

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О. М. БЕКЕТОВА

Ю. Л. Коваленко

ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА МІСТ
ТА ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти
денної форми навчання зі спеціальності
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Харків
ХНУМГ ім. О. М. Бекетова
2024

УДК 504.054

Коваленко Ю. Л. Еколого-енергетична безпека міст та відновлювана енергетика : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності 183 – Технології захисту навколишнього середовища / Ю. Л. Коваленко ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024. – 112 с.

Автор

канд. техн. наук, доц. Ю. Л. Коваленко

Рецензент

В. Є. Бекетов, кандидат технічних наук, доцент кафедри інженерної екології міст (Харківський національний університет міського господарства імені О. М. Бекетова)

Рекомендовано кафедрою інженерної екології міст, протокол № 14 від 29.12.2023.

© Ю. Л. Коваленко, 2024

© ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2024

ЗМІСТ

Вступ.....	4
1 Аналіз системи забезпечення енергетичної безпеки України та світу. Взаємозв'язки та організаційна структура.....	5
2 Споживання енергії об'єктами міського господарства.....	18
3 Порівняльна оцінка енергетичних ресурсів. Впровадження і використання енергозберіжних технологій.....	26
4 Впровадження і використання відновлювальних джерел енергії.....	49
5 Визначення технологій і проектування систем вітроенергетики, сонячної енергетики.....	55
6 Проектування систем і технологій використання біомаси. Гідроенергетичний потенціал. Гідротермальні ресурси. Воднева енергетика.....	77
7 Обґрунтування рішень, направлених на мінімізацію екологічних ризиків об'єктів теплоенергетики.....	91
8 Обґрунтування рішень, направлених на мінімізацію екологічних ризиків об'єктів атомної енергетики, гідроенергетики, нетрадиційної енергетики.....	98
Список рекомендованих джерел.....	110

ВСТУП

Метою викладання навчальної дисципліни «Еколого-енергетична безпека міст та відновлювана енергетика» є формування у здобувачів освіти знань стосовно проєктування, впровадження і використання відновлювальних джерел енергії, ресурсо- та енергозбережних технологій у виробничій та соціальній сферах.

Під час викладання дисципліни здобувачі вирішують такі завдання:

- аналізують наявні запаси, енергетичну цінність та економічні показники енергоресурсів, вплив на довкілля в наслідок їхнього використання;
- розробляють заходи із впровадження відновлювальних джерел енергії та ресурсо- та енергозбережних технологій у виробничій та соціальній сферах;
- організують проєктування систем і технологій захисту навколишнього середовища в енергетичному секторі;
- оцінюють екологічні ризики від впровадження технологій в енергетичному секторі на загальнодержавному, регіональному й локальному рівнях.

1 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ БЕЗПЕКИ УКРАЇНИ ТА СВІТУ. ВЗАЄМОЗВ'ЯЗКИ ТА ОРГАНІЗАЦІЙНА СТРУКТУРА

Основні терміни та визначення

Енергетична безпека – захищеність національних інтересів у сфері забезпечення доступу до надійних, стійких, доступних і сучасних джерел енергії технічно надійним, безпечним, економічно ефективним та екологічно прийнятним способом у нормальних умовах і в умовах особливого або надзвичайного стану.

Відновлювана енергетика – сфера господарювання, науки і техніки, що охоплює виробництво, передачу, перетворення, накопичення і споживання електричної, теплової і механічної енергії шляхом використання як первинних енергоресурсів відновлюваних джерел енергії.

Відновлювані джерела енергії (далі – ВДЕ) – це потоки енергії, що постійно або періодично діють у навколишньому середовищі.

Всі енергетичні потоки відновлюваних джерел енергії розділяються на дві основні групи:

- пряма енергія сонячного випромінювання;
- вторинні прояви енергії сонячного випромінювання у вигляді енергії вітру, гідроенергії, теплової енергії навколишнього середовища, енергії біомаси.

ВДЕ класифікують у такий спосіб:

- промениста енергія Сонця;
- енергія вітру;
- гідроенергія течій води, хвиль, припливів;
- тепла енергія навколишнього середовища (Землі, повітря, морів та океанів), геотермальна енергія;
- енергія біомаси.

Традиційні енергоресурси – енергоресурси, що застосовуються як первинне джерело енергії в сучасній традиційній енергетиці.

До них відносяться всі невідновлювані джерела енергії і два види відновлюваних – дрова і гідроенергія великих водотоків.

Невідновлювані або вичерпні енергоресурси – енергоджерела з фактично і потенційно обмеженим енергоресурсом – переважно корисні копалини, газ, вугілля, нафта, ядерне паливо.

Органічне паливо – органічні речовини зазвичай природного походження, що використовуються як енергоджерела – вугілля, нафта, газ, дрова.

Розвідані запаси енергоресурсів – включають розвідані запаси енергоносіїв, наявність яких визначено достатньо вірогідно, а їхня кількість визначена достатньо точно. Розвідані енергоресурси можуть бути добуті вже найближчим часом із застосуванням сучасних технологій.

Потенційні запаси енергоресурсів – включають розвідані запаси та прогнозні запаси енергоресурсів.

Прогнозні запаси – це запаси енергоресурсів, наявність яких вірогідно доведено, але видобуток їх вимагає застосування нових, ще не розроблених зараз технологій.

Енергетичний потенціал відновлюваних джерел енергії – показник, що визначає кількість енергії, властиву певному виду ВДЕ.

Енергетичний потенціал ВДЕ розділяють так:

– теоретично-можливий або теоретичний потенціал ВДЕ – загальна кількість енергії, якою характеризується кожне з відновлюваних джерел енергії;

– технічний або технічно-досяжний потенціал ВДЕ – частина енергії загального потенціалу, яку можна реалізувати за допомогою сучасних технічних пристроїв;

– доцільно-економічний потенціал ВДЕ – частина енергії загального потенціалу, яку доцільно використовувати, враховуючи економічні, соціальні, техніко-технологічні та політичні фактори.

Умовне паливо – одиниця обліку палива, що застосовується для співставлення різних його видів і використовується як енергетичний еквівалент, що характеризує потенційну енергоємність або розміри запасів відповідного енергоджерела. За одиницю умовного палива приймається 1 кг палива з теплою згоряння 7 000 ккал/кг або 29,3 МДж/кг, або 8,14 кВт · год/кг.

Співвідношення між паливом умовним і натуральним виражається формулою:

$$B_y = (Q_n/7\,000)B_n = E_n \cdot B_n,$$

де B_y – маса еквівалентної кількості у. п., кг;

B_n – маса натурального твердого або рідкого палива, кг; газоподібного, м³;

Q_n – нижча теплота згоряння натурального палива, ккал/кг або ккал/м³;

E_n – калорійний еквівалент, дорівнює $Q_n/7\,000$.

Основними одиницями при визначенні питомих показників енергетичного потенціалу є кілоджоуль (кДж), кілокалорія (ккал), кіловат-година (кВт · год), кілограм умовного палива (кг у. п.), кілограм нафтового еквіваленту (кг н. е.) (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Співвідношення одиниць енергії

Одиниці енергії	кДж	ккал	кВт · год	кг у. п.	кг н. е.
1 кДж	1	0,2 388	0,000 278	0,000 034	0,000 024
1 ккал	4,1 868	1	0,001 163	0,000 143	0,0 001
1 кВт · год	3 600	860	1	0,123	0,086
1 кг у. п.	29 308	7 000	8,14	1	0,7
1 кг н. е.	41 868	10 000	11,63	1,428	1

Питома теплота згоряння (q) — кількість теплоти, що виділяється у разі повного згоряння одиниці маси твердого палива або одиниці об'єму газоподібного палива.

Вища теплота згоряння – кількість тепла, що виділяється при повному згорянні 1 кг або 1 м³ робочого палива за умови, що водень, який міститься в ньому, згоряє з утворенням води.

Нижча теплота згоряння (табл. 1.2) – кількість тепла, що виділяється при згорянні 1 кг або 1 м³ робочого палива, з урахуванням згоряння водню у водяну пару і випаровування вологи палива.

Таблиця 1.2 – Нижча теплота згоряння основних видів палив

Вид пального	Одиниця виміру	ккал	кВт · год	МДж
Електроенергія	кВт · год	864	1	3,62
Дизельне паливо	л	10 300	11,9	43,1
Мазут	л	9 700	11,2	40,6
Нафта	л	10 500	12,2	44,0
Бензин	л	10 500	12,2	44,0
Газ природний	м ³	8 000	9,3	33,5
Вугілля кам'яне	кг	6 450	7,5	27,0
Пелет з лушпіння	кг	4 320	5,0	18,1
Висушена деревина	кг	3 400	3,9	14,2
Солома	кг	3 750	4,3	15,7
Водень	м ³	28 700	33,2	120

Питома теплота пароутворення і конденсації (L, r) – кількість теплоти, яку необхідно надати одиниці маси речовини для перетворення її в пару за температури кипіння, або кількість теплоти, що виділяється під час конденсації речовини.

Вода за нормального атмосферного тиску закипає за 100 °С, а теплота випаровування води становить 2 258,2 кДж/кг

Споживання енергії у світі, геополітична ситуація

Вся енергетична система Землі складається із двох частин:

- динамічного потоку енергії, що проходить над поверхнею Землі;
- статичного запасу енергії, тобто органічного палива, ядерної та геотермальної енергії, що знаходиться під поверхнею Землі.

На поверхню Землі та на її атмосферу направлені такі три енергетичні потоки із такою потужністю:

- сонячне випромінювання 174 400 ТВт;
- гравітаційна енергія планет 3 ТВт;
- тепловий потік із середини Землі 30 ТВт.

Стратегією розвитку світової енергетики визначено:

- у 2040 р. 50 % електроенергії буде вироблятися завдяки використанню ВДЕ та альтернативних видів палива (АВП);
- наприкінці ХХІ століття частка електроенергії, виробленої з ВДЕ та АВП, може перевищити 85 %.

До 2050 року планується довести частку ВДЕ та АВП в загальному паливно-енергетичному балансі Євросоюзу до 50 %.

Цілі України як одного із учасників цієї угоди:

- скорочення викидів вуглекислого газу на 40 % до 2030 року;
- до 2050 року – 70 %.

Енергетична безпека України. Енергетична стратегія України

За даними Державної служби статистики України (рис. 1.1) енергетичний баланс України характеризується такими показниками.

ЕНЕРГЕТИЧНИЙ БАЛАНС УКРАЇНИ ЗА 2020 РІК¹ / ENERGY BALANCE OF UKRAINE 2020¹											
(оперативні дані) / (operative data)											
Тисяч тонн нафтового еквівалента / Thousand ton											
ПОСТАЧАННЯ ТА СПОЖИВАННЯ	Вугілля й торф / Coal & peat	Сира нафта / Crude oil	Нафто-продукти / Oil products	Природний газ / Natural Gas	Атомна енергія / Nuclear	Гідро-електро-енергія / Hydro	Вітрова, сонячна енергія / Geotherm. solar etc.	Біопаливо та відходи / Biofuels & waste	Електро-енергія / Electricity	Тепло-енергія / Heat	Усього / Total
Виробництво	12753	2476	-	15856	19994	650	794	4438	-	56	57017
Імпорт	11036	1815	10204	7386	-	-	-	51	234	-	30726
Експорт	-39	-116	-226	-	-	-	-	-424	-442	-	-1246

Рисунок 1.1 – Енергетичний баланс України

Структуру балансу електричної енергії, що була куплена ДП «Енергоринок» у виробників електричної енергії та продана енергопостачальникам у 2017 році, наведено на діаграмі (рис. 1.2).

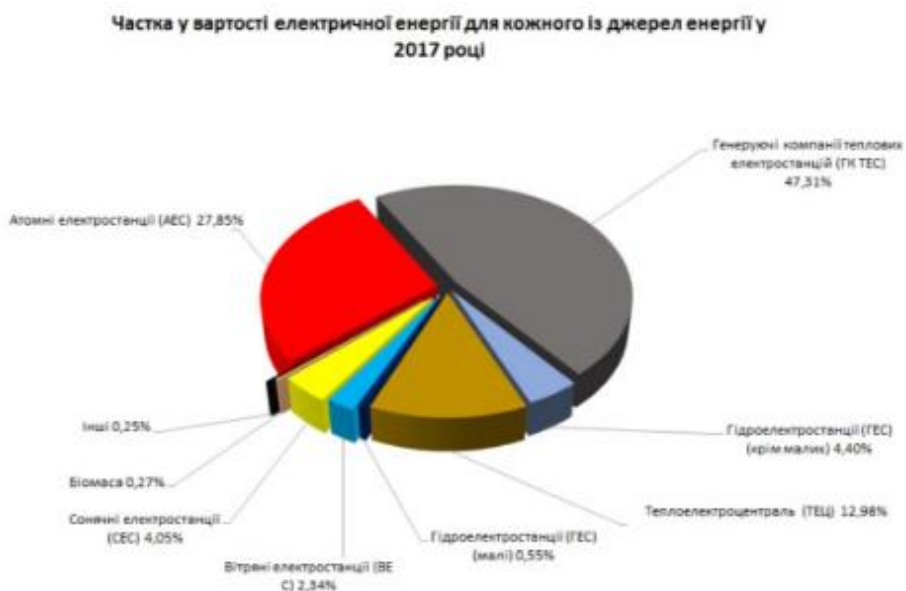
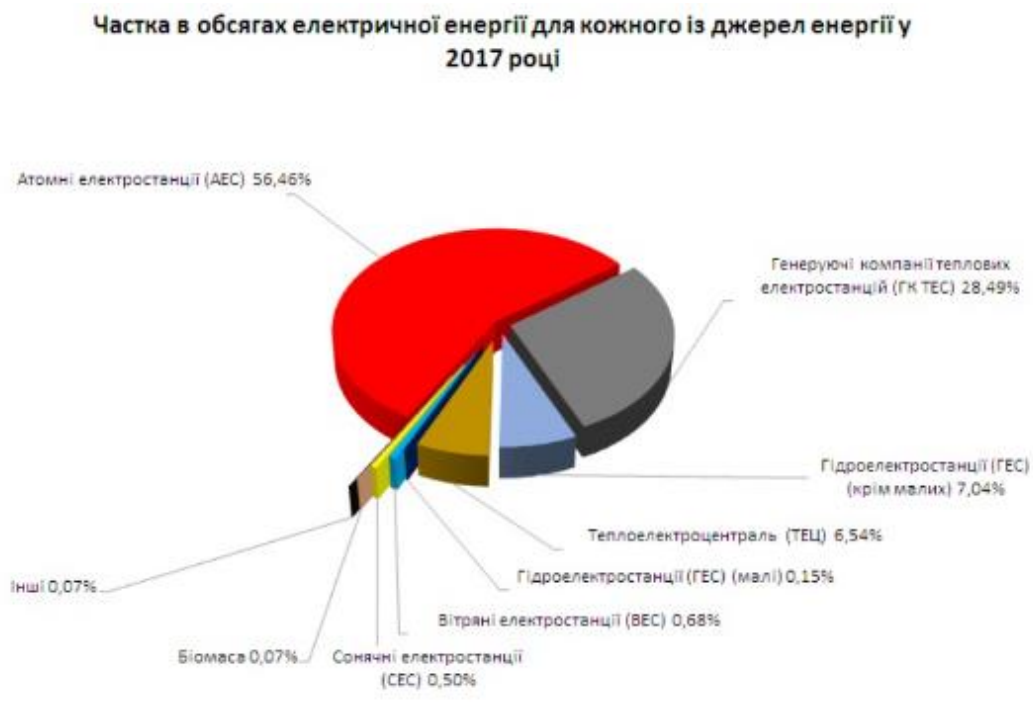


Рисунок 1.2 – Структура балансу електричної енергії

Стратегію енергетичної безпеки України Схвалено розпорядженням Кабінету Міністрів України від 4 серпня 2021 р. № 907-р.

Цілями Енергетичної стратегії України є:

- досягнення максимального рівня кліматичної нейтральності;
- максимальне скорочення використання вугілля в енергетичному секторі;
- оновлення та модернізація енергетичної інфраструктури;
- підвищення ефективності використання ресурсів в енергетичному секторі;
- інтеграція з ринками Європейського Союзу та ефективне функціонування внутрішніх ринків;
- забезпечення енергетичного сектора власними ресурсами з урахуванням економічної доцільності;
- розвиток альтернативних джерел енергії, нових продуктів та інноваційних рішень в енергетичному секторі.

Енергетичною стратегією України передбачено:

- збільшення частки «зеленої» енергії до 25 % у енергетичному балансі країни;
- зниження імпортозалежності енергетичної галузі України з 51 % у 2015 р. до 33 % у 2035 р.;
- повноцінна інтеграція з енергетичною системою ЄС.

Генеруючі потужності, що працюють із використанням вугілля, є одними з найбільших забруднювачів навколишнього природного середовища, перебувають на межі граничного ресурсу та фізичного зносу і потребують заміщення більш сталим екологічно чистим виробництвом енергії.

Водні ресурси країни мають значний невикористаний гідроенергетичний потенціал, зокрема потенціал для запуску гідроакмулювальних та малих гідроелектростанцій. Країною не повною мірою використовується потенціал біоенергетики та вітроенергетики.

Сектор перебуває у стані підвищеного рівня загроз енергетичній безпеці країни.

Стратегією визначено такі загрози енергетичній безпеці національного рівня:

1. Низька енергоефективність національної економіки.

2. Надмірне навантаження на діяльність паливно-енергетичного комплексу через потребу забезпечення додаткових та нераціональних обсягів постачання, що призводить до надмірного навантаження на суспільні витрати для енергозабезпечення споживачів, а також негативного впливу діяльності енергетики на довкілля, знижує конкурентоздатність країни на світових ринках та у двосторонніх відносинах з країнами – постачальниками енергоресурсів.

3. Вплив зміни клімату на структуру та режими енергоспоживання.

Формування додаткових загроз операційній безпеці систем енергозабезпечення внаслідок виникнення непрогнозованих під час попереднього проектування системи режимів роботи та різких коливань у режимах споживання / виробництва, ризиків припинення енергозабезпечення споживачів внаслідок аварій, збільшення економічних збитків для споживачів (внаслідок порушення енергопостачання) та виробників (внаслідок запровадження заходів із запобігання та відновлення після аварій).

4. Зволікання з прийняттям та імплементацією рішень щодо відмови від використання вугілля для потреб енергетики.

Формування ризиків погіршення міжнародного іміджу України, збереження негативного впливу на навколишнє природне середовище, зволікання із заміщенням неефективної вугільної генерації сучасними та екологічними потужностями, стримування трансформації вугільних регіонів, зокрема щодо залучення інвестицій та переорієнтації працівників вугільного комплексу.

5. Високий рівень обсягів промислових викидів і стоків від діяльності підприємств паливно-енергетичного комплексу.

Збільшення обсягів промислових викидів, площ земельних ділянок, відведених під складування відходів, нераціональне використання ресурсів для потреб енергетики, негативний вплив на довкілля і, як наслідок, збільшення суспільних витрат на поводження з відходами, на енергозабезпечення для споживачів та захист здоров'я громадян.

6. Високий рівень викидів парникових газів від діяльності паливно-енергетичного комплексу.

Подальші негативні тенденції та загрози, пов'язані із зміною клімату, з необхідністю виділення суспільних видатків на запобігання та адаптацію до цих змін; формування ризиків запровадження міжнародних обмежень на функціонування енергетичного сектора країни та продукцію національної економіки, погіршення міжнародного іміджу України та формування проблем в межах дотримання Україною прийнятих міжнародних зобов'язань.

7. Висока вуглецеємність кінцевого енергоспоживання.

Зниження рівня конкурентоспроможності національної економіки на міжнародних ринках, формування ризиків запровадження міжнародних обмежень на функціонування національної економіки, погіршення міжнародного іміджу України.

Стратегією встановлено шляхи забезпечення енергетичної безпеки та сценарії змін в енергетичній сфері.

Енергетична ефективність використання енергоресурсів та енергоефективності національної економіки:

– реалізація комплексу заходів та програм підвищення енергоефективності за секторами національної економіки, зокрема в паливно-енергетичному комплексі, а також у житлово-комунальній сфері, домогосподарствах та бюджетній сфері;

– запровадження принципу «енергоефективність передусім» для прийняття владою та бізнесом відповідних рішень;

– реалізація комплексу заходів із розширення використання локальних альтернативних видів палива;

– розроблення комплексу заходів з інтеграції споживачів, що використовують відновлювані джерела енергії для власного споживання, у роботу Об'єднаної енергетичної системи України.

Екологічно прийнятний вплив енергетики на довкілля:

– оптимізація та визначення механізму фінансування заходів з екологізації генеруючих потужностей, що працюють із використанням вугілля, передбаченої Національним планом скорочення викидів від великих спалювальних установок, схваленим розпорядженням Кабінету Міністрів України від 8 листопада 2017 р. № 796;

– суттєве зниження викидів парникових газів від діяльності підприємств паливно-енергетичного комплексу, сприяння заміщенню використання традиційного палива на транспорті використанням електроенергії та біопалива;

– здійснення обґрунтованого підвищення частки відновлюваних джерел енергії з урахуванням вимог забезпечення операційної безпеки систем енергозабезпечення та впливу на цінові параметри енергетичного ринку;

– здійснення заходів з екологізації генеруючих потужностей, що працюють із використанням вугілля, з метою збереження середньострокових перспектив конкурентного розвитку виробництва електричної енергії на основі використання вітчизняних енергетичних ресурсів;

– розроблення та реалізація довгострокової програми заміщення генеруючих потужностей, що працюють з використанням вугілля.

Індикатори еколого-енергетичної безпеки:

1. Паливопостачання. Споживання палива на душу населення. Доля домінуючого виду палива у сумарній кількості палива.

2. Виробництва електричної і теплової енергії. Вироблення електроенергії на душу населення. Вироблення теплоенергії на душу населення. Частка власних джерел у покритті балансу. Частка ГЕС у загальній встановленій

потужності. Частка потужності найбільшої електростанції. Рівень резерву встановленої потужності.

3. Передачі та розподілу енергії. Ступінь зношення підстанцій. Ступінь зношення вимикачів. Ступінь зношення трансформаторів.

4. Імпорту електроенергії. Рівень резерву щодо міжсистемних зв'язків. Рівень резерву в енергосистемі. Величина імпорту електроенергії на одиницю спожитої електроенергії.

5. Екологічний. Рівень викидів діоксиду вуглецю та забруднювальних речовин на 1 тис. т у. п. та на 1 жителя.

6. Споживання електроенергії на душу населення. Споживання теплоенергії на душу населення. Співвідношення вартості і середньодушового доходу населення.

7. Управління і фінансів. Рівень дебіторської заборгованості споживачів щодо вартості спожитих енергоресурсів. Рівень дебіторської міжвідомчої заборгованості між підприємствами ПЕК щодо вартості спожитих енергоресурсів. Рівень сумарної дебіторської та кредиторської заборгованості щодо вартості спожитих енергоресурсів.

Рівень енергоємності ВВП України за даними Світової енергетичної ради WEC лишається у 2,5–3 рази вищим, ніж у більшості європейських країн (ПКС) – паритет купівельної спроможності у цінах 2005 р. Паритетом купівельної спроможності є фіктивний обмінний курс двох або декількох валют, розрахований на основі їхньої купівельної спроможності стосовно певних наборів товарів і послуг (рис. 1.3).

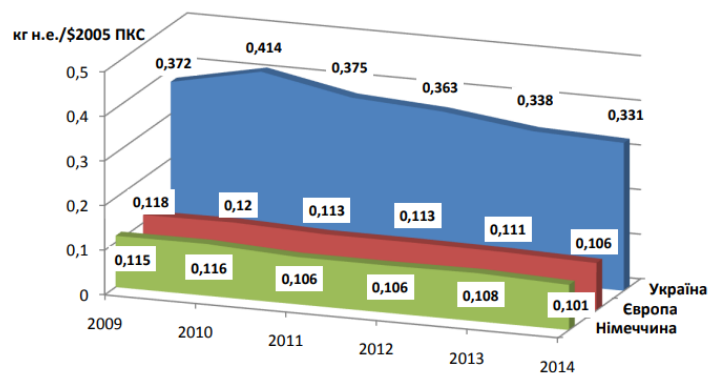


Рисунок 1.3 – Первинна енергоємність ВВП України, порівняно з Європою

Відповідно до Енергетичної стратегії України за показником енергоємності ВВП наша країна в декілька разів перевищує показники розвинених країн Західної і Східної Європи. Зокрема, енергоємність ВВП України в 2010 р. склала 0,55 т у. п. на 1 000 дол. ВВП у порівнянні з 0,1 – для Німеччини, 0,2 – для Польщі.

