Контрольні питання

1. Освоєння гідротермальної енергії в Україні.
2. Як поділяється територія України за ступенем перспективності використання петрогеотермальної енергії?
3. Назвіть основні ресурси нагрітих підземних вод в Україні.

ГЛОСАРІЙ

1. *Відновлювальна енергетика (renewable energetics)* – енергетична галузь, що спеціалізується на отриманні та використанні енергії з відновлюваних джерел енергії.
2. *Колектор (collector)* – пристрій, до складу якого входить приймач, що поглинає випромінювання та перетворює його в будь-який інший вид енергії, та концентратор, що є оптичною системою, яка спрямовує потік з більшою густиною випромінювання на приймач.
3. *Геліоустановка (solar installation)* – обладнання для перетворення енергії сонячної радіації в інші зручні для використання види енергії (теплову або електричну через теплову).
4. *«Сонячний ставок» (solar pond)* – штучна водойма, яка містить високу концентрацію солі в придонних шарах води, неконвекційний середній шар води, у якому концентрація солі зростає з глибиною і конвекційний шар з низькою концентрацією солі – на поверхні.
5. *Фотоелектричний перетворювач (photoelectric converter)* – електричний пристрій, що діє як перетворювач, і слугує для перетворення частини світлової енергії (як правило, видимих і інфрачервоних електромагнітних хвиль) в електричну за допомогою фотоелектричного ефекту.
6. *Вітрова електростанція (wind power)* – електростанція, яка за допомогою вітрової турбіни перетворює механічну енергію вітру на електричну. Вітрові електростанції – це система відновлюваної енергетики, оскільки вітер – відновлюване джерело енергії.
7. *Біопаливо (bio fuels)* – органічні матеріали, які використовуються для виробництва енергії.
8. *Геотермальна енергія (geothermal energy)* – промислове отримання енергії, зокрема електроенергії, з гарячих джерел, термальних підземних вод.
9. *«Тепловий насос» (heat pump)* – прилад, який переносить розсіяну теплову енергію в опалювальний контур.
10. *Термальні води (hot water)* – підземні води, що мають підвищену температуру (вище 20 °C).

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. CSN 060210 Vypocet tepelných ztrát budov plínstředním vytápění.
2. Беляев В. С. Проектирование энегоекономичных и энергоактивных гражданских зданий / В. С. Беляев, Л. П. Хохлова. – М. : Высшая школа, 1991. – 255 с.
3. <http://www.winterm.com.ua/sintsolar.htm>.
4. geonews.com.ua@gmail.com2004-11-к15 "GEOnews".
5. <http://www.diagram.com.ua/list/alter-energy/alter-energy165.shtml>.
6. Долінський А. А. Стан енергетики України та перспективи її розвитку / А. А. Долінський, Л. М. Грабов // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 3.
7. Железная Т. А. Обзор современных технологий газификации биомассы / Т. А. Железная, Г. Г. Гелетуха // Промышленная теплотехника. – 2006. – Т. 28. – № 2. – С. 61–73.
8. Гелетуха Г. Г. Використання місцевих видів палива для виробництва енергії в Україні / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железна, Ю. Б. Матвеев // Промислова теплотехніка. – 2006. – Т. 28. – № 2. – С. 85–93.
9. Гелетуха Г. Г. Современное состояние и перспективы развития биоэнергетики в Украине / Г. Г. Гелетуха, Т. А. Железная, Н. М. Жовмир, Ю. Б. Матвеев // Промышленная теплотехника. – 2005. – Т. 27. – №. 1. – С. 78–85.
10. <http://www.ursea.it/walking/192/percorso.htm>.
11. Воробйов Л. Й. Стан енергетики України та перспективи її розвитку / Л. Й. Воробйов, Л. М. Грабов // Енергетика та електрифікація. – 2011. – № 7.

Навчальне видання

**Дудар Ігор Никифорович
Кучеренко Лілія Василівна
Швець Віталій Вікторович**

**Енергозбереження в міському будівництві
Частина 2**

Навчальний посібник

Рукопис оформив В. Швець

Редактор О. Ткачук

Оригінал-макет підготовлено О. Ткачуком

Підписано до друку 19.03.2018.

Формат 29,7×42¼. Папір офсетний.

Гарнітура Times New Roman.

Друк різнографічний. Ум. друк. арк. 4,26.

Наклад 50 (1-й запуск 1-20) Зам. № 2018-063.

Видавець та виготовлювач
інформаційний редакційно-видавничий центр.

ВНТУ, ГНК, к. 114.

Хмельницьке шосе, 95,

м. Вінниця, 21021.

Тел. (0432) 65-18-06.

press.vntu.edu.ua;

E-mail: kivc.vntu@gmail.com.

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи
серія ДК № 3516 від 01.07.2009 р.