За індексом енергетичної стійкості Energy Trilemma Index, що розраховується Всесвітньою енергетичною радою (World Energy Council, WEC), Україна у 2015 р. зайняла 110 місце серед 129 країн світу (рис. 1.4). Індекс WEC присвоюється на основі порівняльного аналізу енергетичної ситуації в країні і ґрунтується на трьох факторах:

- енергетичної безпеки (Energy Security);
- доступності електрики для населення (Energy Equity);
- екологічності енергетичної галузі (Environmental Sustainability).

Значення Energy Trilemma Index					
Energy Trilemma Index					
	2011	2012	2013	2014	2015
1	Швейцарія	Швейцарія	Швейцарія	Швейцарія	Швейцарія
2	Данія	Данія	Данія	Швеція	Норвегія
3	Швеція	Швеція	Швеція	Норвегія	Швеція
Ukraine	95	99	97	94	110
Energy Security					
	2011	2012	2013	2014	2015
1	Росія	Росія	Канада	Канада	Канада
2	Канада	Канада	Росія	Росія	Данія
3	Данія	Велика Британія	Данія	Катар	США
Ukraine	54	60	59	54	88
Energy Equity					
	2011	2012	2013	2014	2015
1	США	США	США	США	США
2	Канада	Канада	Канада	Канада	Люксембург
3	Австралія	Австралія	Австралія	Австралія	Канада
Ukraine	70	73	73	74	64
Environmental Sustainability					
	2011	2012	2013	2014	2015
1	Швейцарія	Швейцарія	Швейцарія	Швейцарія	Швейцарія
2	Коста-Ріка	Коста-Ріка	Коста-Ріка	Коста-Ріка	Коста-Ріка
3	Албанія	Албанія	Албанія	Албанія	Колумбія
Ukraine	114	114	114	116	121

Рисунок 1.4 – Індекс енергетичної стійкості

Нормативно-правові акти з питань енергоефективності:

1. Закон України Про енергетичну ефективність.
2. Закон України Про енергетичну ефективність будівель.
3. Закон України Про Фонд енергоефективності.
4. Закон України Про запровадження нових інвестиційних можливостей, гарантування прав та законних інтересів суб'єктів підприємницької діяльності для проведення масштабної енергомодернізації.
5. Закон України Про альтернативні джерела енергії.
6. Методика визначення енергетичної ефективності будівель, затверджена Наказом Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України 11 липня 2018 року № 169.
7. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель.
8. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні 2015 року.

2 СПОЖИВАННЯ ЕНЕРГІЇ ОБ'ЄКТАМИ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА

Тепловий баланс

Метод *оцінки річного енергоспоживання будівель* житлового та громадського призначення, що проєктуються або експлуатуються містить розрахунок річного енергоспоживання при:

- а) опаленні будівлі взимку;
- б) охолодженні будівлі влітку;
- в) вентиляції;
- г) гарячому водопостачанні;
- д) освітленні;
- е) живленні електроприладів.

Енергетичний (тепловий) баланс будівлі містить такі складові:

$$Q_{оп} + Q_{інс} + Q_{люд} + Q_{ел.прил} + Q_{світ} + Q_{г.вод} - Q_{стін} - Q_{вік} - Q_{стел} - Q_{підл} - Q_{інф} = 0,$$

де $Q_{оп}$ – надходження тепла від системи опалення;

$Q_{інс}$ – надходження тепла крізь вікна від сонячної радіації;

$Q_{люд}$ – надходження тепла від людей;

$Q_{ел.прил}$ – надходження тепла від працюючих електричних приладів;

$Q_{світ}$ – надходження тепла від освітлення;

$Q_{г.вод}$ – надходження тепла від гарячого водопостачання;

$Q_{стін}$ – втрати тепла через стіни;

$Q_{вік}$ – втрати тепла через вікна;

$Q_{стел}$ – втрати тепла через стелю;

$Q_{підл}$ – втрати тепла через підлогу;

$Q_{інф}$ – втрати тепла з інфільтрацією.

Розрахунки проводять згідно з ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель.

Стандарт визначає квазістаціонарний метод, за яким тепловий баланс розраховують окремо для кожного місяця.

Основи розрахунку втрат тепла протягом опалювального сезону

Передача тепла з однієї рухомої основи (рідини або газу) до іншої через однорідну або багат шарову стінку, що розділяє їх, називається **теплопередачею** (рис. 2.1).

Теплопередача враховує:

- тепловіддачу від більш гарячого середовища до стіни;
- теплопровідність у стінці;
- тепловіддачу до більш холодного рухомого середовища.

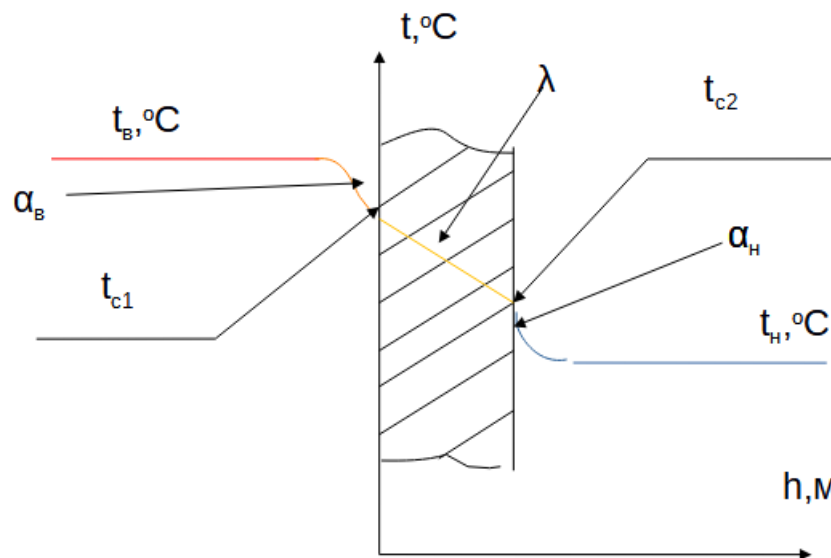


Рисунок 2.1 – Теплопередача через плоску однорідну стінку:

t_b ; t_h – температура внутрішнього і зовнішнього повітря; t_{c1} ; t_{c2} – температура внутрішньої і зовнішньої поверхні стінки; α_b α_h – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої і зовнішньої поверхні стінки; λ – коефіцієнт теплопровідності

Коефіцієнт теплопровідності, λ , Вт/м · К – кількість теплоти, що проходить за одиницю часу через одиницю поверхні за різниці температури в один градус.

Коефіцієнт теплопровідності є фізичним параметром речовини, що характеризує здатність тіл проводити теплоту.

Визначається експериментально на основі вимірювання теплового потоку

та градієнта температур у заданій речовині.

Довідкові значення теплопровідності будівельних матеріалів наведено у таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Розрахункові значення теплопровідності будівельних матеріалів

Ч. ч.	Будівельний матеріал	Теплопровідність, Вт/(м · К)
1	Керамзитобетон на керамзитовому піску густиною 1 800 кг/м ³	0,66
2	Цегла силікатна повнотіла на цементно-піщаному розчині	0,7
3	Цегла керамічна порожниста густиною 1 400 кг/м ³ (брутто) на цементно-піщаному розчині	0,47
4	Розчин цементно-піщаний густиною 1 800 кг/м ³	0,58
5	Екструдований пінополістирол, густина 35 кг/м ³	0,035
6	Мінеральна вата на основі базальтового волокна, густина 100 кг/м ³	0,038
7	Резольно-формальдегідний пінопласт, густина 50 кг/м ³	0,041

Коефіцієнт тепловіддачі, α , Вт/м² · К – кількість теплоти, що віддається одиницею поверхні тіла за одиницю часу за різниці температур в один градус.

Коефіцієнт тепловіддачі характеризує інтенсивність теплообміну між поверхнею тіла та навколишнім середовищем, залежить від параметрів рухомого середовища в місці контакту з твердим матеріалом, форми поверхні твердого матеріалу.

Для визначення значень коефіцієнта тепловіддачі використовують методи теорії подоби.

Тепловий потік q , Вт через стінку, площею F , м², за різниці температур внутрішнього та зовнішнього повітря Δt , °С:

$$q = k \cdot F \cdot \Delta t.$$

Кількість тепла, що втрачається з будівлі через зовнішні стіни протягом опалювального сезону Q , Дж:

$$Q = \dot{k} \cdot F \sum_1^{\Delta t_{max}} (\Delta t_i \cdot \tau_i),$$

де k – коефіцієнт теплопередачі через стіну, Вт/(м² К);

F – площа стін, м²;

Δt_i – перепад температури повітря зовні та в середині приміщення, К;

τ_i – тривалість часового інтервалу, у якому спостерігається перепад температури повітря Δt_i зовні та всередині приміщення, с.

Коефіцієнт теплопередачі характеризує інтенсивність передачі теплоти від внутрішнього повітря в приміщенні до зовнішнього повітря через стінку, що розділяє їх, і чисельно дорівнює кількості теплоти, яке передається через одиницю поверхні стінки в одиницю часу за різниці температури в один градус.

Значення коефіцієнта теплопередачі через стіну k , Вт/(м² К) для випадку, коли стіна складається з трьох шарів:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\alpha_3} + \frac{h_1}{\lambda_1} + \frac{h_2}{\lambda_2} + \frac{h_3}{\lambda_3} + \frac{1}{\alpha_B}},$$

де α_3 – коефіцієнт тепловіддачі зовнішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м² К);

α_B – коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні огорожувальної конструкції, Вт/(м² К);

h_1 – товщина опорний частини стіни, м;

h_2 – товщина шару піщано-цементної штукатурки, м;

h_3 – товщина шару теплоізоляції, м;

λ_1 – теплопровідність стіни, Вт/(м · К);

λ_2 – теплопровідність штукатурки, Вт/(м · К);

λ_3 – теплопровідність теплоізоляції, Вт/(м · К).

Середні розрахункові значення $\alpha_B = 8,7$ Вт/(м² · К); $\alpha_3 = 23$ Вт/(м² · К) визначені чинними нормативними документами.

Величина, обернена коефіцієнту теплопередачі, називається **термічним опором теплопередачі**.

$$R = \frac{1}{k}.$$

Перепад температури повітря зовні та в середині приміщення та тривалість часового інтервалу, у якому спостерігається перепад температури,

залежить від кліматичних умов місця дислокації об'єкта (рис. 2.2).

Температура повітря всередині приміщення приймається згідно з санітарними вимогами залежно від його категорії. Для житлових будинків зазвичай $t_e = 20$ °С.

Область, місто	Середньомісячна температура зовнішнього повітря, °С												Се- редня за рік
	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII	
Харківська область													
Лозова	-5,6	-3,7	0,4	7,6	13,5	16,4	17,8	17,2	12,8	7,5	1,8	-3,1	6,9
Харків	-5,9	-5,1	0,0	9,0	15,5	18,9	20,7	19,7	14,1	7,5	1,0	-3,7	7,6
Львів	-4,0	-2,7	1,4	7,9	13,4	16,3	17,7	17,2	13,0	8,0	2,5	-2,2	7,4
Київ	-4,7	-3,6	1,0	9,0	15,2	18,3	19,8	19,0	13,9	8,1	1,9	-2,5	8,0

Рисунок 2.2 – Середньомісячні температури зовнішнього повітря

Можна використовувати показник градусо-днів опалювального сезону (далі – ГДОС), тоді кількість тепла, яке втрачається з будівлі через зовнішні стіни протягом опалювального сезону буде:

$$Q = 86400 \cdot k \cdot F \cdot \text{ГДОС}.$$

Питомі витрати тепла з будівлі через 1 м² зовнішніх стін протягом опалювального сезону будуть:

$$Q = 86400 \cdot k \cdot \text{ГДОС}.$$

Значення ГДОС визначені, виходячи з нормативної температури повітря в середині приміщення $t_e = 20$ °С та кліматичної характеристики міст України, наведено в таблиці 2.2.

Таблиця 2.2 – Значення ГДОС

Ч. ч.	Місце дислокації об'єкта досліджень	ГДОС
1	Харків	3365
2	Київ	3273
3	Запоріжжя	2938
4	Одеса	2575
5	Ялта	1535

Значення коефіцієнта опору теплопередачі основних типів *металопластикових вікон* наведено у таблиці 2.3.

Таблиця 2.3 – Коефіцієнт опору теплопередачі основних типів металопластикових вікон

Ч. ч.	Характеристика склопакету	Характеристика склопакету	Коефіцієнт опору теплопередачі, R , м ² К / Вт
1	Однокамерний	4-16-4	0,32
2	Однокамерний з аргоном	4-16-4 Ar	0,34
3	Однокамерний з енергозбережним покриттям	4-16-4i	0,59
4	Однокамерний з енергозбережним покриттям з аргоном	4-16-4i Ar	0,66
5	Двокамерний	4-12-4-12-4	0,49
6	Двокамерний с аргоном	4-12-4-12-4Ar	0,52
7	Двокамерний з енергозбережним покриттям	4-12-4-12-4i	0,72
8	Двокамерний з енергозбережним покриттям з аргоном	4-12-4-12-4iAr	0,75

Втрати (надходження) тепла завдяки *інфільтрації*.

$$Q_{\text{и}} = c_a \cdot m \cdot \sum_1^n (\Delta t_i \cdot \tau_i) = 86400 c_a \cdot m \cdot \text{ГДОС},$$

де m , кг/с – масова витрата повітря, що надходить у приміщення з інфільтрацією;

c_a , кДж /кг К – питома теплоємність повітря.

Питома теплоємність – кількість теплоти, яку необхідно надати одиниці маси, щоб нагріти її на 1 К, або ж кількість теплоти, що виділяється за охолодження одиниці маси речовини.

В інтервалі від -50 °С до +120 °С величина питомої теплоємності повітря практично не змінюється та дорівнює 1 010 Дж/(кг · К).

Теплові надходження крізь вікна від сонячної радіації протягом опалювального періоду для чотирьох фасадів будинку, що орієнтовані за чотирма сторонами світу на північ, схід південь і захід, можна розрахувати за

формулою:

$$Q_B = \varepsilon \cdot (F_{\text{пд}} \cdot I_{\text{пд}} + F_C \cdot I_C + F_3 \cdot I_3 + F_{\text{пн}} \cdot I_{\text{пн}}),$$

де ε – коефіцієнт відносного проникнення сонячної радіації для світлопрозорих заповнень вікон, що приймаються за паспортними даними відповідних світлопрозорих конструкцій;

$F_{\text{пд}}, F_C, F_3, F_{\text{пн}}$ – площа світлопрозорих частин вікон, що відповідно орієнтовані за чотирма сторонами світу;

$I_{\text{пд}}, I_C, I_3, I_{\text{пн}}$ – середня величина інтенсивності сонячної радіації за опалювальний період, що спрямована на вертикальну поверхню за кліматичних умов розташування об'єкта, що відповідно орієнтована за чотирма сторонами світу.

Середньомісячна сумарна сонячна радіація, що надходить на горизонтальну та вертикальну поверхні різної орієнтації за середніх умов хмарності для кліматичних умов м. Харків (рис. 2.3).

Місто	Місяць	Сонячна радіація, Вт/м ²								
		поверхня								
		вертикальна								горизонтальна
Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ			
Харків	I	12	12	19	34	44	35	20	13	29
	II	24	26	36	60	75	63	40	26	62
	III	33	40	60	83	97	87	63	40	105
	IV	39	54	81	96	97	93	77	54	155
	V	56	81	107	113	103	110	101	78	216
	VI	64	89	115	112	97	108	107	87	234
	VII	60	85	113	114	100	110	109	83	227
	VIII	44	68	100	116	112	115	95	66	196
	IX	28	42	76	101	113	129	72	42	140
	X	18	21	42	71	87	69	40	21	75
	XI	10	11	19	79	46	36	19	11	32
	XII	9	9	14	29	37	29	15	9	22

Рисунок 2.3 – Середньомісячна сумарна сонячна радіація

Нормативні дані надходжень метаболічної теплоти від освітлення та обладнання наведено на рисунку 2.4.

Призначення будівлі	Графік використання, год/тиждень	Метаболічна теплота $\Phi_{int, Oc}$, Вт/м ²	Освітлення $\Phi_{int, L}$, Вт/м ²	Обладнання $\Phi_{int, A}$, Вт/м ²
Одноквартирні будинки	112	1,2	2,0	2,0
Багатоквартирні будинки, гуртожитки	112	1,8	2,0	2,0
Громадські будівлі адміністративного призначення, офіси	50	4,0	7,0	6,0
Будівлі навчальних закладів	50	7,0	7,0	6,0
Будівлі дитячих дошкільних закладів	50	7,0	7,0	3,0
Будівлі закладів охорони здоров'я	168	2,7	7,0	6,0
Готелі	168	4,0	8,0	2,0
Ресторани	84	5,0	8,0	4,0
Спортивні заклади	84	5,0	8,0	1,0
Будівлі закладів оптової та роздрібної торгівлі	84	7,0	12,0	2,0
Будівлі культурно-розважальних закладів та дозвільних установ	56	5,0	8,0	2,0
інші види будівель	60	3,0	7,0	2,0

Рисунок 2.4 – Теплонадходження від людей, освітлення та обладнання

Нормативні дані надходжень метаболічної теплоти застосовують у випадку відсутні дані натурних досліджень.

3 ПОРІВНЯЛЬНА ОЦІНКА ЕНЕРГЕТИЧНИХ РЕСУРСІВ. ВПРОВАДЖЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ЕНЕРГОЗБЕРЕЖНИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Енергетичні ресурси. Оцінка наявних запасів

Вугілля. Україна за запасами вугілля посідає чільне місце у десятці країн світу. Частка вугілля складає 96 % серед усіх запасів органічного палива і його вистачить на 400–500 років інтенсивного видобутку (рис. 3.1).

Басейн, вугленосна площа	загальні	за Державним балансом
Україна	117,6	74,3
Кам'яне, зокрема: коксівне особливо цінні сорти антрацити	109,1 26,7 10,8 14,6	70,8 22,7 8,4 11,6
Буре	8,6	3,5
Донецький	101,6	101,6
Кам'яне, зокрема: коксівне особливо цінні сорти антрацити	99,7 24,9 9,3 14,6	68,9 21,6 7,5 11,6
Буре	1,9	0,6
Львівсько-Волинський		
Кам'яне, зокрема: коксівне особливо цінні сорти антрацити	3,3 1,8 1,5	2,0 1,1 0,9
Дніпровський		
Буре, зокрема для відкритих робіт	4,2 1,0	2,4 0,6
Дніпровсько-Донецька вугленосна площа	8,7	0,4
Кам'яне, Буре, зокрема для відкритих робіт	6,4 2,3 0,9	0,4 0,4
Закарпатська вугленосна площа		
Буре, зокрема для відкритих робіт	0,06 0,005	0,05 0,002
Прикарпатська вугленосна площа		
Буре, зокрема для відкритих робіт	0,2 0,08	

Рисунок 3.1 – Запаси вугілля в Україні, млрд т

Загальні ресурси вугілля складають 117,6 млрд т, розвідані – 56,9 млрд т, з них коксівних – 17,6 (30,1 %), антрацитів – 8,3 млрд т (14,6 %). Основні запаси кам'яного вугілля зосереджено в Донецькому та Львівсько-Волинському кам'яновугільних басейнах, бурого – у Дніпровському буровугільному басейні (рис. 3.2).



Рисунок 3.2 – Родищища твердих горючих копалин

Частка вугілля в паливно-енергетичному балансі України поступово скорочується (рис. 3.3).

Ресурси	1975	1980	1985	1990	1995	1998
Паливно-енергетичні ресурси, всього:						
млн. т	287,4	323,1	349,4	353,0	226,3	198,1
%	100	100	100	100	100	100
У тому числі вугілля і продукти його переробки (товарні):						
млн. т	136,4	129,6	108,4	92,7	60,5	52,6
%	47,4	40,1	31,0	26,3	26,7	26,6

Рисунок 3.3 – Динаміка видобутку і частка вугілля в паливно-енергетичному балансі України

Нафта. На території України відкрито 126 нафтових родовищ з промисловими запасами, які розташовані в трьох географо-геологічних регіонах на території 10 адміністративних областей:

1. Прикарпатський прогин, або західний регіон (Івано-Франківська, Львівська, Чернівецька області) – 40 родовищ.
2. Дніпровсько-Донецька западина, або східний регіон (Чернігівська, Сумська, Полтавська, Харківська, Дніпропетровська області) – 76 родовищ.
3. Причорноморсько-Кримський, або південний регіон (Одеська область і АР Крим) – 10 родовищ.

Пік видобутку нафти в Україні припадає на сімдесяті роки минулого сторіччя (рис. 3.4).

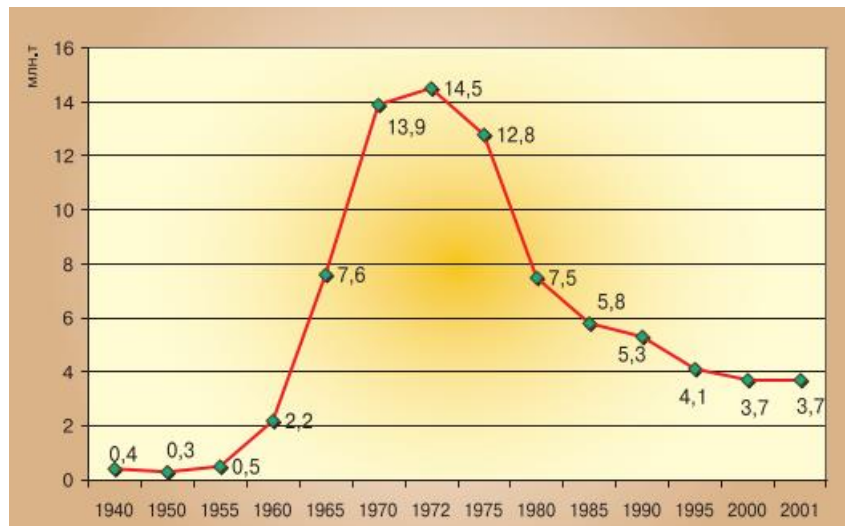


Рисунок 3.4 – Динаміка видобутку нафти в Україні (включаючи газовий конденсат)

Однією з головних причин зниження видобутку нафти є недостатня сировинна база, розвитку якої останніми роками приділялася мало уваги. Тому різко знижувалися і прирости запасів. Практика і досвід показують, що для забезпечення стабілізації видобутку нафти щорічний приріст запасів повинен в 2,5–5 разів перевищувати рівень видобутку. На жаль, в Україні цього не відбувалося. За 1971–1975 рр. видобуто 61,4 млн т, а запаси прирощені на 53,5 млн т, за 1976–1980 рр. – видобуто 57,2 і прирощено 20,5 млн т нафти.

Таке становище було зумовлено, по-перше, тим, що наприкінці 60-х – на початку 70-х років ХХ ст. почався бурхливий розвиток західносибірського нафтового регіону. У той період в Західному Сибіру приріст розвіданих запасів нафти був вищий, а питомі капіталовкладення на 1 т введених у дію потужностей з видобутку нафти значно нижчі, ніж у старих нафтових регіонах, до яких належала і Україна.

Потенційні нерозвідані ресурси нафти на суші складають більш ніж 780 млн т. Це надійна основа для нарощування розвіданих запасів нафти, яка дозволяє на основі вказаних ресурсів вирішувати питання швидкої стабілізації рівнів видобутку нафти в Україні і можливого його зростання.

Природний газ. У період 1951–1975 рр. Україна стала провідною газовидобувною країною Європи (рис. 3.5).

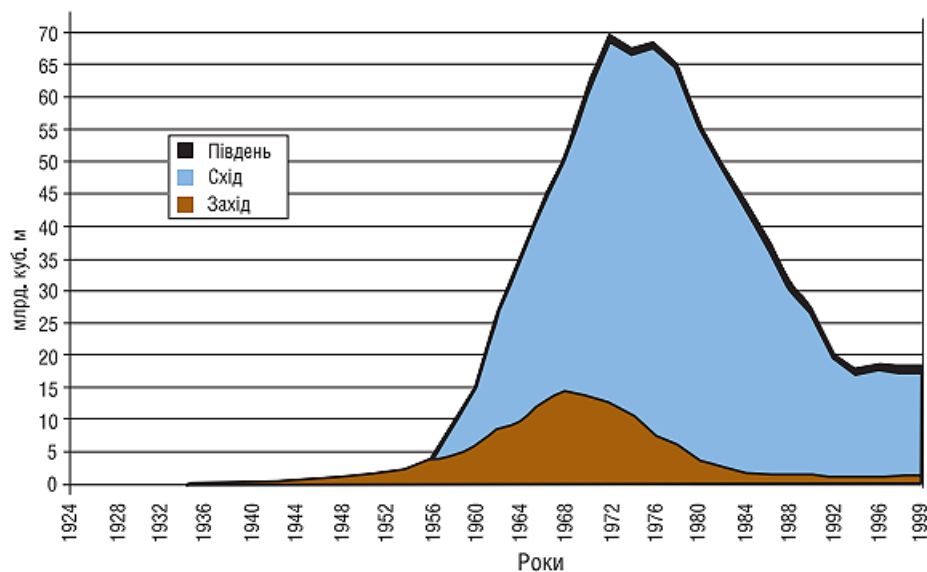


Рисунок 3.5 – Динаміка видобутку газу в Україні

Визначальні риси цього періоду такі:

1. Прикарпатський газ під назвою дашавського стає відомим не лише в Україні, але й у всьому світі.
2. Відкриття в 1950 р. і введення в експлуатацію в 1956 р. унікального Шебелинського газоконденсатного родовища, що ознаменувало початок бурхливого розвитку газової промисловості в найперспективнішому східному

регіоні – в Дніпровсько-Донецькій западині.

3. Введення в експлуатацію газових родовищ в Криму: Глібівського (1966 р.) і Задорненського (1968 р.) газоконденсатних і Джанкойського (1970 р.) газового, що стало початком використання ресурсів південного газовидобувного регіону (рис. 3.6).

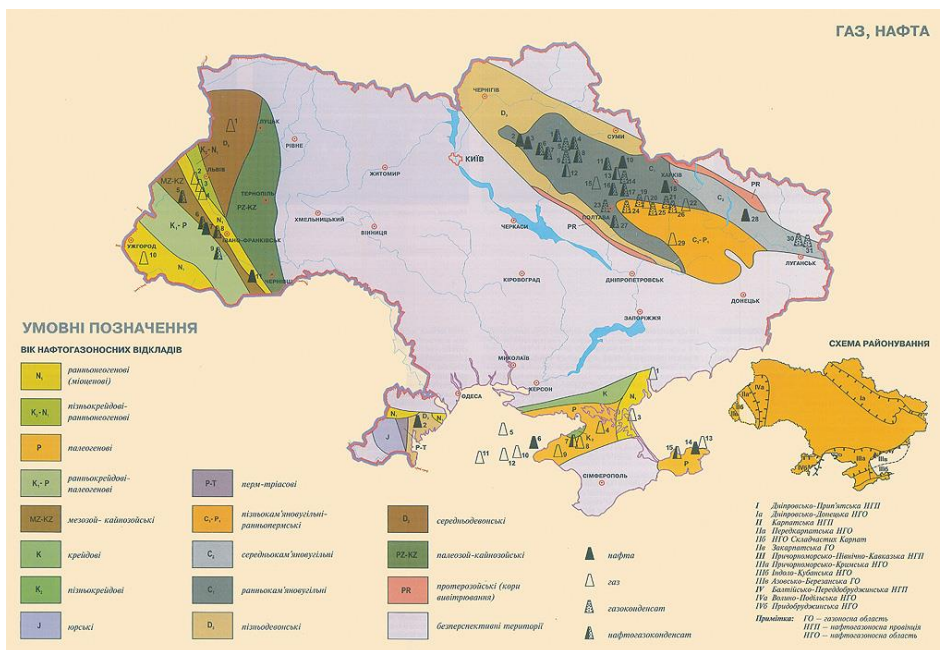


Рисунок 3.6 – Родовища нафти і газу

4. Спорудження і введення в дію великих магістральних газопроводів із подачею газу до Росії, Молдови, Білорусі, Литви, Латвії, міждержавного газопроводу «Братерство» з подачею газу до колишньої Чехословаччини і Австрії, розширення української мережі магістральних газопроводів, різке зростання газоспоживання в країні.

5. Спорудження і введення в дію перших п'яти підземних сховищ газу.

У післявоєнний період почався розвиток нової галузі – трубопровідного транспортування нафти і газу. Довжина газопроводів із відведеннями по території України складає 36,7 тис. км. Їх обслуговують 121 компресорна станція, мережа газорозподільних і газовимірювальних станцій.

На території України споруджені та діють 13 підземних сховищ газу з

обсягом зберігання 43 млрд м³ для його накопичення з метою використання в зимовий період.

Мережа газосховищ є найпотужнішою в Європі, може ефективно використовуватися не лише для власних потреб, але і для споживачів газу в Центральній і Західній Європі.

Газотранспортна система України – найпотужніша в світі за об'ємом транзиту природного газу через свою мережу.

Пропускна спроможність газотранспортної системи на вході до України складає 290 млрд м³, на виході – 170 млрд м³ газу на рік.

З 1951 р. український газ почав постачатися до Росії. У 1960 р. прикарпатський газ отримала Білорусь (м. Мінськ) магістральним газопроводом Дашава – Мінськ завдовжки 1 725 км. З часом цей газопровід був продовжений до Вільнюса і Риги. У 1966 р. український газ отримала Молдова. Наступного року почалася подача газу до колишньої Чехословаччини, у 1968 р. – в Австрію, у 1974 р. – в Італію і Болгарію через територію Румунії, у 1975 р. – до Угорщини (рис. 3.7).

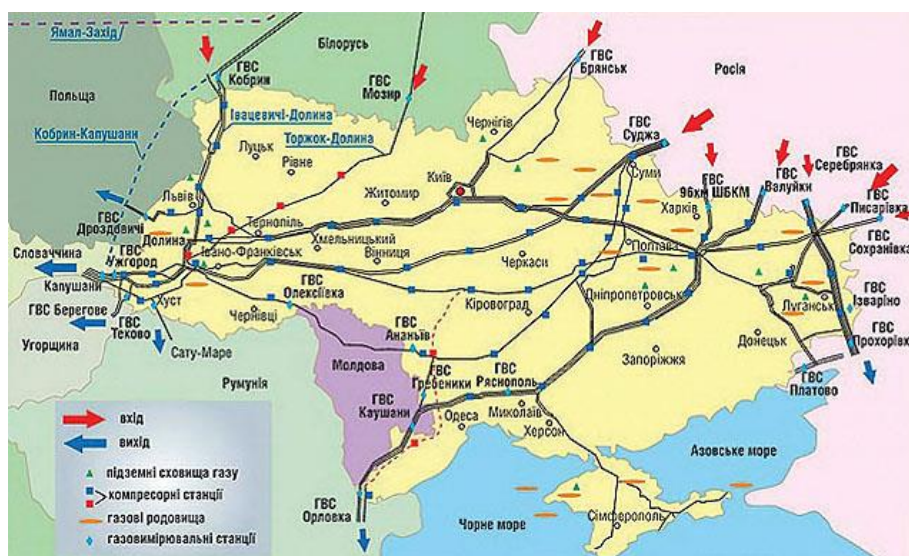


Рисунок 3.7 – Газотранспортна система України

Оперативну інформацію про сферу енергетичної галузі можна отримати на офіційному сайті Державної служби статистики України.

Ядерна сировина. Використання ядерної енергії стало можливим після

відкриття поділу ядер атомів важких елементів при захопленні ними нейтронів наприкінці 30-х років ХХ століття німецькими вченими О. Ганом і Ф. Штрассманом. При цьому випускаються нові частинки і звільняється енергія зв'язку ядра атомів, що передається осколкам поділу.

Поділ урану (рис. 3.8) викликається приєднанням до ядра його атому нейтрона і утворенням складеного ядра. Останнє ділиться на два осколки, звільнюючи вторинні нейтрони, середнє число яких дорівнює 2–3 на акт ділення. Проте в окремих реакціях поділу число вторинних нейтронів може досягти 10. У кожній реакції поділу виділяється енергія близько 200 МеВ ($1 \text{ МеВ} = 1,6 \times 10^{-13} \text{ Дж}$).

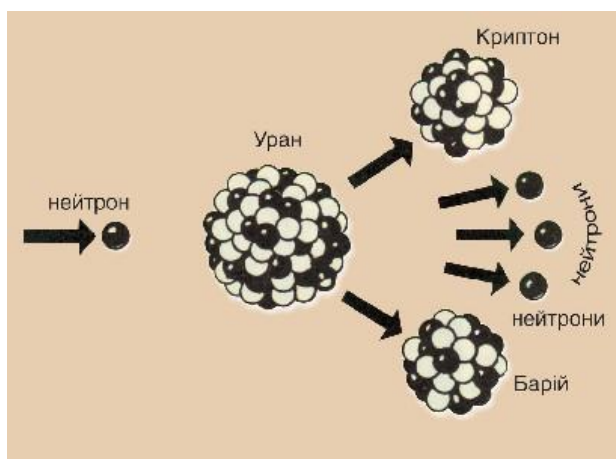


Рисунок 3.8 – Схема поділу ядра урану

Уран і його сполуки радіаційно і хімічно токсичні. Токсична дія урану обумовлена його хімічними властивостями і залежить від розчинності. Отруєння ураном і його сполуками можливе на підприємствах з видобутку і переробки уранової сировини та інших промислових об'єктах, де він використовується в технологічному процесі. Після потрапляння в організм уран діє на всі органи і тканини, оскільки є загальноклітинною отрутою. Ознаки отруєння обумовлюються переважно ураженням нирок, уражаються також печінка і шлунково-кишковий тракт.

До 1965 року весь уран, що вироблявся, був призначений для військових

цілей, оскільки ядерна енергетика була ще недостатньо розвинена. Після 1965 року ядерні держави і насамперед США скоротили обсяг закупівель урану для військових програм і попит на матеріали, що ділилися, різко знизився. Такі урановидобувні країни, як Канада, Австралія і ПАР, опинилися без ринків збуту урану і були вимушені скорочувати виробництво уранових концентратів, що призвело до закриття значної кількості підприємств з видобування і переробки уранової сировини, а підприємства, які залишилися, працювали не на повну потужність. Проте інтенсивний розвиток ядерної енергетики наприкінці 60-х років минулого століття сприяв новому підйому уранової промисловості.

У межах території України знаходиться одна з найбільших у світі ураноносних провінцій – центральна частина Українського кристалічного щита. У межах цієї провінції в період 1964–1989 років було відкрито близько 20 родовищ урану. Сировинна база урану в Україні представлена родовищами, руда яких може відпрацьовуватися підземним способом і методом підземного вилуговування поверхні. При цьому запаси промислових категорій розвідки урану відповідають потребам українських АЕС на період не менше 100 років. У разі переходу в майбутньому до використання реакторів на швидких нейтронах цей потенціал міг би в десятки разів збільшитися. Крім того, запаси українського урану знаходяться на добре освоєній території з розвинутою інфраструктурою і наявністю робочої сили. В Україні сформувалася вітчизняна школа геологів-уранщиків, впроваджувалися передові технології урановидобування. Східний гірничозбагачувальний комбінат першим у світі опанував технологію підземного вилуджування, основними перевагами якої є низька собівартість продукції, незначні капіталовкладення, швидкі темпи введення в експлуатацію і окупність інвестицій, а також – відповідність природоохоронним вимогам, а сприятливі геологічні та природно-кліматичні умови дозволяли створювати на базі розвіданих родовищ великі гірничодобувні підприємства продуктивністю 2–3 млн т руди на рік. Варто також мати на увазі, що потенціал надр України щодо урану ще далеко не вичерпаний.

Енергетична цінність видів палива. Економічні показники. Порівняльна характеристика

Теплотворна здатність багатокомпонентних горючих речовин залежить від їхнього складу та багатьох інших факторів. До таких речовин належить кам'яне вугілля, дрова, пелети, нафтопродукти.

Для кожного палива теплотворна здатність може бути визначена за формулами з використанням вихідних даних хімічного складу речовини. Крім того, теплотворна здатність більшості видів палива залежить від його вологості, умов зберігання, технології підготовки та інших факторів.

Значення вартості енергоносіїв у 2022 р., виходячи з тарифів енергопостачальних підприємств, роздрібних цін торговельних організацій, що працюють на території України, Харківської області

Електроенергія – 2,64 грн за 1 кВт · годину.

Для абонентів житлових будинків із будинковими та квартирними приладами обліку теплової енергії тариф на послуги з централізованого опалення становить 1 539,50 грн/гкал.

Роздрібні ціни на природний газ для населення становлять, з урахуванням доставки, 8,47 грн/м³.

Нижча теплотворна здатність газу 38,5 мДж/м³.

Значення коефіцієнта корисної дії поширених моделей котлів становить 90 %.

Для вугілля марки ДГ 13-100 (сортовий) теплотворна здатність становитиме 6 100 ккал/кг. Середня вартість вугілля – 3 800 грн/т.

Для пелет із лушпиння соняшника теплотворна здатність складе 4 300 ккал/кг. Середня вартість пелетів — 1 100 грн/т.

Для дров дубових теплотворна здатність складе 4 200 ккал/кг. Середня вартість дров 700 грн/м³ (методом складування «один на один»). Середня щільність складованих дубових дров приймалася 514 кг/м³.

Значення коефіцієнта корисної дії широко поширених моделей твердопаливних котлів досягає 85 %.

Вихідні дані та результати розрахунку наведених значень вартості одиниці теплової енергії, отриманої для обігріву будівлі, наведено в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Вихідні дані та результати розрахунку наведених значень вартості одиниці теплової енергії, що надійшла для обігріву будівлі

Найменування, одиниця виміру енергоносія	Вартість	Теплотворна здатність	Вартість одиниці виробленої енергії	Тепловий ККД, %	Вартість одиниці одержаної енергії
Електроенергія, кВт · год	2,64 грн/кВт · год	3,6 мДж/кВт · год	0,733 грн/мДж	100	0,733 грн/мДж
Теплоносій міських теплових мереж, гкал	1 539,50 грн/гкал	4 190 мДж/гкал	0,367 грн/мДж	100	0,367 грн/мДж
Природний газ, м ³	8,47 грн/м ³	38,5 мДж/м ³	0,22 грн/мДж	90	0,244 грн/мДж
Вугілля кам'яне, т	3 800 грн/т	6 100 ккал/кг	0,149 грн/мДж	85	0,175 грн/мДж
Дрова, м ³	700 грн/м ³	4 200 ккал/кг	0,077 3 грн/мДж	85	0,091 грн/мДж
Пелети, т	1 100 грн/т	4 300 ккал/кг	0,061 грн/мДж	85	0,072 грн/мДж

Результати зіставлення наведених значень вартості одиниці теплової енергії у порядку градації вартості одиниці отриманої енергії наведені на діаграмі (рис. 3.9).

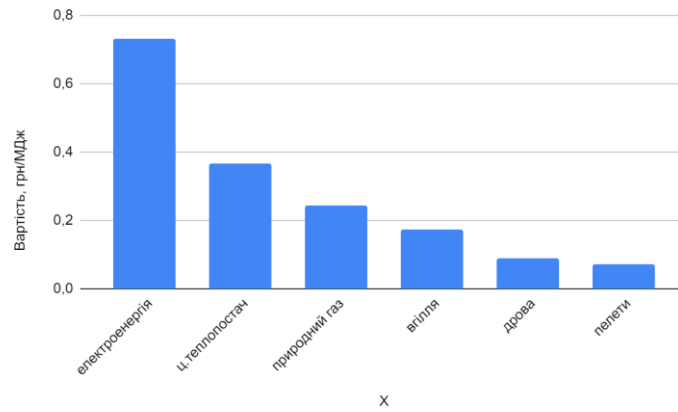


Рисунок 3.9 – Наведені значення вартості одиниці теплової енергії у порядку градації вартості одиниці отриманої енергії

Як випливає з діаграми, мінімальна вартість одиниці тепла досягається при спалюванні пелет, дров.

З іншого боку, використання твердого палива з мінімальною вартістю одиниці отриманого тепла призводить до додаткових, значних трудовитрат, пов'язаних із постачанням палива, організацією його зберігання, необхідністю регулярного завантаження топки котла і видалення твердих залишків продуктів згоряння.

Найкомфортніше і найменш трудомістке користування послугами центрального теплопостачання, а в разі локального опалення, використовувати газовий або електричний котел із системою водяного опалення.

Одиниця тепла, отримана від використання електроенергії в електрокотлі, обходиться більше ніж у 2 рази дорожче, ніж одиниця тепла, отримана при спалюванні природного газу і в 5–6 разів перевищує вартість одиниці тепла, отриманого при спалюванні дров та пелет.

Впровадження і використання енергозберезжних технологій. Формування політики енергоефективності

Про енергозбереження можна говорити як про новий енергетичний ресурс.

Якщо в Європі величина потенціалу енергозбереження дорівнює 10–20 % обсягів споживання енергоресурсів, то в Україні ця цифра перевищує 45 %.

Для приблизних розрахунків загальними показниками енергетичної ефективності, які визначаються на рівні країни, є енергоємність, а також електро- і паливоємність ВВП.

Крім енергетичної ефективності на енергоємність ВВП впливатимуть також інші чинники: структура економіки (частка енергоємних галузей промисловості); географічні розміри країни (зростання енергетичних витрат на транспорт); погодні та кліматичні умови (зростання попиту на енергоресурси для обігріву та охолодження).

Рушійні сили енергоефективності:

- енергетична безпека: скорочення імпорту енергії; зниження внутрішнього попиту, щоб збільшити експорт; підвищення надійності; контроль зростання попиту на енергію;

- економічний розвиток і конкурентоспроможність: зниження енергоємності; підвищення конкурентоспроможності промисловості; зниження собівартості виробництва; збільшення доступності ціни для споживачів енергії;

- зміна клімату: внесок у глобальні дії щодо пом'якшення впливу та адаптації; виконання міжнародних зобов'язань згідно з Рамковою конвенцією ООН зі зміни клімату; відповідність вимогам або директивам наднаціонального характеру;

- громадська охорона здоров'я: зниження забруднення довкілля та житлових приміщень.

Бар'єри на шляху розвитку енергоефективності:

- ринкові: організація ринку і цінові диспропорції ускладнюють

об'єктивну оцінку енергоефективності; проблеми, пов'язані з конфліктом інтересів, що виникає, якщо інвестор не може скористатися благами від підвищення ефективності; витрати за угодою (вартість розроблення проєкту перевищує економію енергії);

– фінансові: заздалегідь понесені витрати і рознесені у часі вигоди відбивають бажання у інвесторів; сприйняття інвестицій в енергоефективність як складних і ризикованих, з високими витратами за угодою; відсутність поінформованості щодо фінансових вигод з боку фінансових інститутів;

– інформаційні: відсутність достатньої інформації та розуміння з боку споживачів для прийняття рішення про раціональність використання та обсяги інвестицій;

– регуляторні та інституціональні: тарифи на енергію не стимулюють інвестиції в енергозбереження та енергоефективність; структура стимулів спонукає енергетичні компанії продавати електроенергію, а не інвестувати в економічно вигідну енергоефективність; інституційний ухил у бік інвестицій, орієнтованих на пропозицію;

– технічні: відсутність доступних технологій енергоефективності, які прийнятні до місцевих вимог; недостатній потенціал визначення, розробки, реалізації та підтримки інвестицій в енергоефективність.

Основними видами нормативних правових документів, що використовуються в ЄС, є такі:

– регламенти (повністю обов'язкові та прямо застосовуються в усіх державах членах);

– директиви (обов'язкові для держав-членів у частині результатів, які мають бути досягнуті і підлягають відображенню в національній правовій базі);

– рішення (обов'язкові лише для суб'єктів, яким вони адресовані);

– рекомендації та висновки (не мають обов'язкового характеру і є декларативними документами);

– стандарти (застосовуються на добровільній основі, однак в ЄС задіяні

різні заходи щодо стимулювання їхнього застосування).

Формування політики енергоефективності в ЄС почалося у 90-х роках ХХ сторіччя.

Енергоефективність у країнах ЄС у 2000-х роках досягалася здебільшого не шляхом впровадження нових енергозбережних технологій, а шляхом змін у методах і способах управління. При цьому, наприклад, енергоефективність окремої компанії розглядалася як використання енергетичних ресурсів із застосуванням такого обладнання і технологій, які за існуючого рівня розвитку техніки та дотримання вимог до охорони довкілля забезпечують максимальну конкурентоспроможність та стійкість розвитку компанії.

Європейська політика енергоефективності формується на вузловому перетині енергетичної, екологічної та економічної політик

Енергетична політика ЄС мала реалізовуватися за такими напрямками:

– диверсифікація поставок енергоносіїв з метою зниження залежності від Росії, основного постачальника вуглеводнів до ЄС;

– відродження атомної енергетики із застосуванням сучасних технологій будівництва для забезпечення повної безпеки експлуатації АЕС;

– розвиток сектора альтернативних і відновлюваних джерел енергії для скорочення споживання нафти і газу, забезпечення електроенергією віддалених населених пунктів, а також зниження обсягів викидів вуглекислого газу в атмосферу;

– впровадження енергозбережних технологій, які дадуть можливість не тільки зберегти виробництво на колишньому рівні, а й знизити енергоємність економіки.

ЄС вжив низку заходів щодо підвищення енергетичної ефективності:

– щорічне зниження на 1,5 % в обсягах продажів енергії;

– країни ЄС забезпечують енергоефективне оновлення будинків, що перебувають у власності держави або винаймаються центральним урядом, у обсягах щонайменше 3 % на рік;

- обов’язкові сертифікати енергоефективності, які супроводжують продаж і оренду будівель;
- мінімальні стандарти енергетичної ефективності та маркування для різних товарів, таких як котли, побутові прилади, освітлення та телевізійна техніка (EcoDesign);
- підготовка в країнах ЄС національних планів дій щодо підвищення енергетичної ефективності кожні три роки;
- заплановане встановлення близько 200 мільйонів смарт-лічильників для електричних мереж і 45 мільйонів лічильників газу до 2020 року;
- великі компанії повинні проходити енергетичний аудит, принаймні один раз на чотири роки;
- захист прав споживачів щодо отримання легкого і вільного доступу до даних про обсяги споживання енергії в режимі реального часу

У результаті енергоємність промислового виробництва в ЄС у 2005 р. скоротилася порівняно з 1990 р. майже на 18 %, ефективність використання енергоресурсів населенням – на 16 %.

Директива 2010/30/ЄС з маркування етикеткою енергетичної ефективності (рис. 3.10) охоплює продукцію, яка сама не споживає енергію, але може значно впливати на її економію (наприклад, огорожувальні конструкції будівель і споруд).



Рисунок 3.10 – Етикетка енергетичної ефективності

Затверджуються також і три нових класи енергоефективності: А+, А ++ та А+++.

Відповідно до Директиви 2005/32/ЄС виробники продукції зобов'язані вживати заходів для зменшення споживання енергії та інших негативних впливів на навколишнє середовище на всіх стадіях життєвого циклу продукції. Цей підхід отримав назву «екодизайн» – від ресурсів до утилізації в межах ланцюжка: природні ресурси – виробництво – транспортування – експлуатація – утилізація.

Для кожного етапу життєвого циклу продукції екологічні аспекти оцінюються за такими параметрами: очікувані витрати сировини, матеріалів, енергії та інших ресурсів; очікувані викиди в атмосферу, воду або ґрунт; забруднення через фізичні фактори середовища; можливість повторного використання, рециркуляції та утилізації матеріалів і енергії.

Організацією, що формує світову політику у сфері енергетичної ефективності, є Міжнародне енергетичне агентство (далі – МЕА).

Рекомендації МЕА щодо реалізації політики у сфері підвищення енергоефективності поділяються на групи:

- міжсекторальні заходи політики;
- будівлі;
- прилади та обладнання;
- освітлення;
- комунальні послуги;
- транспорт;
- промисловість.

Міжсекторальні заходи:

- заходи щодо стимулювання інвестицій в енергетичну ефективність;
- стратегії та плани дій;
- моніторинг, контроль та оцінювання, накопичення даних та індикатори;
- конкурентні енергоринки;

- енергоефективні послуги для малих та середніх підприємств;
- енергетичний менеджмент.

Будівлі:

- будівельні норми і правила для нових будівель;
- пасивні будинки та будинки нульової енергії;
- пакет політичних заходів, спрямованих на підвищення енергетичної ефективності в існуючих будівлях;
- схеми сертифікації будівель;
- підвищення енергетичної ефективності світлопрозорих конструкцій.

Прилади та обладнання:

- обов'язкові вимоги щодо характеристик енергетичної ефективності товарів і обладнання та їхнього маркування;
- моделі електронного і мережевого обладнання низької потужності, включаючи моделі з режимом «стендбай»;
- енергетичні стандарти промислових випробувань і протоколи вимірювання;

Освітлення:

- поступове виведення з експлуатації ламп розжарювання і перехід на освітлення відповідно до вимог передових практик у цій галузі;
- забезпечення освітлення низької вартості в будівлях, не пов'язаних з постійним проживанням, і поступове скорочення неефективного освітлення.

Комунальні послуги:

- схеми підвищення енергетичної ефективності кінцевого споживання енергії у сфері комунальних послуг.

Транспорт:

- паливоекфетивні недвигунові компоненти (ефективні шини);
- обов'язкові стандарти використання палива;
- еководіння;
- ефективність транспортних систем.

Промисловість:

- збір надійних даних та інформації про енергетичну ефективність у сфері промисловості;
- енергоефективні послуги для малих та середніх підприємств;
- енергетичні характеристики електродвигунів, енергоефективне промислове обладнання;
- індикатори енергетичної ефективності; моніторинг та звітність про прогрес.

У домашньому господарстві майже більше ніж три чверті споживаної енергії використовують для опалення приміщень (рис. 3.11).

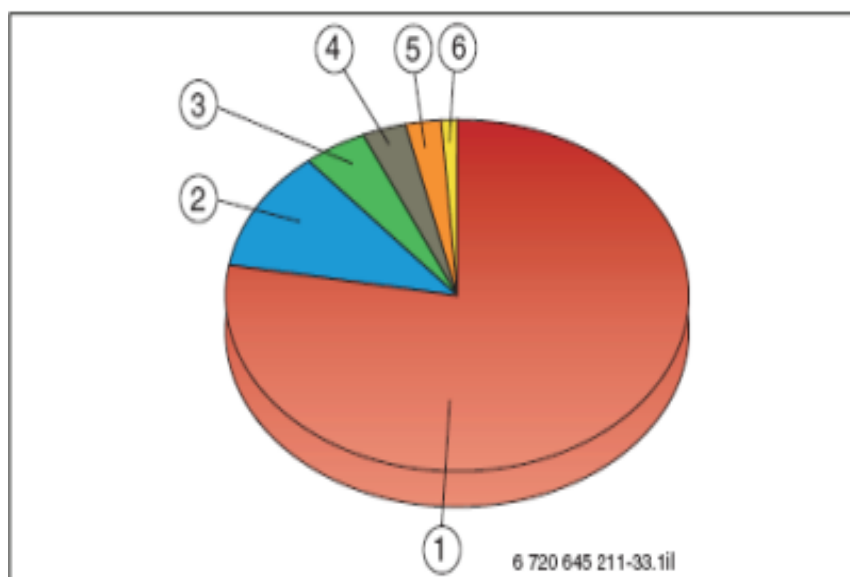


Рисунок 3.11 – Структура витрат енергії у домашньому господарстві:

- 1 – опалення 78 %; 2 – гаряче водопостачання 11 %;
- 3 – електричні прилади 4,5 %; 4 – охолодження 3 %; 5 – прання, приготування їжі 2,5 %; 6 – освітлення 1 %

Більша частина енергії витрачається на опалення, тому першочерговим завданням є розробка заходів з їхнього скорочення (табл. 3.2).

Таблиця 3.2 – Заходи щодо зниження тепловтрат будівлі

Очікуваний результат	Захід
Зниження тепловтрат через стіни	Утеплення стін облицювальною цеглою, плитами пінополістиролу, пінопласту, мінеральної вати
Зниження тепловтрат через стелю	Утеплення підлоги горищного приміщення шаром мінеральної вати
Зниження тепловтрат через підлогу	Укладання під підлогою додаткового шару мінеральної вати, плит деревоволокнистих або деревостружкових
Зниження тепловтрат через віконні отвори	Установка вікон металопластикових з одно- або двокамерним склопакетом, можливе заповнення камери аргоном, нанесення на скло енергозбережного покриття
Зниження тепловтрат за рахунок інфільтрації	Застосування ущільнювача металопластикових вікон, відключення припливно-витяжної вентиляції на час відсутності людей у приміщенні, застосування турбованих котлів
Загальне скорочення тепловтрат	Зниження температури повітря в приміщенні у період відсутності в ньому людей

Вихідні дані для техніко-економічного обґрунтування заходів отримують шляхом пошуку, розгляду та узагальнення інформації постачальників матеріалів та послуг.

Застосування теплового насосу. Принцип дії

Схематичне уявлення принципу дії теплонасосної установки наведено на рисунку 3.12.

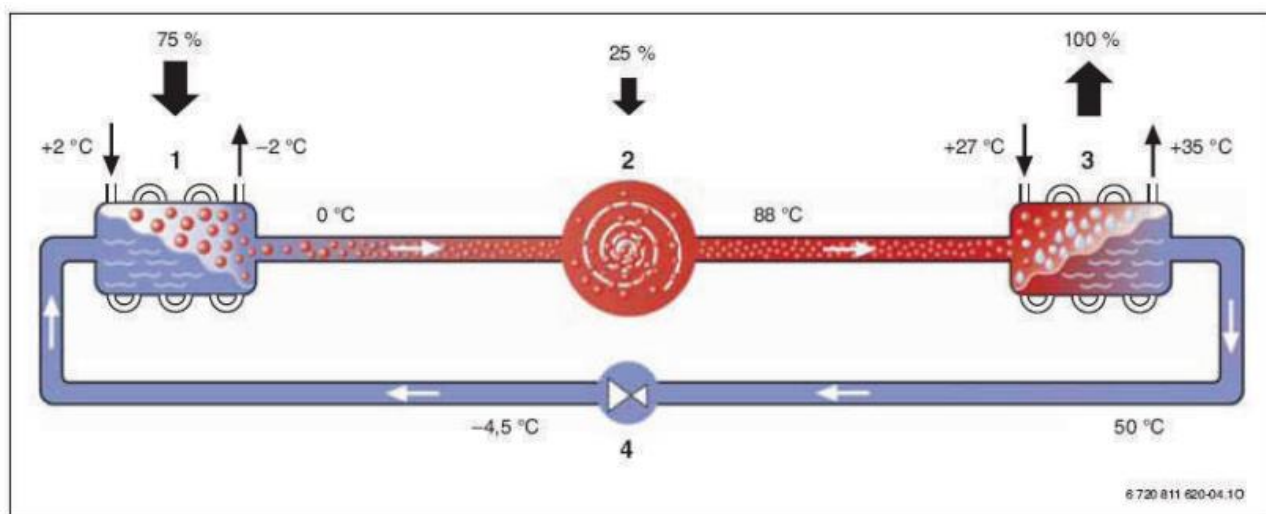


Рисунок 3.12 – Принцип дії теплонасосної установки:

- 1 – закипання фреону у випарнику;
- 2 – стиснення холодоагенту компресором;
- 3 – передача тепла конденсатора опалювальному контуру;
- 4 – проходження охолодженого сконденсованого холодоагенту через дросельний клапан

Працює тепловий насос дуже економно, адже він витрачає енергію тільки на роботу компресора та циркуляційних насосів. Енергоефективність обладнання дуже висока. Коефіцієнт перетворення енергії досягає 4–6 і навіть вище. Це означає, що кожен використаний кіловат енергії перетворюється тепловими насосами в 3–5 кіловат тепла, що йдуть на обігрів будинку або на нагрів води.

Теплові насоси можуть використовувати тепло:

- геотермальну теплову енергію;
- гідротермальне тепло;
- повітряного середовища.

Геотермальний (грунт-вода) тепловий насос

Це система, що черпає надлишки тепла з шару поверхневого ґрунту, глибинних свердловин або найближчої водойми. На глибині, що трохи нижче за шар, який промерзає, температура землі завжди вище нуля – до +5 ...+ 10 °С. За літній час земля накопичує достатньо тепла, щоб ґрунтовий тепловий насос зміг опалювати приміщення протягом усієї зими.

Для накопичення тепла укладається трубчастий пластиковий колектор, у якому циркулює теплоносій, стійкий до замерзання. Чим більше житлової площі, тим довші труби колектора. Питома потужність тепла для різних ґрунтів може варіюватися від 8 Вт/м² до 32 Вт/м². Враховують також характеристики ґрунту та його шарів, що потребує геологічних вимірів.

Гідротермальні (вода-вода) теплові насоси

Принцип роботи такого теплонасоса заснований на добуванні тепла з підземних вод. Температура води на глибині цілий рік тримається на позначці близько +10 °С. Варто зауважити, що обладнання достатньо складне при монтажі та в обслуговуванні.

Для монтажу такого обладнання потрібно провести аналіз глибини водного горизонту, а також кількості, якості та чистоти води. Його функціональні можливості та продуктивність не залежать від атмосферних умов або сезону. Коефіцієнт перетворення енергії для водяного насоса досягає 5, а в деяких випадках може бути ще вище.

Аеротермальні (повітря-вода) теплові насоси

Такий теплонасос відрізняється демократичною ціною та простий при встановленні. Він підходить для інтеграції у модернізовану систему опалення, а також легко встановлюється та швидко окупається під час експлуатації у новому будинку. Оскільки його теплова продуктивність залежить від температури навколишнього середовища, повітряний тепловий насос вигідно використовувати в бівалентних схемах, з іншим резервним джерелом тепла.

Загальна потужність теплового насоса з резервним джерелом стає

меншою, як і його вартість. Водночас така система теплових насосів відрізняється оптимальною енергоефективністю та економічністю.

Розрізняють моноблочну компоновку або комплект, що містить зовнішній та внутрішній блоки. Повітряний інверторний тепловий насос точно й економічно відповідає на пріоритетні навантаження по теплу, гарячому водопостачанню або холоду. Коефіцієнт енергоефективності цих систем — до 5 і більше, вони здатні працювати навіть за температури зовнішнього середовища до $-25\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Це найпопулярніші теплові насоси для впровадження у помірному кліматі на більшості територій України. Таке обладнання швидко окупується та підходить для встановлення у новому будинку як у містах-мільйонниках, так і в регіонах.

Коефіцієнт потужності ε , званий також коефіцієнтом перетворення COP (англ. «Coefficient of Performance») – описує співвідношення між корисною тепловою потужністю, що витрачається на нагрівання, та використаною електричною потужністю приводу компресора.

$$\varepsilon = \frac{Q_h}{P_e},$$

де Q_h – тепло, яке надійшло на опалення приміщення, кВт;

P_e – витрачена електрична енергія, кВт.

Коефіцієнт потужності залежить від перепаду температур між джерелом та приймачем тепла (рис. 3.13).

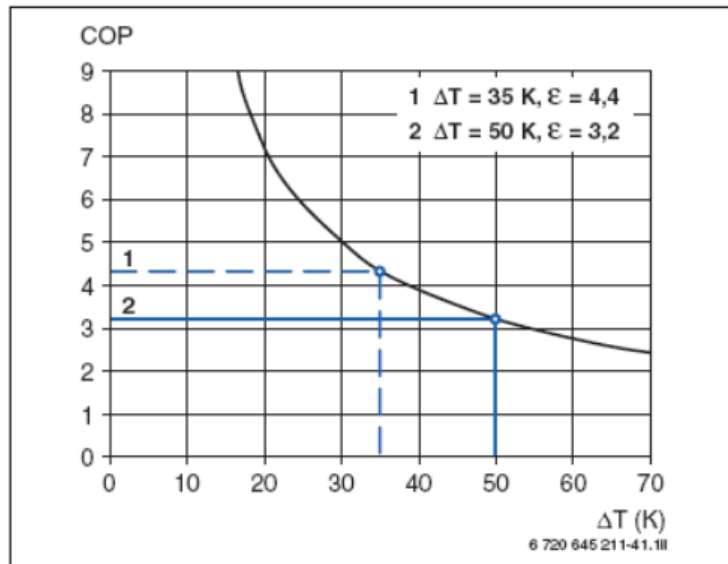


Рисунок 3.13 – Залежність COP (ε) від різниці температури приймача та джерела тепла

Для сучасних зразків обладнання розраховується за формулою:

$$\varepsilon = \frac{0,5 \cdot (\Delta T + T_0)}{\Delta T},$$

де T – абсолютна температура приймача тепла, К;

T_0 – абсолютна температура джерела тепла, К.

4 ВПРОВАДЖЕННЯ І ВИКОРИСТАННЯ ВІДНОВЛЮВАЛЬНИХ ДЖЕРЕЛ ЕНЕРГІЇ

Енергетичні ресурси, напрями та рівні освоєння енергії відновлюваних джерел у світі та в Україні

Використання відновлюваних джерел енергії (ВДЕ) у світі має найбільш давні традиції – ще кілька століть назад основою енергетики на території України було використання вітрових і водяних агрегатів та мускульної енергії тварин. Важливим джерелом для отримання теплової енергії була біомаса – дрова, торф, використання яких до цього часу в сільській місцевості України не втратило свою актуальність.

Середина ХХ століття характеризується майже повною відмовою від ВДЕ. Однак енергетична криза 70-х років минулого століття поставила людство перед загрозою вичерпання викопних енергетичних ресурсів.

Необхідність використання відновлюваних джерел енергії в економіці розвинених країн зумовлюється не тільки обмеженими запасами викопних палив, але і вимогами до зменшення викидів в атмосферу парникових газів, насамперед діоксиду вуглецю.

Пріоритетний розвиток відновлюваної енергетики супроводжується цілою низкою проблем, насамперед занадто великими витратами, які важким тягарем лягають на державні бюджети і кінцевого споживача.

Відповідно до внутрішньої доповіді Єврокомісії, скорочення викидів парникових газів і розвиток відновлюваної енергетики призведуть до істотного підвищення цін на електроенергію протягом найближчих 20 років.

Вирішено усунути «екологічно шкідливі субсидії, включаючи субсидування викопного палива» і розробити «ефективні та економічно обґрунтовані схеми підтримки відновлювальної енергетики та забезпечення адекватної кількості генеруючих потужностей».

Виконано оцінку енергетичного потенціалу відновлюваних

енергоресурсів планети (рис. 4.1).

Відновлювані енергоресурси	Енергетичний потенціал відновлюваних енергоресурсів, млрд т у.п./рік		
	Теоретично-можливий	Технічно-досяжний	Доцільно-економічний
Променева енергія Сонця	86000	5	1
Теплова енергія морів і океанів	7500	1	0,1
Енергія вітру	860	5	1
Гідроенергія, зокрема:	6,065	3	1,52
<i>Енергія водотоків</i>	3	2,91	1,5
<i>Енергія хвиль</i>	3	0,05	0,01
<i>Енергія припливів</i>	0,065	0,04	0,01
Енергія біомаси, зокрема:	40	2,55	2,0
<i>лісів</i>	15	1,5	1,5
<i>рослин</i>	10	1,0	0,5
<i>водоростей</i>	15	0,05	0
Геотермальна енергія	16	0,4	0,2
Всього	94422,065	16,95	5,82

Рисунок 4.1 – Енергетичний потенціал відновлюваних енергоресурсів планети

Загальна енергія сонячного випромінювання, що поглинається атмосферою та поверхнею Землі протягом року, майже в 11 000 разів перевищує річне споживання енергії на планеті.

Одна частка цієї енергії поглинається атмосферою, сушею та океаном і перетворюється в теплову енергію, яку можна освоювати за допомогою різних технічних засобів.

Під дією другої частки енергії (40 000 ТВт) проходить випаровування, циркуляція і випадання води, тим самим обумовлюється виникнення течій річок, морів та океанів.

Третя частка енергії (370 ТВт) спричиняє температурні перепади, завдяки яким виникають атмосферні потоки повітря (вітер).

Четверта, найменша частина енергії (40 ТВт, що становить трохи більше 0,03 % від загального потоку енергії) поглинається рослинами і, завдяки

проходженню в них процесу фотосинтезу, накопичується у вигляді органічних сполук. Цей потік енергії є одним із найважливіших – завдяки йому здійснюються фізіологічні процеси всіх живих організмів. У процесі фотосинтезу в хімічну енергію перетворюється тільки 1-2 % сонячної енергії, але навіть такої малої частки достатньо для існування всього живого світу.

Визначення показників річного технічно-досяжного енергетичного потенціалу ВДЕ України із врахуванням сучасного рівня технічного оснащення за всіма напрямками його освоєння наведено у Атласі енергетичного потенціалу відновлюваних джерел енергії України.

Основною перевагою використання відновлюваних енергоресурсів є їхня невичерпність та екологічна чистота, що сприяє поліпшенню екологічного стану і не призводить до зміни енергетичного балансу на планеті. При використанні відновлюваних джерел енергії відпадає необхідність у видобуванні, переробці, збагаченні та транспортуванні палива, знімається проблема утилізації або захоронення шкідливих відходів традиційних енергетичних виробництв.

Основним недоліком відновлюваних джерел енергії є стохастичність енергетичних потоків – періодичність надходження та змінність енергетичного потенціалу, що до останнього часу спричиняло значні ускладнення в багатьох випадках їхнього використання і не відповідало сучасним вимогам щодо енергопостачання споживачів.

Відновлювані джерела енергії можна розділити на три групи.

1. Відновлювані джерела механічної енергії, основними з яких є гідроенергія, вітрова енергія, енергія хвиль та припливів. У цілому якість цих джерел висока і зазвичай їх використовують для виробництва електроенергії. Коефіцієнт використання вітрової енергії складає до 30 %, гідроенергії – 60 %, хвильової і припливної енергії – 75 %.

2. Теплові відновлювані джерела енергії, основними з яких є пряма енергія Сонця, енергія біопалива. Максимальна частка теплоти таких джерел,

яка може бути перетворена на механічну роботу, визначається другим законом термодинаміки. Теоретично перетворити на роботу можна приблизно половину теплоти, що допускається другим законом термодинаміки. Для сучасних парових турбін, наприклад, ця величина не перевищує 35 %.

3. Відновлювані джерела енергії на основі фотонних процесів, до яких належать джерела, що використовують фотосинтез і фотоелектричні явища.

Добитися високої ефективності перетворення енергії у всьому спектрі сонячного випромінювання дуже важко, і на практиці коефіцієнт корисної дії (ККД) фотоперетворювачів поки не перевищує 25 %.

Наймасштабнішим на сьогодні є використання гідроенергії, сонячної та вітрової енергії.

З 2018 року Україна набула статусу повноправного члена Міжнародного агентства з відновлюваних джерел енергії.

Станом на 01.01.2020 року в Україні працювало 23 110 об'єктів відновлюваної електроенергетики (1 142 промислових та 21 968 сонячних електростанцій (СЕС) домогосподарств), яким встановлено «зелений» тариф, загальною потужністю 6 932 МВт, з них:

- 852 СЕС загальною потужністю 4 925 МВт;
- 69 ВЕС загальною потужністю 1 170 МВт;
- 21 968 СЕС приватних домогосподарств 553 МВт;
- 157 МГЕС загальною потужністю 114 МВт;
- 49 електростанції на біогазі загальною потужністю 86 МВт;
- 15 електростанцій на біомасі загальною потужністю 84 МВт.

За період з 2015 до 2020 роки темп зростання встановленої потужності відновлюваних джерел енергії складає 31 %.

Використання енергії відновлюваних джерел для побутових потреб.

Методи стимулювання розвитку відновлюваної енергетики

Державну підтримку в західних країнах можна розділити на декілька напрямів:

– фінансування науково-дослідних та дослідно-конструкторських робіт із розвитку об'єктів відновлюваної енергетики; зараз доля фінансування становить 20–30 % від загального фінансування науки;

– фінансування загальноосвітніх програм, курсів для підготовки спеціалістів у відповідній області;

– підтримка виробників та користувачів обладнання відновлюваної енергетики. Здійснюється субсидування нових зразків обладнання на основі ВДЕ шляхом зниження податків на виробників;

– державна підтримка власників невеликих приватних станцій на основі ВДЕ, фіксовані дотації за підведення струму в мережу.

В Україні діє система стимулювання розвитку відновлюваної енергетики.

Ця система включає номіновані в євро «зелені» тарифи, диференційовані за типом та потужністю об'єктів, а також за строками введення в експлуатацію об'єктів енергетики.

Держава зобов'язується купувати у станцій на ВДЕ електроенергію за «зеленим» тарифом до 2030 року.

Згідно з Законом України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу», встановлено спеціальний тариф, за яким закуповується електроенергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії.

З 1 січня 2020 року згідно із Законом України «Про внесення змін до деяких законів України щодо забезпечення конкурентних умов виробництва електричної енергії з альтернативних джерел енергії» введено низку нових правил щодо функціонування відновлюваної енергетики.

Запроваджено аукціони для проєктів на основі ВДЕ – починаючи з 2020 року брати участь в аукціонах зобов'язані сонячні проєкти понад 1 МВт та вітрові проєкти понад 5 МВт.

На аукціоні перемагає учасник, який пропонує найнижчу ціну виробництва 1 кВт · год електроенергії, аукціонна ціна не може перевищувати

«зелений» тариф.

Законодавче забезпечення відновлюваної енергетики України

Перелік законодавчих актів, що регулюють ринок відновлюваних джерел енергії в Україні:

– Закон України «Про енергозбереження» визначає основи енергозбереження для всіх підприємств і установ, що знаходяться на території України, дає визначення у сфері енергозбереження, закладає перехід до застосування приладів обліку паливно-енергетичних ресурсів, встановлює економічні та фінансові шляхи стимулювання енергозбереження в Україні;

– Закон України «Про електроенергетику» визначає правові, економічні та організаційні основи діяльності в електроенергетиці і регулює відносини, пов'язані із виробництвом, передачею, постачанням і використанням енергії. У законі дано визначення «зеленого тарифу», описано механізм його встановлення і формування;

– Закон України «Про альтернативні види палива» дає основні визначення видів біопалива, у ньому прописано, які види палива можна вважати альтернативними, наведено порядок визначення палива альтернативним;

– Закон України «Про альтернативні джерела енергії» визначає основні принципи використання альтернативних джерел енергії в Україні. Був одним із перших, що стимулював розвиток галузі ВДЕ в Україні, деякі з принципів, закладені в ньому, на практиці не виконують через дії інших законодавчих актів;

– Закон України «Про внесення змін до деяких законів України щодо встановлення «зеленого» тарифу» встановлює спеціальний тариф, за яким закуповується електроенергія, вироблена на об'єктах електроенергетики, що використовують альтернативні джерела енергії.

5 ВИЗНАЧЕННЯ ТЕХНОЛОГІЙ І ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ ВІТРОЕНЕРГЕТИКИ, СОНЯЧНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Світова вітроенергетика

До *переваг* вітрової енергії передусім відноситься доступність, повсюдне поширення і практична невичерпність ресурсів. Джерело енергії не потрібно здобувати і транспортувати до місця споживання: вітер сам надходить до встановленого на його шляху вітродвигуна.

Основним *недоліком* під час використання вітру як енергетичного джерела є непостійність його швидкості, а отже, і енергії в часі.

Перша вітрова електроустановка (ВЕУ), була побудована у Шотландії в 1887 році професором Джеймсом Блісом із Глазго (рис. 5.1). Вона мала висоту 10 м, була встановлена в саду його дачі в Марікірке і використовувалася для зарядки акумуляторів і живлення освітлення в котеджі.

Бліс запропонував електрику мешканцям Мерікірка для освітлення головної вулиці, проте вони відхилили пропозицію, оскільки думали, що електрика була «роботою диявола».

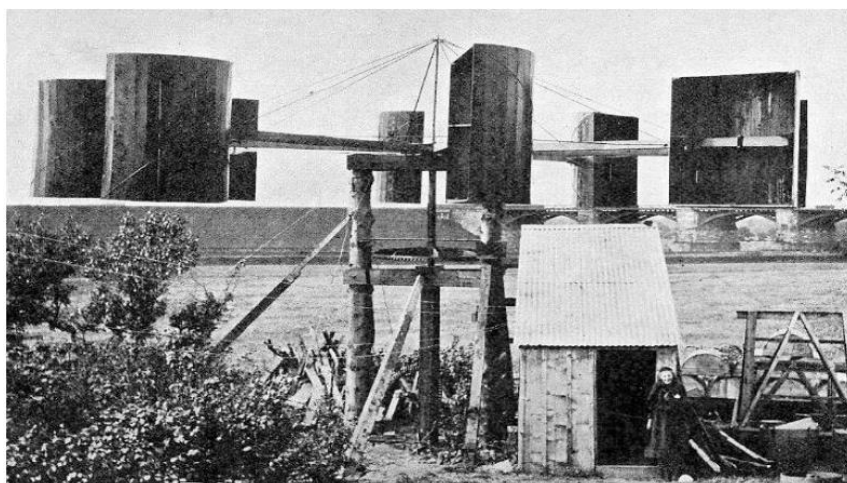


Рисунок 5.1 – Перша вітрова електроустановка

Обсяг електроенергії, виробленої ВЕУ, прямо пропорційний площі захопленої поверхні вітроколеса (або квадрату діаметра вітроколеса) і кубу швидкості вітру. Тому значні зусилля розробники ВЕУ докладають до збільшення довжини лопатей ВЕУ і до збільшення висоти осі ротора.

Наслідком останнього і є збільшення швидкості вітрового потоку через зменшення його тертя об землю.

Характерна сучасна ВЕУ (рис. 5.2) є грандіозною спорудою з трьома лопатями на горизонтальній осі, розташованій на висоті не менше 100 м, і вітроколесом з діаметром 150 м. Потужність такої ВЕУ становить 5 МВт.



Рисунок 5.2 – Сучасна ВЕУ

Загальна встановлена потужність ВЕС в Європі зростає за рік у середньому на 10 % (рис. 5.3).

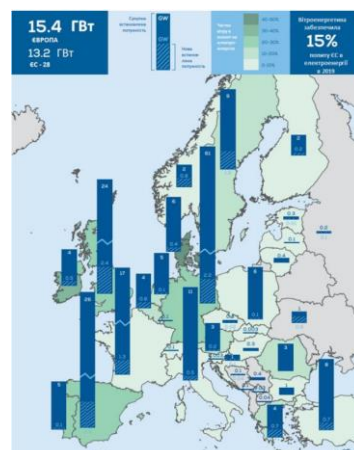


Рисунок 5.3 – Загальна та нова встановлена потужність ВЕС в країнах Європи в 2019 році

Частка спожитої електроенергії, виробленої на ВЕС, в Європі в середньому досягає 15 %, але в окремих країнах може відрізнятись (рис. 5.4).

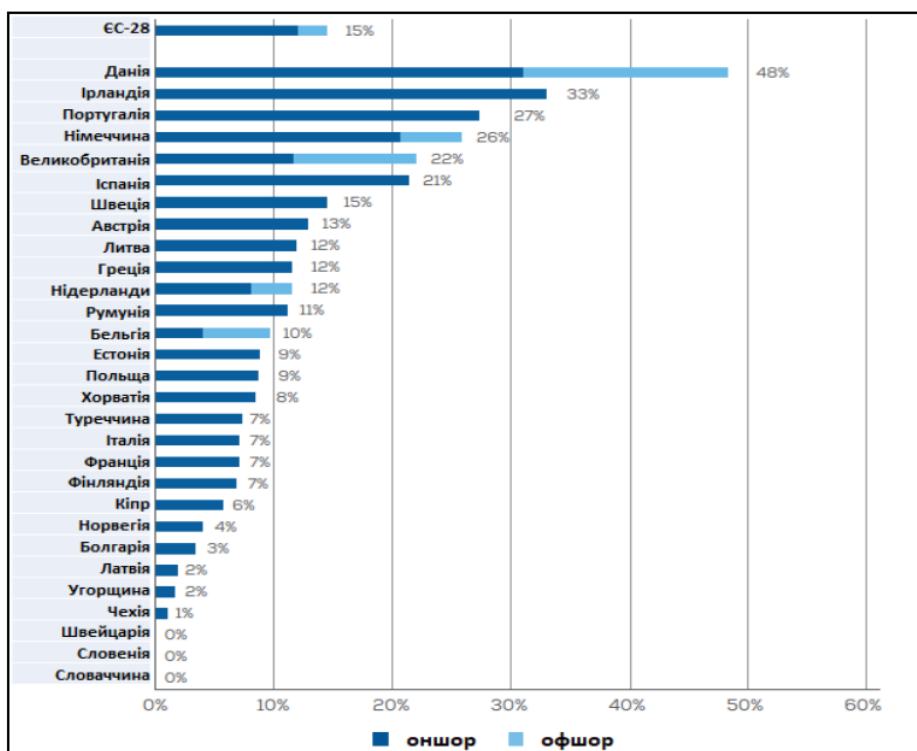


Рисунок 5.4 – Частка спожитої електроенергії, виробленої на ВЕС, у країнах Європи у 2019 р.

Собівартість електроенергії ВЕС має тенденцію до зниження (рис. 5.5)

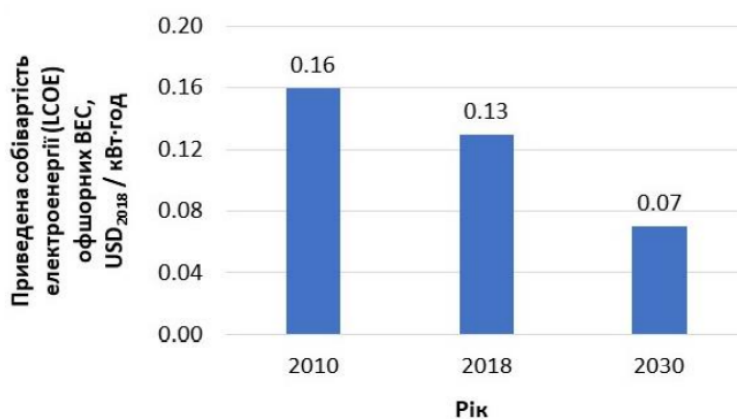


Рисунок 5.5 – Глобальна динаміка приведеної собівартості електроенергії офшорних ВЕС

Вітроенергетика України

Україна має багатовікові традиції використання енергії вітру.

Вітродвигуни для перекачування води та помелу зерна мали масове поширення на всій її території – до 1917 року їхня загальна потужність становила близько 1 400 МВт.

Районування території України за потенціалом вітрової енергії наведено на рисунку 5.6.

Район	річна швидкість вітру, м/с	потужність вітрової енергії, Вт/м ²		енергоресурси, МДж/м ²		різної швидкості вітру, м/с				Оцінка потенціалу вітрової енергії
		потенційної	утилізованої	потенційні	утилізовані	загальна			безперервна	
						<3	>3	>5		
Узбережжя Чорного і Азовського морів, Південний берег Криму, вершини Українських Карпат, Кримських гір	5,5-6,5	250-300	200-250	8000-9500	7000-8000	1250-6500	5500-6500	3000-5500	20-35	Дуже високий потенціал. Найбільш сприятливі умови вітровикористання
Донецька височина, Приазовська та Причорноморська низовини	5,0-6,0	200-250	150-200	6000-7500	4500-5000	2250-2750	4500-5000	2000-3200	17-25	Високий потенціал. Сприятливі умови вітровикористання
Подільська та Придніпровська височини	4,0-5,0	150-200	100-150	4500-5500	3500-4500	2250-4750	400-5500	2250-3000	15-20	Достатній потенціал. Досить сприятливі умови
Поліська та Придніпровська низовини, Волинська височина	3,0-4,5	50-120	30-100	1500-4500	1000-3500	4000-5000	3500-5000	1500-2800	12-17	Невисокий потенціал. Обмежено сприятливі умови
Передкарпаття, Закарпатська низовина, долини Українських	1,5-2,5	10-40	5-10	200-500	100-300	5750-6250	2500-3000	500-1500	10-15	Низький потенціал. Несприятливі умови вітровикористання

Рисунок 5.6 – Районування території України за потенціалом вітрової енергії

Коефіцієнт використання номінальної потужності також може відрізнятися (рис. 5.7). Він показує, скільки відсотків днів у році ВЕУ працює з встановленою потужністю.

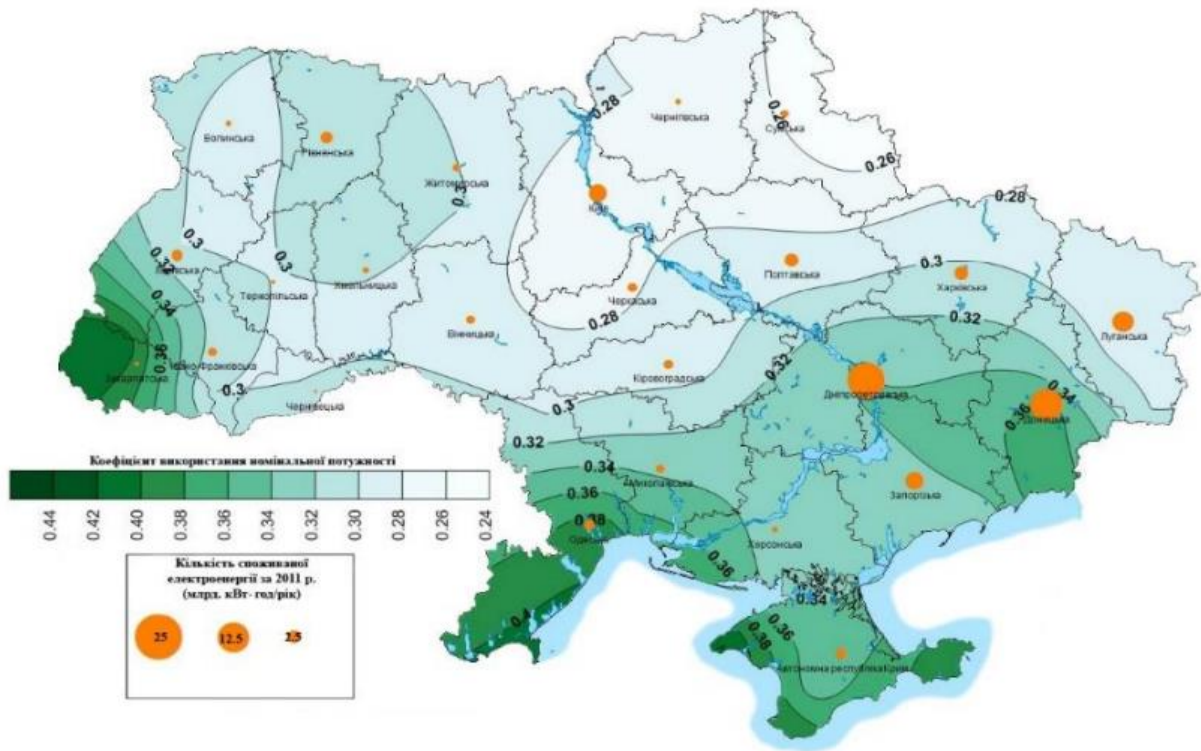


Рисунок 5.7 – Коефіцієнт використання номінальної потужності

Особливості конструювання та використання вітроенергетичних установок

Вітрова енергетична установка – це агрегат, що перетворює кінетичну енергію вітру в інший вид енергії.

Залежно від виду енергії, що генерується, вони можуть бути вітромеханічними та вітроелектричними.

Компоновка вітромеханічних установок (рис. 5.8) здійснюється з таких складових:

- ротор – система обертових аеродинамічних елементів (лопатеї), що приєднані до єдиного вала, призначена для перетворення кінетичної енергії вітру в механічну енергію обертового вала;

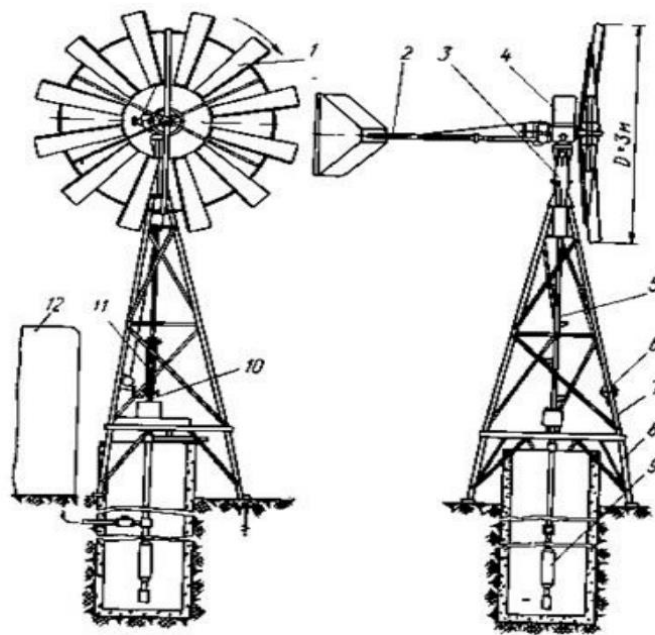
- гондола – частина вітроустановки, що розташовується на вершині опори і слугує для розміщення вузлів кріплення вала ротора, мультиплікатора, трансмісії та інших елементів;

– опора – тримає гондолу та ротор над поверхнею землі. Висота опори вибирається не тільки з умови росту швидкості вітру, але й з врахуванням умов монтажу, ремонту, обслуговування, ваги та вартості;

– опорно-повертальний пристрій – слугує для повертання гондoli та ротора навколо вертикальної осі до напрямку повітряного потоку. Цей пристрій може мати допоміжний конструктивний елемент – віндрозу, що становить багатолопатевий ротор для приведення в дію опорно-поворотної системи у напрямку повітряного потоку;

– система керування поворотом гондoli – утримує вісь ротора у напрямі повітряного потоку з найменшим відхиленням;

– трансмісія – система для передачі крутного моменту від вала ротора до робочої машини.



1 – ротор; 2 – хвіст; 3 – поворотний пристрій; 4 – гондола; 5 – приводна штанга; 6 – пусковий механізм; 7 – опора; 8 – основа; 9 – насос; 10 – штанга насосу; 11 – ручний привод; 12 – резервуар.

Рисунок 5.8 – Вітромеханічний агрегат

Компоновка вітроелектричних установок (рис. 5.9) здійснюється з таких

саме складових, але має додаткові елементи:

- електрогенератор, який розміщується в гондолі;
- електротрансмісія, яка здійснюється кабелями або через рухомі контакти.

Компоновка електрообладнання відрізняється залежно від режимів роботи:

- при безпосередньому під'єднанні на навантаження комплектуються інверторами, що забезпечують параметри електроенергії, необхідні для роботи установки з мережею;
- в автономному режимі вітроустановка комплектується акумулювальними пристроями.

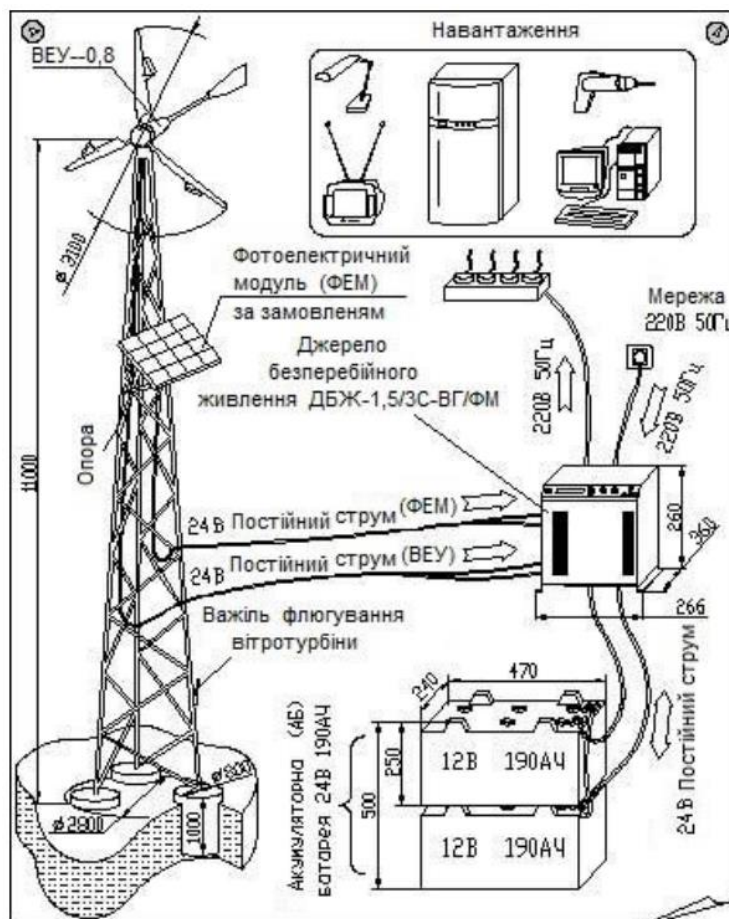


Рисунок 5.9 – Загальна компоновка вітроелектричної системи

Практичні рекомендації при виборі та використанні вітроустановок

1. Визначити, з якою метою Ви бажаєте встановити вітроелектричну систему (ВЕС) і що від неї можна очікувати.

Для відповіді на це питання, необхідно відразу усвідомити, що вітер – це непередбачуване і непостійне джерело енергії. Таким чином, власник вітроустановки отримує можливість використовувати її в таких випадках:

– як автономне джерело енергії в місцях, де відсутнє централізоване електропостачання;

– як резервне джерело енергії для економії споживання електроенергії від централізованої мережі і забезпечення електропостачання інших споживачів у разі її зникнення;

– як установка, яка працює на мережу, і ви будете отримувати кошти від продажу електроенергії за зеленим тарифом.

2. Провести вибір вітроустановки (ВЕУ).

Найбільше поширення на сьогоднішні отримали горизонтально-осьові ВУ.

Потужність, що розвивається пристроєм:

$$N = C_P \frac{1}{2} \rho \cdot V^3 \cdot F$$

де ρ – густина повітря, кг / м³;

V – швидкість вітру, м/с;

F – площа, через яку цей вітрової потік проходить, м²;

C_P – коефіцієнт використання енергії вітру чи коефіцієнт потужності.

Величина коефіцієнта потужності визначає ту частину енергії, яку можливо відібрати у вітрового потоку цим вітроприймальним пристроєм.

Для горизонтально-осьових ВУ коефіцієнт використання енергії, на сьогодні, $C_P = 0,3 - 0,5$.

3. Визначитись із наявністю необхідної для ефективної роботи ВЕУ швидкості вітру.

З практичного досвіду і літературних джерел було прийнято, що ця швидкість вітру, звана розрахунковою або номінальною V_n , повинна знаходитися в межах:

$$V_n = (1,25 \div 2) V_{cp}$$

Для вітроелектричних установок, що призначені для вироблення електроенергії і мають накопичувач енергії у вигляді акумуляторної батареї, основним завданням є використання якомога більше енергії з вітрового потоку за певний період часу значення коефіцієнта за V_{cp} приймається ближче до 2.

4. Визначити, якої потужності ВЕС необхідно встановити для задоволення ваших потреб.

Для розрахунку річного виробітку застосовують коефіцієнт використання встановленої потужності. Значення цього коефіцієнта лежить в межах 0,25–0,3 (див. рис. 5.6).

Тоді за рік ВЕУ орієнтовно виробить Q_e , кВт · год електроенергії:

$$Q_e = (0,25 \div 0,3) \cdot 8760 \cdot N_{уст}$$

де 8 760 – кількість годин в році, в годинах;

$N_{уст}$ – встановлена потужність ВЕУ, кВт.

Розрахунок спожитої енергії можна визначити шляхом проведення енергоаудиту, у процесі якого спрогнозувати: скільки годин на рік буде працювати кожен споживач електроенергії. Помноживши кількість годин його роботи на потужність споживача, Ви визначите: скільки кіловат-годин споживає кожен споживач у рік.

Підсумувавши всі отримані значення за рік, Ви отримаєте річне споживання електроенергії.

Кількість електроенергії необхідна для роботи електроприладів:

$$E_{\Sigma} = \sum N_i \cdot t_i, \text{ кВт} \cdot \text{год}$$

де N_i – потужність електроприладу, у кВт;

t_i – необхідний час роботи, у годинах.

Кількість електроенергії, яку може забезпечити акумуляторна батарея:

$$E_A = \frac{k \cdot U \cdot C}{1000}, \text{ кВт}\cdot\text{год},$$

де k – ККД;

U – напруга, В;

C – ємність, А · год.

Тоді, відповідно, необхідна ємність акумуляторної батареї буде дорівнювати:

$$C = \frac{1000 \sum N_i \cdot t_i}{k \cdot U}, \text{ А} \cdot \text{ год}.$$

Величина встановленої потужності енергоустановки, що працює на зарядження акумуляторної батареї:

$$N_{уст} = \frac{Q_z}{(0,25 \div 0,3) \cdot 8760}$$

Ресурси сонячної енергії. Потенціал сонячної енергії в Україні

На сонячні електростанції сьогодні припадає близько 4 % виробленої електроенергії з відновлюваних джерел енергії у світі.

Сонячна радіація – практичне невичерпний кліматичний ресурс.

Вона залежить від:

- тривалості сонячного сяяння;
- висоти сонця;
- загальних атмосферних умов, особливо, хмарності.

Теплова енергія сонячної радіації може ефективно використовуватись для гарячого водопостачання, опалення та виробництва електричної енергії.

Для виробництва електричної енергії найбільш поширеним є метод фотоелектричного перетворення.

Середній показник коефіцієнта корисної дії фотоелектричних сонячних

електростанцій у США дорівнює 27,2 %; в Україні – 10,6 %.

Вартість обладнання для 1 кВт потужності становить близько 900–1 000 доларів США.

Компанія «Iberdrola», що займається відновлюваними джерелами енергії, у Іспанії запустила найбільшу в Європі сонячну електростанцію (СЕС) Francisco Pizarro потужністю 590 МВт (рис. 5.10). Нова СЕС, яка обійшлася у 300 млн євро, розташована на південному заході Іспанії, регіон Екстремадура.



Рисунок 5.10 – Електростанцію потужністю 590 МВт

Станція здатна забезпечити електроенергією 335 000 будинків та зменшити викиди вуглекислого газу (CO₂) на 140 000 тонн на рік.

Районування території України за потенціалом сонячної енергії наведено на рисунку 5.11.

Region	Потенціал сонячної енергії				Вклад прямої радіації в сумарну, %	Повторюваність безперервної тривалості сонячного сяйва понад 6 год, %	Коефіцієнт стійкості ясної погоди, %	Кількість ясних та напів'ясних днів, рік	Оцінка потенціалу сонячної енергії
	пряма радіація на перпендикулярну поверхню, МДж/м ²		сумарна радіація, МДж/м ²						
	квітень-вересень	рік	квітень-вересень	рік					
Південний берег Криму	3400-3600	4700-4900	3700-3900	5000-5200	0,53	35,0	50	264	Дуже високий потенціал, найбільш сприятливі умови використання сонячної енергії
Причорноморська та Приазовська низовини	3200-3400	4400-4600	3700-3800	4600-4800	0,49	37,0	48	244	Високий потенціал, сприятливі умови використання сонячної енергії
Донецька та Придніпровська височини	3100-3300	3900-4000	3550-3750	4250-4350	0,44	32,2	47	239	Високий потенціал, сприятливі умови використання сонячної енергії
Закарпатська низовина	2700-2900	3600-3800	3500-3600	4100-4200	0,41	31,0	46	236	Достатній потенціал, досить сприятливі умови використання сонячної енергії
Подільська та Придніпровська височини	2800-3000	3650-3850	3300-3700	4100-4200	0,42	27,2	40	238	Достатній потенціал, сприятливі умови використання сонячної енергії
Поліська низовина	2000-2700	2800-3600	2700-3500	3500-4200	0,41	26,0	39	228	Невисокий потенціал, обмежено сприятливі умови використання сонячної енергії
Українські Карпати та Кримські гори	1500-1700	2150-2250	2600-2700	3250-3350	0,36	18,7	44	203	Низький потенціал, несприятливі умови використання сонячної енергії

Рисунок 5.11 – Районування території України за потенціалом сонячної енергії

Сонячне випромінювання, що надходить на будь-яку поверхню, складається з *прямої* і *розсіяної* сонячної радіації та випромінювання, що відбивається від поверхні Землі і різних предметів, розташованих поблизу цієї поверхні.

Термін «пряме» вказує на те, що мається на увазі випромінювання, яке проходить безпосередньо від Сонця, без будь-якої додаткової кількості розсіяної або відбитої радіації.

Складова прямої сонячної радіації в добовій сумі сонячної радіації, що потрапляє на горизонтальну поверхню Землі, може знаходитись у діапазоні від 90 % в дуже ясний день і до 0 % у дуже хмарний день.

Найбільшу долю в сумарній сонячній радіації складає зазвичай пряма радіація.

Кількість сонячної енергії, яку можна отримати протягом року з 1 м² поверхні, відрізняється у регіонах України (рис. 5.12).

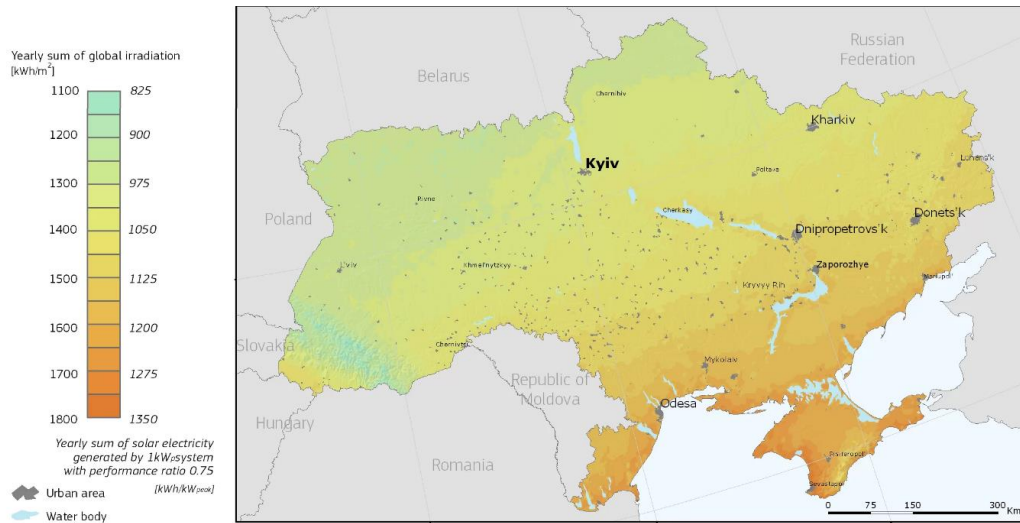


Рисунок 5.12 – Кількість сонячної енергії, яку можна отримати протягом року з 1 м² поверхні

Кількість сумарної сонячної радіації за середніх умов хмарності наведено на рисунку 5.13.

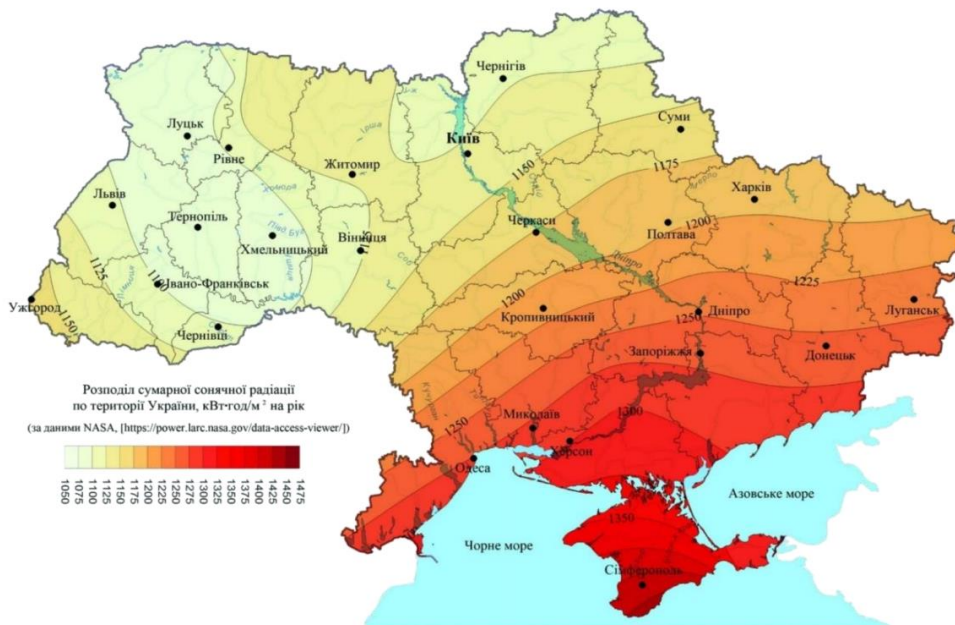


Рисунок 5.13 – Середньомісячна сумарна сонячна радіація

У розрахунках енергетичної ефективності будівель застосовують значення потоку сонячної радіації, який надходить на горизонтальну поверхню і на вертикальні поверхні різної орієнтації використовують (рис. 5.14).

Місто	Місяць	Сонячна радіація, Вт/м ²									
		поверхня									
		вертикальна									горизонтальна
Пн	ПнСх	Сх	ПдСх	Пд	ПдЗ	З	ПнЗ	10			
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
Київ	I	13	14	21	38	50	40	22	14	32	
	II	24	25	36	57	70	60	38	25	59	
	III	35	41	58	78	90	81	61	41	101	
	IV	39	53	77	92	92	88	73	52	149	
	V	56	79	104	110	101	107	99	77	211	
	VI	67	88	111	110	96	106	105	86	228	
	VII	61	83	108	109	98	106	104	81	220	
	VIII	40	65	93	107	106	106	89	63	185	
	IX	29	41	70	91	102	91	66	41	130	
	X	19	22	38	62	75	61	37	21	71	
	XI	11	12	17	30	39	32	17	12	31	
	XII	9	9	14	27	35	28	15	9	22	
Харків	I	12	12	19	34	44	35	20	13	29	
	II	24	26	36	60	75	63	40	26	62	
	III	33	40	60	83	97	87	63	40	105	
	IV	39	54	81	96	97	93	77	54	155	
	V	56	81	107	113	103	110	101	78	216	
	VI	64	89	115	112	97	108	107	87	234	
	VII	60	85	113	114	100	110	109	83	227	
	VIII	44	68	100	116	112	115	95	66	196	
	IX	28	42	76	101	113	129	72	42	140	
	X	18	21	42	71	87	69	40	21	75	
	XI	10	11	19	79	46	36	19	11	32	
	XII	9	9	14	29	37	29	15	9	22	
Одеса	I	13	13	22	41	55	43	24	13	38	
	II	21	22	34	57	72	60	37	22	65	
	III	29	37	55	78	88	79	60	37	110	
	IV	40	60	87	105	104	103	84	58	175	
	V	54	82	112	118	102	116	106	80	234	
	VI	65	95	122	115	96	116	114	93	257	
	VII	61	92	125	119	103	118	122	92	258	
	VIII	43	74	112	128	119	128	108	73	227	
	IX	29	48	86	117	127	117	81	47	166	
	X	20	25	52	87	105	86	51	25	97	
	XI	12	13	22	41	54	42	22	13	42	
	XII	9	9	15	31	41	31	16	9	28	

Рисунок 5.14 – Значення потоку сонячної радіації

Сонячна електроенергетика. Сонячна теплоенергетика

Сонячна енергетика має певні переваги і недоліки (табл. 5.1).

Таблиця 5.1 – Переваги і недоліки сонячної енергетики

Переваги	Недоліки
<p>Джерело відновлюваної енергії.</p> <p>Може вирішувати різні цілі (теплопостачання, електропостачання).</p> <p>Вимагає мінімального технічного обслуговування.</p> <p>Скорочує рахунки за вжиту електроенергію.</p> <p>Забезпечує енергетичну незалежність.</p> <p>Скорочує викиди CO₂</p>	<p>Залежить від погоди, кліматичних умов, сезону, періоду доби.</p> <p>Потребує значних капіталовкладень (≈5 000 дол. США/3 кВт · год).</p> <p>Займає багато місця (≈15 м²/3 кВт · год)</p> <p>Низький ККД (15–20 %)</p>

Періоди вироблення енергії та потреби в енергії відрізняються (рис. 5.15).

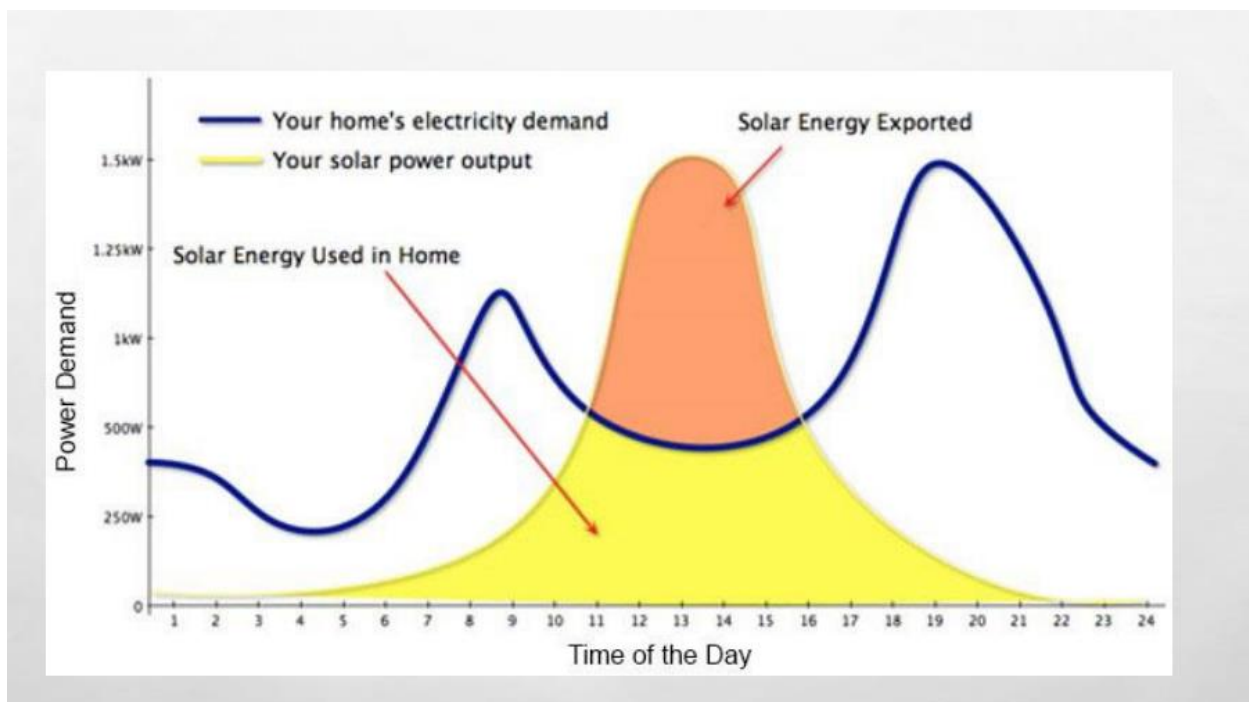


Рисунок 5.15 – Залежність вироблення енергії та потреби в енергії від періоду доби

Класифікація та принцип дії сонячних колекторів

Сонячні енергетичні системи поділяються на дві основні групи: активні та пасивні:

– активні сонячні технології, що базуються на використанні технологій перетворення енергії сонячної радіації на електричну та теплову енергію. В активних енергосистемах сонячна енергія сприймається, накопичується і транспортується в спеціальних пристроях;

– пасивні сонячні технології, які базуються на виборі та використанні матеріалів із ефективними тепловими характеристиками, вигідному розташуванні будівель відносно положення Сонця та інше. У пасивних системах приймачем слугують самі об'єкти, що нагріваються.

Активні сонячні технології мають два основних практичних напрями використання енергії сонячної радіації:

1) перетворення сонячної енергії в електричну енергію, зокрема:

– фотоелектричний метод перетворення (електромагнітне випромінювання оптичного діапазону Сонця перетворюється в електроенергію постійного струму);

– термодинамічний метод перетворення (сконцентрована сонячна енергія використовується для одержання пари, яка, обертаючи турбогенератор, виробляє електроенергію);

2) перетворення сонячної енергії в теплову енергію, зокрема:

– опалення;

– гаряче водопостачання;

– технологічні процеси.

Найпоширенішим методом отримання електричної енергії є застосування фотоелектричного методу прямого перетворення сонячної енергії із використанням фотоелектричних перетворювачів (ФЕП), які в різних джерелах називають фотоелектричними панелями (ФП), або сонячними елементами (СЕ), або фотоелементами (ФЕ) або сонячними батареями (СБ).

Загальний вигляд фотоелектричних панелей наведено на рисунку 5.16



Рисунок 5.16 – Загальний вигляд фотоелектричних панелей

Загальний вигляд сонячної теплодинамічної електростанції наведено на рисунку 5.17



Рисунок 5.17 – Сонячна теплодинамічна електростанція

Загальний вигляд сонячної теплової системи для нагрівання води наведено на рисунку 5.18.



Рисунок 5.18 – Сонячна теплова система для нагрівання води

Основним елементом систем перетворення сонячної енергії в теплову є сонячний колектор.

Сонячні колектори класифікуються за такими ознаками:

- за призначенням – для гарячого водопостачання, опалення;
- за видом теплоносія – рідинні та повітряні;
- за терміном експлуатації – сезонні та цілорічні;
- за технічними рішеннями – одно-, дво- і багатоконтурні.

Для гарячого водопостачання, опалення використовують плоский сонячний колектор (рис. 5.19), що становить геліоприймальний абсорбер, по якому циркулює теплоносій.



Рисунок 5.19 – Конструкція плоского сонячного колектора:

- 1 – корпус; 2 – прозоре покриття; 3 – труба колектора; 4 – поглинальна пластина; 5 – ізоляція

Сонячні колектори теплоізовані з тильної та зашклені з лицевої сторони. Під впливом сонячного випромінювання у поглинальній панелі відбувається перетворення сонячної енергії в теплову, у результаті чого рідкий теплоносій, що проганяється через трубки, відбирає отриману теплоту.

У системах високотемпературного теплопостачання (вище за 100 °С) застосовують високотемпературні сонячні колектори, що є параболічним жолобом з чорною трубкою в центрі, на яку концентрується сонячне випромінювання.

У геліосистемах на основі сонячних колекторів використовують різні теплоносії. Так у тих, що працюють тільки влітку, можна використовувати воду. На зимовий період вода повинна зливатись з колектора. Всесезонні колектори використовують незамерзаючу рідину.

За використання як теплоносія повітря колектор має бути більш містким і мати більш розвинену поверхню тепловіддачі.

Повітряний сонячний колектор призначений для сезонної роботи, наприклад, для підтримки комфортної температури в будинку восени і навесні.

Робота повітряного сонячного колектора характеризується низьким ККД, він є цілком прийнятним як допоміжне міжсезонне джерело теплопостачання.

У геліосистемах можна використовувати автоматику для зміни кута нахилу колектора і зміни його орієнтації за Сонцем, що збільшує продуктивність виробництва гарячої води на 30–35 %.

Найбільше поширені установки сонячного гарячого водопостачання житлових будинків, та побутових приміщень промислових підприємств.

У побутових умовах для гарячого водопостачання часто застосовують активні сонячні системи з природною або примусовою циркуляцією теплоносія.

Така система (рис. 5.20) дозволяє організувати ефективне гаряче водопостачання у стаціонарних і автономних умовах дачних та житлових будинків, таборах відпочинку.

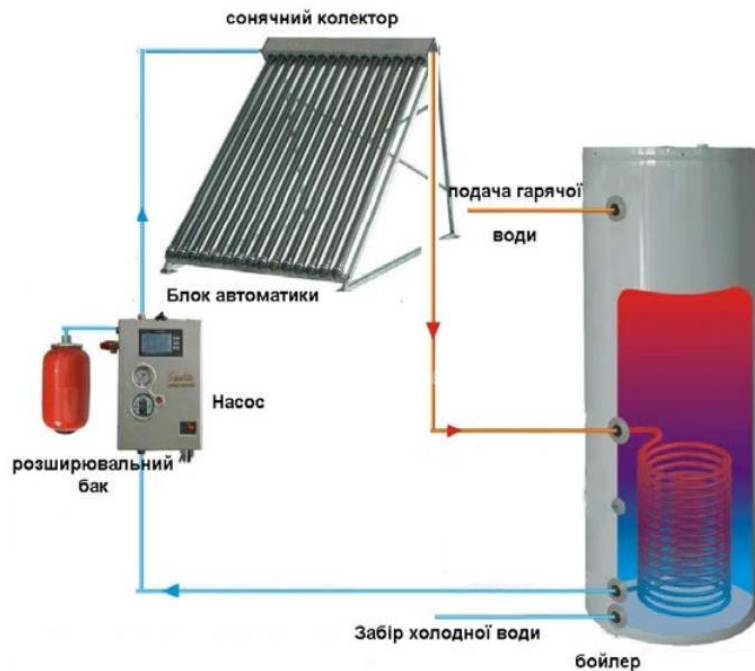


Рисунок 5.20 – Сонячна система з примусовою циркуляцією теплоносія

Головними складовими сонячної опалювальної установки є:

- сонячний колектор (водяного або повітряного типу);
- теплоакумулювальне устаткування та теплоносії для нього (вода, каміння, бетон, антифриз);
- теплоносії для опалення приміщення (вода, повітря), нагрівальні прилади (радіатори, труби).

На сучасному технологічному рівні міжсезонне акумулювання (тобто акумулювання надлишків теплової енергії, що утворюється в літній період, для того, щоб використовувати її взимку) з економічного погляду не вигідне.

Необхідно забезпечувати запас теплової енергії, що відповідає дво- або триденним потребам (у жовтні або березні) для того, щоб підтримувати систему опалення та гарячого водопостачання в робочому режимі протягом одного чи двох днів за повної відсутності надходження сонячної радіації.

Для акумулювання і збереження надлишку теплової енергії, отриманої в теплових геліосистемах, використовують теплові акумулятори у вигляді резервуарів, наповнених водою, камінням, гравієм. Добре ізольований бак з

водою може зберігати достатньо високу температуру понад тиждень, а в невеликих баках із тонким шаром теплоізоляції температура знижується на 10–15 °С за добу.

Станом на 01.01.2020 в Україні майже 22 000 домогосподарств встановили сонячні електростанції (рис. 5.21), загальною потужністю 553 МВт.

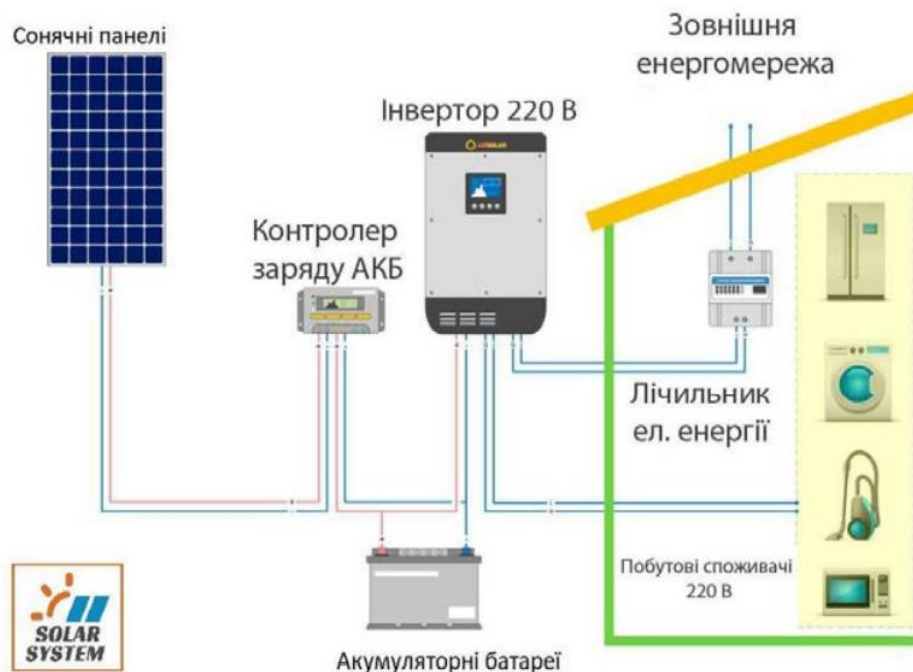


Рисунок 5.21 – Автономна сонячна електростанція – альтернативне джерело електроенергії для приватного житлового будинку або дачі

ККД сонячних батарей:

- до 5 %, – недорогі плівки на аморфному кремнії;
- від 10 % до 18 % – гібридні плівкові, що використовують з'єднання двох і більше рідкоземельних елементів;
- від 16 % до 19 % – модулі з моно- і полікристалічного кремнію;
- майже 50 % – не дешеві багат шарові прототипи пристроїв з додатковими конструкціями для уловлювання сонячних променів.

Застосування фотобатарей та сонячних колекторів у приватних

господарствах можливе *з підключенням і без підключення до комунальної електромережі*.

У системі з підключенням (Grid-Tie) енергія, що виробляється сонячною системою, яка не споживається у власності, автоматично вводиться в мережу через двонаправлений лічильник.

Система без підключення (Off-Grid) застосовується у місцях, де немає мереж електропостачання. Потребує значних фінансових витрат на обладнання для зберігання виробленої енергії.

Основними завданнями при створенні комплексних енергосистем на основі відновлюваних джерел енергії житлових і комунальних будівель є забезпечення їх надійними акумуляторами енергії.

6 ПРОЄКТУВАННЯ СИСТЕМ І ТЕХНОЛОГІЙ ВИКОРИСТАННЯ БІОМАСИ. ГІДРОЕНЕРГЕТИЧНИЙ ПОТЕНЦІАЛ. ГІДРОТЕРМАЛЬНІ РЕСУРСИ. ВОДНЕВА ЕНЕРГЕТИКА

Енергетичний потенціал біомаси в Україні

Біомаса є одним із найбільш поширених відновлюваних джерел енергії.

Її можна розділити на дві основні групи:

- первинна біомаса;
- вторинна біомаса.

Джерелом первинної біомаси є наземний та водний рослинний світ; вторинної – відходи біомаси, які утворюються після збору та переробки первинної біомаси в товарні продукти.

Основними постачальниками твердої біомаси для енергетичних потреб є сільське та лісове господарство.

Річне виробництво зернових та зернобобових культур в Україні сягає більше ніж 60 млн т, водночас у значних обсягах утворюються такі побічні продукти, як солома і рослинні відходи.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал твердої біомаси в Україні є еквівалентним 35 млн т н. е., а його використання дасть змогу щорічно заощаджувати близько 40 млрд м³ природного газу.

Для визначення виходу соломи і рослинних залишків використовують коефіцієнт відходів – відношення урожаю соломи або стебел рослин до урожаю зерна.

На кожну тонну зерна можна отримати 1,5–2,0 т соломи або рослинних залишків.

Частина соломи подрібнюється і приорується для удобрення ґрунтів.

В Україні виробляють гранули із соломи злакових культур в обсязі 120 тис. т/рік.

Під час перероблення насіння соняшнику відділяються лушпиння та

сторонні рослинні частки. На підприємствах олійної промисловості спалюється біля 500 тис. т лушпиння соняшнику, ще більш ніж 700 тис. т гранулюється.

Сумарні ресурси паливних дров, відходів заготівлі та переробки деревини складають близько 10 млн м³.

Енергетичні культури – це окремі види дерев та рослин, що спеціально вирощуються для виробництва твердого біопалива – швидкоростучі дерева, багаторічні трави (міскантус), однорічні трави (сорго, тритикале).

До енергетичних рослин також може належати побічна продукція традиційних сільськогосподарських культур, що вирощуються з метою виробництва біодизельного пального (ріпак, соняшник), біоетанолу (кукурудза, пшениця) та біогазу (кукурудза на силос).

Біодизель – метилові та/або етилові естери вищих органічних кислот, отриманих із рослинних олій або тваринних жирів, що використовуються як біопаливо або біокомпонент у суміші з нафтовим паливом на транспорті.

Біоетанол – спирт етиловий зневоднений, виготовлений з біомаси або етилового спирту-сирцю, що використовується як біопаливо або біокомпонент у суміші з нафтовим паливом на транспорті.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал рідкого біопалива в Україні є еквівалентним 606 тис. т н. е. біоетанолу та 620 тис. т н. е. біодизельного палива.

У поводженні з твердими побутовими відходами (ТПВ) впроваджується вилучення цінних компонентів, а частка ТПВ, що не піддається подальшому сортуванню та містить тверду біомасу, може використовуватися як паливо з відходів.

Торф – органічна порода, яка утворюється в результаті біохімічного процесу розкладання (відмирання і неповного розпаду) болотних рослин за підвищеної вологості і дефіциті кисню. Річний приріст торф'яного шару становить близько 1 мм, тож відповідний обсяг торфу можна вважати відновлюваним.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал торфу становить 0,3 млн т н.е.

Біогаз – це суміш газів, що утворюється внаслідок анаеробного метанового збродження біомаси і складається з метану, двоокису вуглецю, домішок сірководню, аміаку та інших газів.

Річний технічно-досяжний енергетичний потенціал біогазу становить 1 607 тис. т н. е.; з них біогазу з відходів агропромислового комплексу (АПК) – 1030 тис. т н. е.; з полігонів ТПВ – 524 тис. т н. е.; з осадів каналізаційних стоків 53 тис. т н. е.

Вибір *технології та конструкції системи спалювання* визначається характеристиками біомаси, що буде спалюватися, доступними її ресурсами, екологічними вимогами.

Не існує універсальної технології та обладнання, а їхній вибір є результатом техніко-економічного аналізу під час створення конкретної енергетичної установки з використанням обладнання, що доступне на ринку.

Часто застосовують *пряме спалювання біомаси* (рис. 6.1).

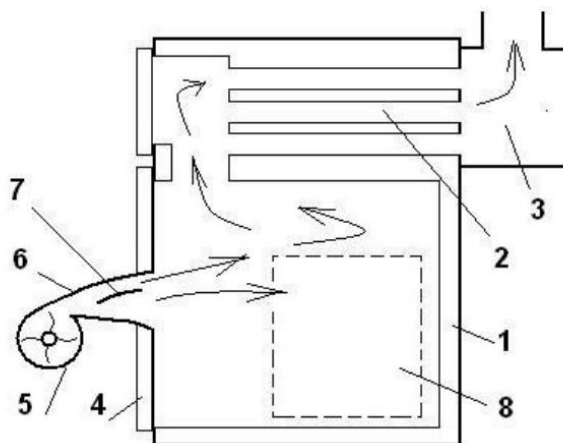


Рисунок 6.1 – Схема спалювання великих тюків соломи в теплогенераторах:

- 1 – топка, 2 – газотрубний пучок, 3 – канал відводу димових газів,
- 4 – завантажувальні двері, 5 – вентилятор дуттьовий, 6 – сопло,
- 7 – відхиляюча лопатка, 8 – тюк соломи

Сухий піроліз відбувається у герметично закритих реакторах без доступу повітря при зовнішньому нагріванні. Залежно від виду біомаси продуктами піролізу є деревне або рослинне вугілля, піролізний газ.

За температури піролізу понад 400 °С піролізний газ є горючим і більша його частина використовується для нагрівання реторти, а решта спалюється на факелі. Як відомо, в абсолютно сухій твердій біомасі вміст вуглецю становить близько 50 %. Залежно від температури піролізу вміст вуглецю в деревному вугіллі підвищується до 90 %.

Торрефікація біомаси – це сухий піроліз, який відбувається за температури 300 ± 20 °С. У процесі торрефікації із біомаси випаровується волога та леткі речовини. Торрефікація розглядається як спосіб покращення споживчих характеристик палива із біомаси.

Окиснювальний піроліз або часткова газифікація твердого палива – це нова технологія термічної переробки біомаси з обмеженим доступом повітря.

На відміну від сухого піролізу, для якого немає обмежень щодо розміру деревини, для окиснювального піролізу оптимальний розмір фракції біопалива становить 5–40 мм.

Спосіб **комбінованого піролізу** включає сухий піроліз палива без доступу повітря в окремій вертикальній реторті з зовнішнім нагріванням та окиснювальний піроліз з обмеженим доступом повітря з внутрішнім нагріванням.

Метою **швидкого піролізу** є виробництво рідкого палива із біомаси (біонафта). Процес швидкого піролізу включає сушку сировини до вологості 10 %, подрібнення до фракції розміром приблизно 2 мм, швидке нагрівання (300–600 °С на хвилину) без доступу повітря, малий час перебування (близько 2 с), швидке охолодження піролізного газу з отриманням біонафти. Температура процесу в середньому 500 °С, вихід біонафти становить до 80 %.

Біонафта складається з кисневмісних органічних сполук. Теплота згоряння біонафти становить 50–70 % від теплоти згоряння природної нафти.

Газифікацією називається процес перетворення органічного палива в горючі гази, який відбувається під дією вільного або зв'язаного у вигляді H_2O або CO_2 кисню за високих температур.

Для **отримання та використання біогазу** застосовують біогазової станції (рис. 6.2).

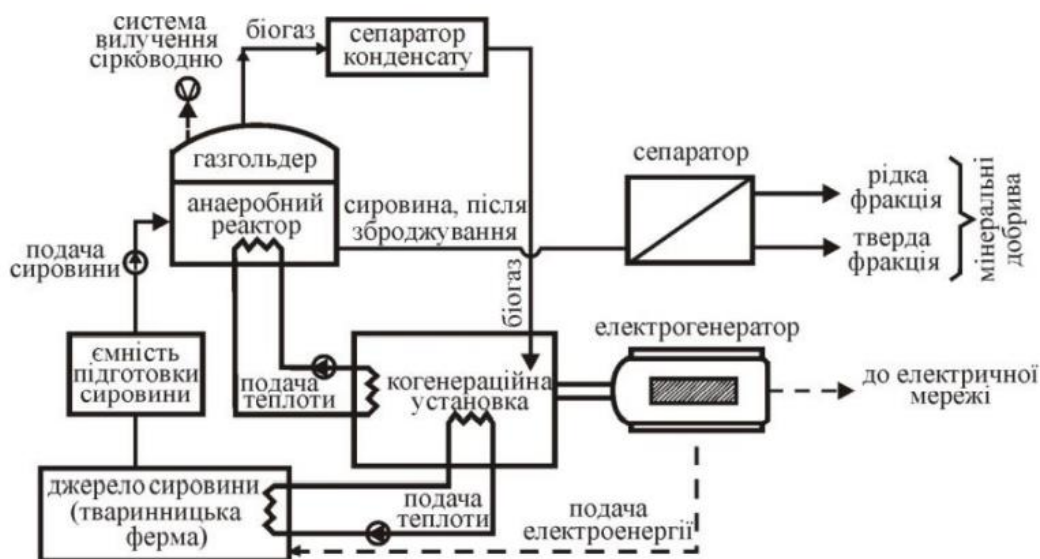


Рисунок 6.2 – Типова блок-схема роботи біогазової станції

Одним із важливих завдань, яке стоїть перед паливно-енергетичним комплексом України, є максимальне використання власних енергетичних ресурсів, до яких належать і **моторні біопалива**, що є продуктами переробки рослинної сировини.

Україна, завдяки родючим землям та своїм кліматичним особливостям, може отримувати біодизельне паливо з ріпаку, сої та соняшника.

В Україні, незважаючи на наявність сировинної та законодавчої бази (Закони України «Про альтернативні види палива», «Про альтернативні джерела енергії», «Про розвиток виробництва та споживання біологічних палив»), виробництво та використання рідких біопалив, зокрема біодизельного палива, не вийшло на суттєвий промисловий рівень.

Розглянемо доцільність залучення земель сільськогосподарського призначення для вирощування енергетичних культур, порівнюючи площі,

необхідні для забезпечення населення продуктами харчування, з загальною площею земель сільськогосподарського призначення. Харчовий раціон однієї людини вимагає залучення під сільгоспвиробництво 0,5–0,6 га землі. Загальна площа земель, придатних для сільгоспвиробництва, становить 42,8 млн га. Оскільки на сьогодні населення України становить приблизно 42 млн чоловік, то для забезпечення його продуктами харчування у достатній кількості необхідно 25,06 млн га. Інша площа вже сьогодні може використовуватись для вирощування енергетичних культур.

Гідроелектростанція (далі – ГЕС) це сукупність споруд і устаткування, призначених для перетворення механічної енергії потоку води в електроенергію.

Відповідно до Закону України «Про електроенергетику» до об'єктів альтернативної енергетики відноситься мала гідроенергетика.

До малих ГЕС відносяться станції потужністю до 10 МВт.

Гідроенергетика відноситься до освоєних способів виробництва електроенергії без використання викопного органічного й ядерного палива, та має доволі прогнозований відновлюваний енергоресурс, найменшу собівартість серед традиційних та більшості нетрадиційних технологій, унікальні маневрові й мобільні властивості, характеризується значним експлуатаційним ресурсом.

Гідроелектростанції впливають на економічний та соціальний розвиток прилеглих територій завдяки створення умов для водопостачання населених пунктів і господарств, судноплавства, рекреацій, риборозведення, зрошення, захисту територій від повеней.

На початок 1960-х в Україні налічувалося близько 956 малих ГЕС загальною потужністю 30 тис. кВт.

Зі створенням потужних об'єктів атомної і теплової енергетики, мала гідроенергетика стала занепадати. Зростання централізації енергопостачання, низькі ціни на паливо та електроенергію для відомств і підприємств, на балансі яких знаходилися малі ГЕС – це причини, через які станції втратили свою

доцільність, почалась їхня консервація та стихійний демонтаж.

До кінця 1980-х збереглись всього 49 станцій.

До гідротехнічних споруд та їхніх складових відносяться машинна зала, гребля, (огороджувальна) дамба, зрівняльний резервуар, закрив, шандор, водоскид та водозлив, верхній та нижній б'єфи, рибозахисна та рибопропускна споруди.

Поняття *гідроенергетичного потенціалу* формулюється так:

– природний потенціал малої гідроенергетики – енергетичний еквівалент запасів гідравлічної енергії, зосереджений у джерелах малої гідроенергетики (кВт · годин за рік);

– технічний потенціал малої гідроенергетики – частина природного потенціалу, яку можуть використати малі гідроелектростанції з урахуванням соціально-екологічних вимог;

– економічний потенціал малої гідроенергетики – частина технічного потенціалу, використання якого економічно доцільне.

Є обмеження на використання гідроенергетичних ресурсів малих річок:

– за ухилом вертикального профілю ($H/L \geq 0,12$ м/км);

– за витратами води (2–150 м³/с).

Виключенню з розрахунків гідроенергетичних ресурсів підлягали певні ділянки річок, де в процесі досліджень було виявлено:

– види риб, занесені до Червоної книги;

– поклади мінеральної води.

Гідроенергетичний потенціал регіонів України залежить від забезпеченості водними ресурсами та рельєфу території (рис. 6.3).

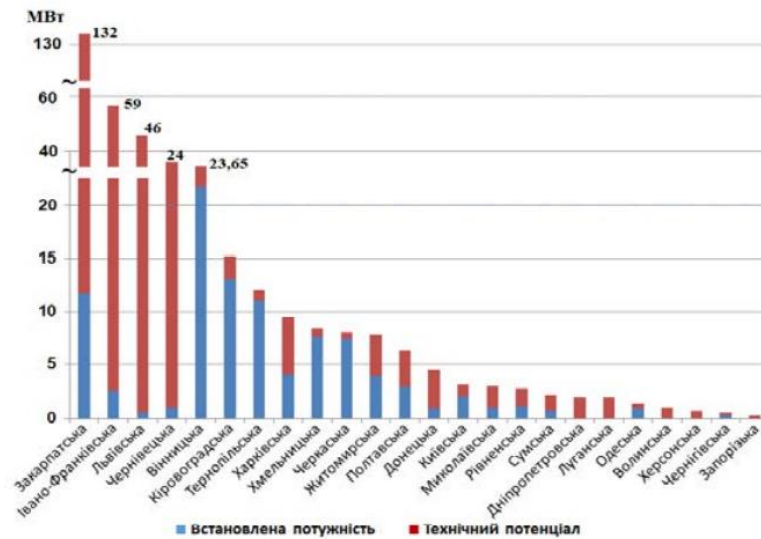


Рисунок 6.3 – Розподіл технічного потенціалу та освоєння гідроенергетичних ресурсів малих річок

Геотермальні ресурси становлять ту частину тепловмісту твердої, рідкої та газоподібної фаз земної кори, яка може бути вилучена з надр Землі та використана за сучасного рівня розвитку технології.

Теоретичний світовий потенціал геотермальної енергії найбільший серед відновлюваних джерел енергії і становить $613,7 \times 10^6$ млн т у. п., але технічний потенціал дорівнює всього 736,4 млн т у. п.

Частка електроенергії, що одержується у світі за допомогою геотермальних ресурсів, складає приблизно 0,5 % загального обсягу виробництва, але поступово зростає (рис.6.4).

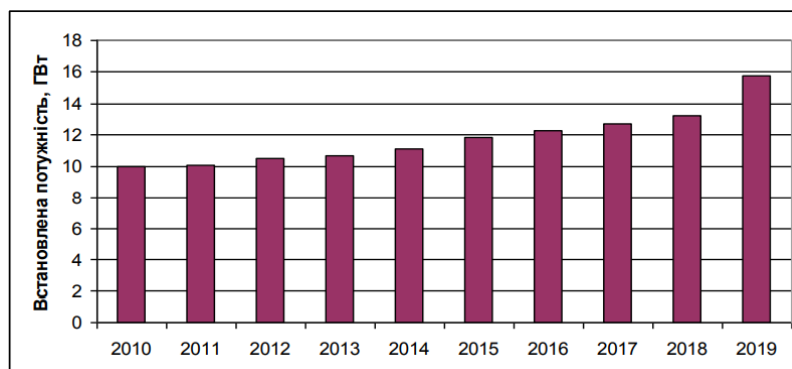


Рисунок 6.4 – Тенденції зростання сумарної встановленої потужності геотермальних електричних станцій у світі

У світі збільшується споживання геотермальної теплової енергії (рис. 6.5).



Рисунок 6.5 – Споживання геотермальної теплової енергії у світі

Більша частина теплової енергії у світі використовується для опалення приміщень та потреб бальнеології (рис. 6.6).



Рисунок 6.6 – Структура споживання геотермальної теплової енергії

В Україні гідротермальні ресурси насамперед використовуються з рекреаційною та бальнеологічною метою (рис. 6.7).



Рисунок 6.7 – Використання гідротермальних ресурсів з рекреаційною та бальнеологічною метою

Більшість геотермальних циркуляційних станцій знаходяться в АР Крим і призначені для теплопостачання комунально-побутової сфери, адміністративних споруд та парникових господарств.

Пік геотермальної теплофікації в нашій країні припав на кінець 80-х – початок 90-х років минулого століття, коли було збудовано 15 експериментальних систем теплопостачання на базі геотермальних циркуляційних станцій з сумарною встановленою потужністю 19,5 МВт.

Геотермальні родовища (рис. 6.8) найчастіше приурочені до нафтогазових провінцій, які завжди характеризуються високим геотермічним фоном (геотермічний градієнт вище $3\text{ }^{\circ}\text{C}/100\text{ м}$) і знаходяться на глибинах понад 1 500 м. У процесі експлуатації газового родовища відбувається природне заміщення газу контурними підземними водами до повного заповнення продуктивного горизонту. Підземні води мають підвищену пластову температуру, достатню для використання у теплофікації або генерації електричної енергії.

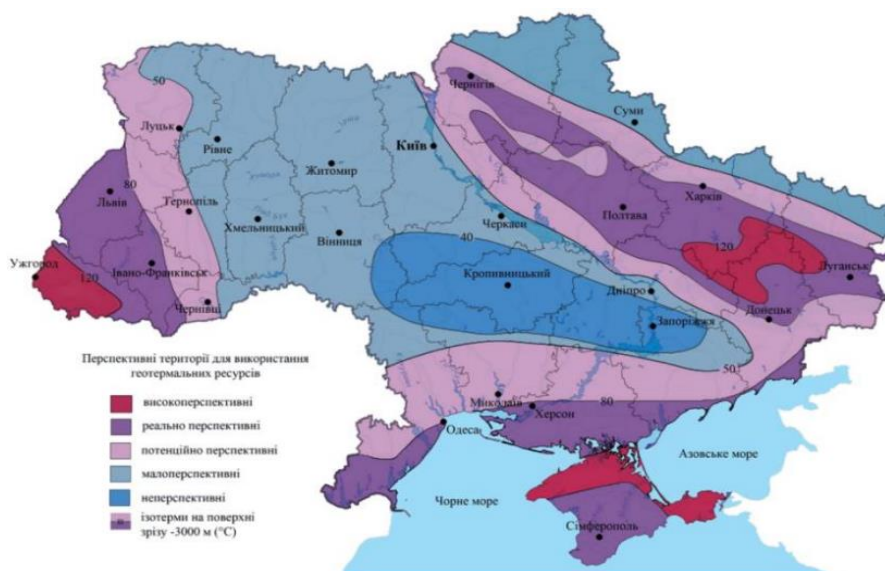


Рисунок 6.8 – Карта розташування перспективних гідротермальних територій України

Способи використання геотермальних ресурсів залежать від їхньої температури (рис. 6.9).

Клас ресурсів	Поширення	Технології використання
Високо-температурні: >200 °C	Локальне поширення в зонах активного магматизму і вулканізму	Парові турбіни сухої пари, схема адіабатного скипання, подвійного та потрійного адіабатного скипання
Середньо-температурні: 150 °C – 200 °C	У більшості гірсько-складчастих областей континентів	Двокаскадні (бінарні) паротурбіни, у тому числі на органічному робочому тілі (ORC) або за циклом Каліни
Низько-температурні: <150 °C	Як у гірсько-складчастих областях, так і в артезіанських басейнах платформного типу	Пряме використання (побутове та промислове теплопостачання) та виробництво електроенергії з використанням бінарних циклів

Рисунок 6.9 – Класи та способи використання геотермальних ресурсів

Як робоче тіло найчастіше застосовують низькокиплячі речовини на основі вуглецевих (органічних) сполук.

Схему геотермальної електричної станції на сухій парі наведено на рисунку 6.10.

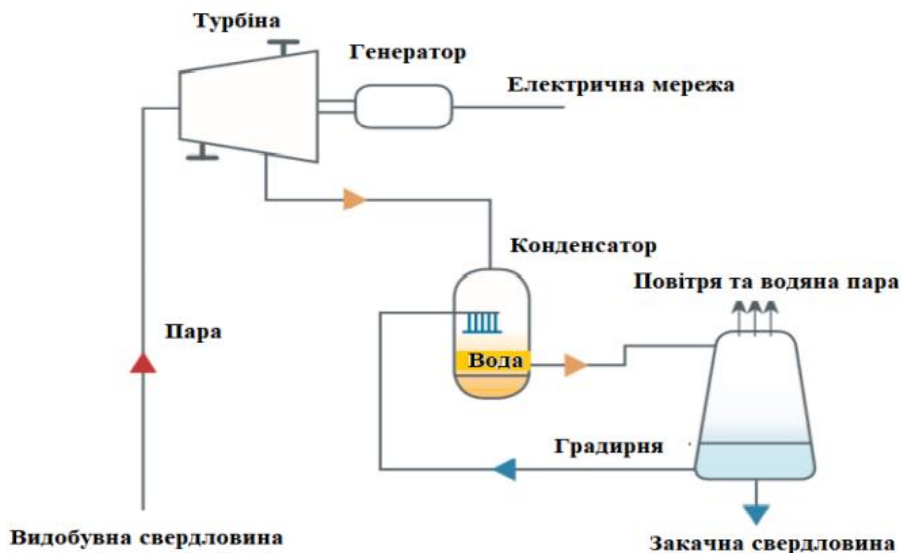


Рисунок 6.10 – Принципова схема геотермальної електричної станції на сухій парі

Основним видам відновлюваних джерел енергії властиві періодичність у роботі та зміна величини потенціалу енергії залежно від часу доби і року.

Ця непостійність знижує енергетичну ефективність джерел, тому при використанні енергії відновлюваних джерел необхідний енергоносіє, зручний для зберігання, транспортування і використання.

Перспективною можливістю накопичувати велику кількість електроенергії протягом значних термінів її зберігання сьогодні може забезпечити створення *водневої енергетичної інфраструктури*, складовими якої є обладнання на основі ВДЕ, установки для виробництва водню, системи накопичення та зберігання, транспортування та використання водню.

Основою роботи систем є перетворення електричної енергії, виробленої відновлюваними джерелами, у хімічну енергію водню з наступним використанням її споживачами.

Водень є єдиним паливом, під час спалювання якого не забруднюється навколишнє середовище.

Проблема захисту довкілля від безперервного і загрозливого зростання забруднень нафтою та продуктами неповного згорання органічних палив,

насамперед, рідкого вуглеводневого пального в двигунах внутрішнього згоряння і дизельних двигунах автомобілів, стимулюють різке зростання інтересу до можливостей розширення виробництва водню.

У 2020–2024 роках у ЄС має бути встановлено як мінімум 6 ГВт водневих електролізерів, які вироблятимуть до 1 млн тонн водню з ВДЕ. У 2025–2030 роках пропонується вийти на рівень 40 ГВт електролізерів, завдяки яким виробництво досягне 10 млн тонн чистого водню. До 2050 року ці технології мають широко використовуватися у всіх сферах діяльності.

Україна має можливість для створення та розвитку водневої енергетики, яка потенційно може зробити Україну енергетично незалежною з експортно орієнтованою економікою. Передумовою цього є наявність в Україні другого в Європі потенціалу енергії відновлюваних джерел.

Є можливість використання газотранспортної системи України для транспортування виробленого «зеленого» водню до країн Європи.

Основою роботи систем вітроводневої станції (рис. 6.11) є перетворення електричної енергії, виробленої відновлюваними джерелами, у хімічну енергію водню з наступним використанням її споживачами у вигляді електричної і теплової енергії залежно від потреб споживачів.

Отримана на вітровому агрегаті електроенергія спрямовується на електролізну установку для виробництва водню методом розкладу води.

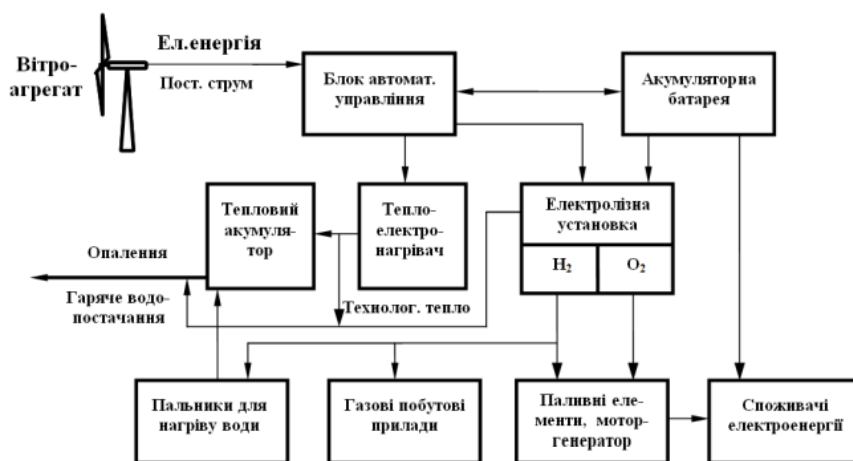


Рисунок 6.11 – Схема вітроводневої станції

Зараз використовуються та знаходяться в стадії розробки такі форми зберігання і транспортування водню:

- газоподібний водень (газгольдери, підземні сховища);
- стиснений газоподібний водень (балони, ресивери, трубопроводи, підземні сховища);
- зберігання водню у зв'язаному стані у вигляді хімічних сполук та гідридів металів;
- зберігання водню в рідкому стані (кріогенна форма).

Найбільш ефективною формою зберігання водню в енергосистемах невеликої потужності є стиснений водень.

Оскільки під час спалювання водню не залишається жодних шкідливих продуктів згоряння, то для опалювальних пристроїв, що працюють на водні, зникає потреба у системах відведення цих продуктів. Відсутність димарів не тільки сприяє економії будівельних витрат, а й підвищує ККД опалювання.

Проблематика розвитку водневої енергетики в Україні полягає у необхідності створення ефективних систем виробництва, акумулявання, зберігання, транспортування та перетворення водню в енергію.

7 ОБҐРУНТОВУВАННЯ РІШЕНЬ, НАПРАВЛЕНИХ НА МІНІМІЗАЦІЮ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ ТЕПЛОЕНЕРГЕТИКИ

«Екологічно чистих» або «абсолютно безпечних» енергетичних технологій бути не може. Використання кожної з них для вироблення електроенергії неминуче супроводжується тим чи іншим видом негативних дій.

Одним з основних джерел забруднення навколишнього середовища є *теплові електростанції (далі – ТЕС)*.

Під час роботи ТЕС спостерігаються різні негативні впливи на всі компоненти біосфери: атмосферу, гідросферу та літосферу.

Спалювання вихопного твердого та рідкого палива супроводжується виділенням сірчистого, вуглекислого і чадного газів, а також оксидів нітрогену, пилу, сажі та інших забруднювальних речовин.

Під час спалювання твердого палива утворюються відходи золи і шлаку.

Системи охолодження технологічного обладнання призводять до:

- теплового забруднення довкілля;
- утворення забруднених стоків.

Лінії електропередач надвисокої напруги є джерелами потужних електромагнітних полів.

Видобуток вугілля відкритим способом та торфорозробки ведуть до зміни природних ландшафтів, а іноді й до їхнього руйнування.

Видобуток вугілля у шахті призводить до:

- утворення відходів порожньої породи;
- руйнуванню водоносних горизонтів, потрапляння на поверхню шахтних вод;
- викидів метану та інших супутних газів.

Розливи нафти і нафтопродуктів під час видобутку і транспортуванні здатні знищити все живе на величезних територіях (акваторіях).

Схема шкідливого впливу на навколишнє природне середовище ТЕС наведено на рисунку 7.1.

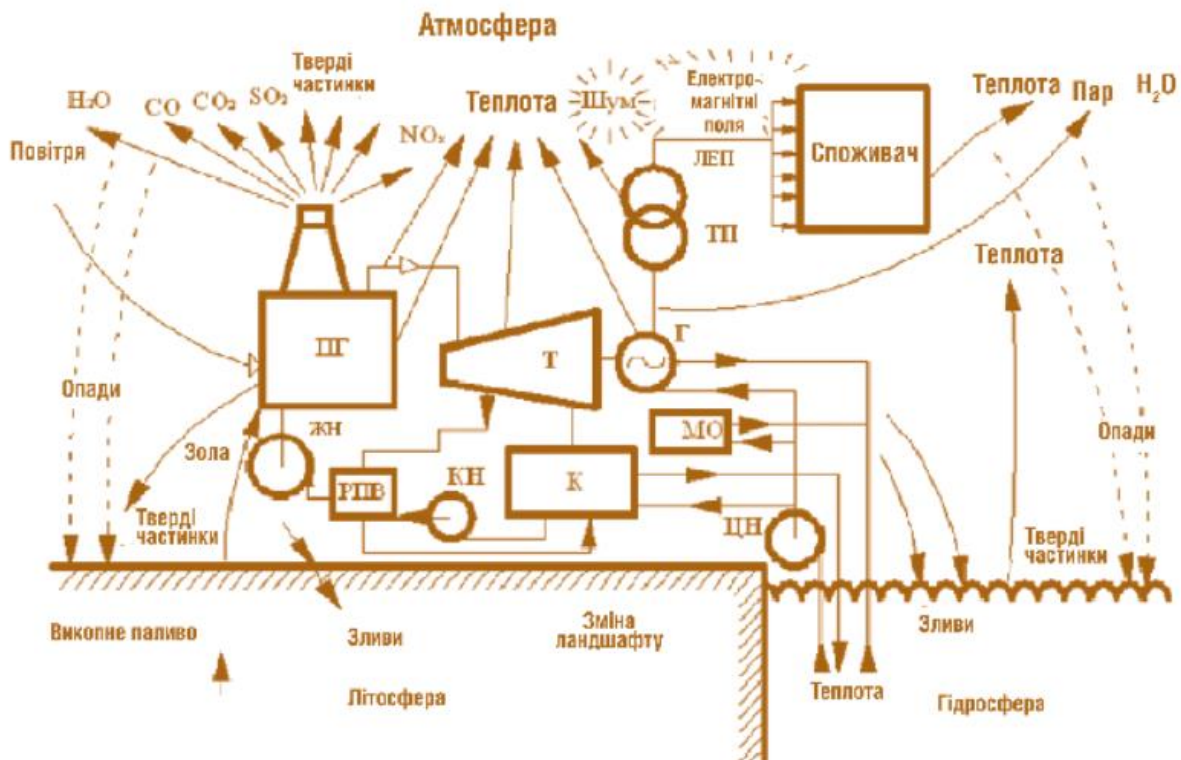


Рисунок 7.1 – Схема взаємодії ТЕС з навколишнім середовищем:

ПГ – парогенератор; Т – турбіна; К – конденсатор;

ЖН, КН, ЦН – відповідно живильні, конденсаторні та циркуляційні насоси;

РВП – регенеративний підігрів живильної води; Г – генератор електричного струму;

МО – масоохолоджувач; ТП – трансформаторна підстанція; ЛЕП – лінії електропередач

Викиди під час роботи енергетичного об'єкта під час застосування різних видів палива наведено в таблиці 7.1.

Таблиця 7.1 – Основні види забруднювальних речовин енергетичних об'єктів

	Забруднювальні речовини							
	зола	сажа	CO ₂	H ₂ O	NO ₂	SO ₂	NO	CO
Паливо	зола	сажа	CO ₂	H ₂ O	NO ₂	SO ₂	NO	CO
Природний газ	–	–	+	+	+	–	+	+
Мазут	+	+	+	+	+	+	+	+
Вугілля	++	+	+	+	+	+	+	+

У таблиці використані умовні позначення, що характеризують ймовірність появи тих чи інших викидів під час спалювання різних видів палива: «++» – дуже висока; «+» – висока; «-» – відсутня.

Міндовкілля рекомендує такі методики розрахунку викидів.

Технологічні нормативи допустимих викидів забруднювальних речовин із теплосилових установок, номінальна теплова потужність яких перевищує 50 МВт, затверджені наказом Мінприроди від 22.10.2008 № 541, зареєстровано у Мін'юсті 17.11.2008 за № 1110/15801.

Технологічні нормативи допустимих викидів забруднювальних речовин в атмосферне повітря із котелень, що працюють на лушпинні соняшнику, затверджені наказом Мінприроди України від 13.10.2009 № 540, зареєстровано в Міністерстві юстиції 04.11.2009 за № 1023/17039.

Типова методика визначення питомих викидів від виробництв по галузях промисловості. Основні положення, затверджено заступником Міністра екології та природних ресурсів України М. Стеценко 25.12.2000 р. Доступ: <https://zakon.rada.gov.ua/>.

Збірник показників емісії (питомих викидів) забруднювальних речовин в атмосферне повітря різними виробництвами (тт.1-3). Український науковий центр технічної екології. Донецьк, 2004 р.

Методикою визначення викидів забруднювальних речовин в атмосферу від енергетичних установок передбачено:

- визначення викидів забруднювальних речовин за даними постійних вимірювань;
- або визначення викидів забруднювальних речовин розрахунковими методами.

Розрахункові методи визначення викиду забруднювальної речовини базуються на використанні *показника емісії*.

Показник емісії характеризує масову кількість забруднювальної речовини, яка викидається енергетичною установкою в атмосферне повітря разом із

димовими газами, віднесена до одиниці енергії, що виділяється під час згоряння палива, г/ГДж. Він залежить від багатьох чинників. Існують два показники емісії: узагальнений та специфічний.

Узагальнений показник емісії забруднювальної речовини є середньою питомою величиною викиду для певної категорії енергетичних установок, певної технології спалювання палива, певного виду палива з урахуванням заходів щодо зниження викиду забруднювальної речовини. Він не враховує особливостей хімічного складу палива.

Специфічний показник емісії є питомою величиною викиду, яка визначається для конкретної енергетичної установки з урахуванням індивідуальних характеристик палива, конкретних характеристик процесу спалювання та заходів щодо зниження викиду забруднювальної речовини.

Згідно з Методикою розраховують:

- показник емісії речовини у вигляді суспендованих твердих частинок;
- показник емісії, оксидів сірки SO_2 та SO_3 , у перерахунку на діоксид сірки SO_2 , які надходять у атмосферу з димовими газами;
- оксиди азоту NO_x ;
- важкі метали;
- оксид вуглецю CO ;
- діоксид вуглецю CO_2 ;
- оксид діазоту N_2O ;
- метан CH_4 .

Узагальнений показник емісії залежить від виду палива (рис. 7.2)

№ з/п	Найменування палива	Питомі викиди, г/ГДж				
		Зважені тверді частки	СО	NO _x	SO ₂	Неметанові леткі органічні сполуки
1	Природний газ	-	249	64	-	-
2	Вугілля	2310	1870	101	2510	600
3	Дрова	500	4000	80	11	350
4	Пелети	62	300	80	11	10

Рисунок 7.2 – Узагальнений показник емісії

Державна служба статистики України для підготовки звітної документації суб'єктів господарювання рекомендувала такі показники емісії забруднювальних речовин при спалюванні природного газу.

$$kNO_x = 64,311 \text{ г/ГДж};$$

$$kCO = 248,75 \text{ г/ГДж};$$

$$kCO_2 = 58\,748,13 \text{ г/ГДж};$$

$$kN_2O = 0,1 \text{ г/ГДж};$$

$$kCH_4 = 1,0 \text{ г/ГДж}.$$

Кількість тепла, яке можна отримати, обчислюють за формулою:

$$E = M \cdot Q, \text{ МДж},$$

де Q – нижча робоча теплота згорання палива, МДж/кг;

M – витрата природного газу, кг.

Витрату природного газу обчислюють за формулою:

$$M = V \cdot \rho, \text{ кг},$$

де ρ – густина природного газу за нормальних умов, кг/м³.

Вважають, що для природного газу $\rho = 0,723 \text{ кг/м}^3$; $Q = 45,75 \text{ МДж/кг}$.

Під час спалювання вугілля показники емісії забруднювальних речовин

такі:

$$kNO_x = 100,90 \text{ г/ГДж};$$

$$kCO = 1\,871,5 \text{ г/ГДж};$$

$$kCO_2 = 93\,740,0 \text{ г/ГДж};$$

$$kN_2O = 1,4 \text{ г/ГДж};$$

$$kCH_4 = 1,0 \text{ г/ГДж};$$

$$kHMЛОС = 600,0 \text{ г/ГДж};$$

$$k\text{сажі} = 2\,305,9 \text{ г/ГДж};$$

$$kSO_2 = 2\,506,0 \text{ г/ГДж}.$$

Нижча робоча теплота згорання вугілля – $Q = 20,47$ Мдж/кг.

У країнах Європи, враховуючи відсутність деталей щодо типів обладнання для спалювання або технології зменшення викидів, які відрізняються для кожної країни, використовують показники емісії, які становлять середнє значення для діапазону технологій, що використовуються.

Окремо встановлюють показники емісії для підприємств і для домогосподарств (рис. 7.3).

Забруднювальна речовина	Викиди підприємства з виробництва тепла і електроенергії, г/ГДж	Викиди домогосподарств, г/ГДж
NO _x	209	110
CO	8,7	4 600
НЛОС	1,0	484
SO _x	820	900
пил	11,4	444

Рисунок 7.3 – Показники емісії для підприємств і для домогосподарств

Кількість золошлакових **відходів** залежить від типу палива і складає у середньому:

- мазут – 0,15–0,20 %,
- буре вугілля – 10–15 %,

- кам'яне вугілля – 30–40 %,
- горючі сланці – 50–80 %.

Зола виносу – тонкодисперсний матеріал, що має розмір від долей мікрона до приблизно 300 мкм. Це – вторинний продукт, що залишається після згоряння вугілля на ТЕС і у пиловидному стані відловлюється фільтрами.

Шлак паливний – виробничі відходи, отримані в процесі згоряння вугілля на ТЕС. Шлак складається із шлакової складової (склоподібні частинки більш ніж 300 мкм).

Викиди SO₂ та інших шкідливих речовин у районах великих ТЕС входять до структури дощових хмар, які переносяться на значні відстані й формують **кислотні опади** (кислотні дощі) з рН ≤ 4,5 – 6,5.

Лінії електропередач надвисокої напруги є джерелами потужних **електромагнітних полів**, які існують навколо фазних проводів лінії.

Ці електромагнітні поля значно негативно впливають на екосистеми, що знаходяться поблизу трас ліній електропередач надвисокої напруги.

Вплив електромагнітних полів пов'язаний із проходженням в організмі людини (тварини, рослини) струмів, індукованих цими полями.

Рішення, направлені на мінімізацію екологічних ризиків об'єктів теплоенергетики:

- організація санітарно-захисних зон;
- застосування маловідходних технологій;
- застосування технологій очищення димових газів, стічних вод, переробки відходів;
- заходи з енергозбереження.

8 ОБҐРУНТОВУВАННЯ РІШЕНЬ, НАПРАВЛЕНИХ НА МІНІМІЗАЦІЮ ЕКОЛОГІЧНИХ РИЗИКІВ ОБ'ЄКТІВ АТОМНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ, ГІДРОЕНЕРГЕТИКИ, НЕТРАДИЦІЙНОЇ ЕНЕРГЕТИКИ

Вдосконалення технології та підвищення безпеки зумовили можливість будівництва потужних *атомних електричних станцій (далі – АЕС)* (рис. 8.1) на тлі зменшення природних запасів органічних енергетичних ресурсів (вугілля, нафти і газу). У другій половині ХХ ст. атомна енергетика стала новою багатообіцяючою енергетичною альтернативою традиційним джерелам енергії.



Рисунок 8.1 – Загальний вигляд промайданчика Запорізької АЕС

Запаси енергії, що міститься в розвіданих покладах урану, більш ніж у 20 разів перевищують розвідані запаси нафти, газу і кам'яного вугілля.

Період 1970–1980 рр. характеризується інтенсивним будівництвом АЕС з ядерними реакторами першого покоління. Незважаючи на найжорстокішу конкуренцію з енергетичними компаніями, що експлуатують теплові електростанції, середній приріст потужностей ядерних реакторів на АЕС становив приблизно 25 % на рік.

У 1980–1990 рр. приріст потужностей нових ядерних реакторів на АЕС знижується до 6 % на рік. У цей період з'являються реактори другого

покоління. Однак проти розвитку атомної енергетики все активніше протестують представники «зеленого» руху і «антиглобалісти». Їхня діяльність особливо різко активізувалася після Чорнобильської катастрофи.

У 1990–2000 роках у результаті Чорнобильської катастрофи в світі різко скорочується будівництво нових блоків АЕС, а в більшості країн взагалі був оголошений мораторій на їхнє будівництво.

В Україні з 1991 до 2000 рр. також було оголошено мораторій на будівництво нових блоків АЕС, було заморожено будівництво блоків Рівненської АЕС № 4 і Хмельницької АЕС № 2.

Однак вжиті серйозні зусилля щодо забезпечення безпеки експлуатованих АЕС дозволили на початку XXI ст. значною мірою відновити довіру суспільства до атомної енергетики.

На сьогодні на частку АЕС припадає 16 % світового виробництва електроенергії, 70 країн мають намір розширити використання атомної енергії.

Разом із тим необхідно констатувати, що в практиці експлуатації енергетичних і промислових об'єктів не існує технічних систем зі стовідсотковою надійністю, і у кожній з них є своя частка ризику.

Атомна енергетика є потенційно небезпечною через можливі аварії на енергоустановках, що супроводжуються викидом у довкілля радіоактивних матеріалів. Окрім того, викликають проблеми переробка ядерних відходів та їхнє захоронення, що обходиться дуже дорого і не має надійного інженерного рішення. Ядерні відходи залишаються небезпечними протягом сотень і тисяч років. Особливо актуальною ця тема є для України, котра постраждала від наслідків вибуху на Чорнобильській АЕС.

У технологічних схемах АЕС тепло, що подається на турбіни, утворюється в результаті ядерного поділу.

З цим технологічним процесом пов'язана низка істотних переваг АЕС порівняно з тепловими станціями:

- для виробництва однакової кількості енергії потрібно в кілька тисяч

разів менше ядерного палива, ніж вугілля для ТЕС;

– значно спрощується доставка палива;

– період роботи АЕС при разовому завантаженні ядерного палива набагато більш тривалий (від року і більше), ніж для ТЕС;

– за нормальної експлуатації АЕС набагато безпечніше ТЕС за викидами хімічних та радіоактивних забруднювачів;

– відсутній викид «парникових» газів у навколишнє середовище.

У 60–70-х роках минулого століття енергоблоки АЕС мали незначну потужність і кількість їх на одному майданчику складала не більше трьох.

Питомі капіталовкладення на будівництво АЕС першого покоління не перевищували 600 доларів США на 1 кВт установленої потужності.

Збільшення потужності АЕС до 4–6 блоків призводить до вилучення під ці об'єкти значних територій. Експлуатація таких АЕС потребує великої кількості водних ресурсів. У зонах впливу потужних АЕС виникає потенційне техногенне навантаження (теплове, хімічне та радіаційне) на навколишнє середовище, можлива активізація деяких небезпечних геодинамічних процесів, які можуть знижувати рівень загальної та радіаційної безпеки і призводити до різних небезпечних ситуацій.

З часом стали збільшуватися питомі капіталовкладення в будівництво АЕС, які зараз складають 3 000–4 000 доларів США на 1 кВт установленої потужності. Значна частина додаткових коштів використовується на впровадження більш досконалих систем безпеки АЕС, зокрема на захист навколишнього середовища для штатних та аварійних умов експлуатації цих об'єктів.

Теплове забруднення є одним із серйозних негативних факторів впливу на навколишнє середовище під час функціонування АЕС. За коефіцієнта корисної дії сучасних АЕС 33–35 % близько 65 % теплової енергії потрапляє в навколишнє середовище. У технологічних схемах АЕС потужними відкритими джерелами тепла є градирні, водойми-охолоджувачі, бризкальні басейни. Їхня

експлуатація зазвичай призводить до змін мікрокліматичних характеристик, викликає теплове забруднення водойм, впливає на процеси життєдіяльності флори і фауни прилеглих до АЕС екосистем.

Тепловий вплив водойми-охолоджувача на атмосферу фіксується протягом всього року, досягаючи висот 250–300 м і більше, простежуючись на відстані до 10 км.

Наслідками викиду тепла і вологи градирнями-охолоджувачами є:

- формування пароконденсатних факелів, що розповсюджуються в холодний період року на відстань до 2–3 км і більше при стійко-стратифікаційній атмосфері, а також до 0,5–0,7 км у літній період;

- «затемнення» підстилаючої поверхні та зниження у зв'язку з цим надходження прямої сонячної радіації в ближній до факелів зоні;

- зниження дальності метеорологічної видимості в екстремальних умовах до 2–4 км, а при «застійних» явищах в холодний період року – менше 0,5 км.

Вода з бризкальних пристроїв, градирень та водойми-охолоджувача постійно випаровується, а солі залишаються у водоймі-охолоджувачі. Це призводить до *збільшення жорсткості води*, яка використовується для охолодження.

Атомна енергетика порівняно з тепловою має *менший хімічний вплив* на довкілля, а також вимагає *меншої кількості ряду природних ресурсів*.

На сучасному етапі в усьому світі атомна енергетика дозволяє зменшити викиди вуглекислого газу на 3,4 млрд тонн на рік.

Лідером у цьому відношенні є країни Європи, де діючі АЕС дозволяють запобігти викиду 1,23 млрд тонн вуглекислого газу щорічно. Далі йдуть: США – 900 млн тонн; Японія – 440 млн тонн; Росія – 210 млн тонн; Південна Корея і Україна – 160 млн тонн вуглекислого газу. Ринкова вартість квоти на викид 1 млн тонн вуглекислого газу на сьогодні становить від 20 млн до 45 млн євро. Водночас питома вартість скорочення викиду 1 млн тонн вуглекислого газу в розвинених країнах оцінюється на рівні 100–150 млн євро.

В умовах нормальної експлуатації АЕС практично не споживають кисню і мають мізерну кількість викидів.

Під час роботи ТЕС на вугіллі з газоаерозольних викидів в атмосферне повітря потрапляє в 50–100 разів більше активності природних радіонуклідів, ніж під час роботи АЕС тієї ж потужності в штатному режимі експлуатації.

Звідси стає очевидним, що за низкою показників негативного впливу на навколишнє середовище атомна енергетика за нормального (штатного) режиму експлуатації АЕС набагато більш сприятлива, ніж теплова енергетика.

У випадках *виникнення аварійних ситуацій* АЕС мають достатньо високий ступінь ризику, обумовленого передусім радіаційною небезпекою.

Основними причинами технологічного ризику атомної енергетики є:

- аварійні ситуації під час зберігання високоактивних ядерних відходів;
- потенційно можливі технологічні аварії ядерних реакторів і систем забезпечення їхньої роботи, включаючи пов'язані з людським фактором;
- можливі аварії на заводах з переробки опроміненого палива;
- ядерний тероризм.

Будівництво та *експлуатація великих гідроелектростанцій (далі – ГЕС)* (рис. 8.2) приводить до:

- відселення людей із зони затоплення, знищення цінних видів риби, для яких греблі стають нездоланими перешкодами на шляху до нерестовища;
- втрати лісів і високородючих земель;
- збільшення ризику виникнення руйнівних землетрусів у передгірних і гірських районах;
- підвищення ризику катастрофічних повеней у місцевостях, що знаходяться нижче за течією;
- зміни ландшафтів і їхнє руйнування.



Рисунок 8.2 – ДніпроГЕС

У *зону впливу* гідроенергетичних об'єктів з водоймищами входять:

– район гідровузла з водоймищем і прилегла до них територія по всьому периметру в межах підпору, де позначається вплив водоймища на гідрологію, гідрогеологію, геологічні процеси, клімат, рельєф, ґрунти, рослинний і тваринний світ;

– зона нижнього б'єфа, що включає ділянку ріки до впадання в море, озеро або нижчерозташоване водоймище в умовах каскаду ГЕС, де проявляється вплив ГЕС на гідрологію, геологічні процеси, клімат, ґрунти, рослинний і тваринний світ;

– гідроенергетичні об'єкти з водоймищами й елементами навколишнього середовища в зоні їхнього впливу, включаючи зону нижнього б'єфа, а також їхню водозбірну площу, що є єдиною складною системою, в якій усі підсистеми взаємодіють і зв'язані між собою.

Під час створення водоймищ у більшості випадків можна виділити ***три стадії формування нових екологічних умов:***

– для першої стадії, яка збігається з періодом заповнення водоймища й перших років експлуатації, характерне різке порушення природної рівноваги й сформованих зв'язків природних комплексів зі зміною режимів ґрунтових вод, ґрунтів, відмиранням одних і появою інших видів рослин і тварин;

– у другій стадії відбуваються спрямоване формування природного середовища, ув'язування його компонентів і утворення нового природного комплексу;

– у третій стадії складається нова динамічна рівновага природного середовища.

Недооблік негативних впливів на навколишнє середовище, погіршення в низці випадків умов життя населення, нерівномірний розподіл витрат і вигід, істотна різниця між планованими й фактичними результатами викликали ріст опозиції будівництву водоймищ у багатьох країнах.

Для забезпечення зростаючих потреб у воді й енергії до початку ХХІ століття у світі було побудовано більше 45 000 великих гребель із водоймищами, зокрема в Китаї – 22 000, у США – 6 575, в Індії – 4 291, в Японії – 2 675. Існуючи доволі тривалий час, багато з них потребують реконструкції для відповідності сучасним вимогам.

Третина країн світу забезпечує більше половини своїх потреб в електроенергії завдяки ГЕС.

На рівні 2000 р. усіма ГЕС вироблено 2 650 млрд кВт · год електроенергії, що склало близько 19 % її світового виробництва.

Основні *позитивні фактори* впливу ГЕС:

– виробництво електроенергії шляхом використання відновлюваних природою гідроенергетичних ресурсів;

– ГЕС, замінюючи альтернативні ТЕС, запобігають викидам у навколишнє середовище величезної кількості забруднювальних речовин;

– покривають найбільш складну пікову зону графіка навантажень, забезпечують надійне електропостачання;

– комплексне використання водних ресурсів в умовах у край нерівномірного стоку протягом року, їхній перерозподіл;

– забезпечення населення водою, забезпечення зрошення;

– захист від повеней, створенням у них протиповеневої ємності;

- рибогосподарське використання природних ресурсів водоймищ;
- рекреаційне використання водоймищ;
- забезпечення гарантованого санітарно-екологічного попуску в нижній б'єф у меженний період маловодних років;
- активізація процесів самоочищення води у водоймищах;
- захист населення й навколишнього природного середовища під час техногенних аварій;
- створення територіально-виробничих комплексів.

Основні **негативні фактори** й заходи щодо їхньої мінімізації:

- вплив на навколишнє середовище починається в період будівництва;
- затоплення земель; (відношення площі відведених земель до загальної території України – 1,26 %, Азербайджан – 0,88 %, США – 0,82 %);
- підтоплення земель;
- переформування берегів водоймища, обвалення берегових масивів;
- переселення й зміна умов життя населення;
- небезпека поширення малярії, інфекційних захворювань;
- зміна рослинного й тваринного світу;
- замулення водоймищ;
- вплив на сейсмічну активність;
- можливість втрати археологічних та історичних пам'ятників.

Неоднозначні фактори:

- зміна гідрологічного й гідравлічного режимів;
- зміна якості води;
- зміна мікроклімату;
- зміна санітарно-гігієнічних умов;
- вплив на сільське господарство;
- вплив на ландшафти.

Незважаючи на очевидні переваги, **відновлювані джерела енергії** також можуть негативно впливати на довкілля. Експлуатація станцій, які виробляють

енергію за допомогою відновлюваних енергетичних джерел, пов'язана з вилученням з обігу значних земельних ділянок і, ймовірно, у майбутньому буде супроводжуватися тими чи іншими негативними наслідками для довкілля: змінами ландшафтів (вітряки, сонячні батареї), підвищеним рівнем шуму (вітряки), забрудненням ґрунтів (геотермальні енергоустановки та установки, які працюють на біомасі), згубними впливами на інші природні ресурси (припливно-відпливні електростанції).

Площа, необхідна для *сонячних електростанцій* на 1 МВт потужності, складає по різних країнах світу 0,001–0,008 км².

Основний шкідливий вплив геліоустановок на навколишнє середовище – побічний і обумовлений технологічними процесами, пов'язаними з виробництвом нових речовин для геліоустановок. У багатьох випадках це потребує рідкоземельних елементів, які містяться в дуже малих концентраціях у земних породах і для їхнього видобутку необхідно переробити значну кількість таких порід.

Вітроустановки виробляють електричну енергію практично без забруднення довкілля, але разом із тим їхній негативний вплив пов'язаний з відведенням під будівництво значних площ і зміною ландшафту, загрозою гибелі птахів, металоємністю вітроустановок, що обумовлює забруднення під час виробництва металу.

Під потужні промислові ВЕС необхідна площа з розрахунку від 5 км²/МВт до 15 км²/МВт залежно від рози вітрів і місцевого рельєфу району.

Самі ВЕС займають тільки 1 % всієї території, 99 % решти можна використати для сільського господарства або іншої діяльності.

Один з недоліків таких ВЕС – неприємні звуки, що утворюються під час обертання лопатей ротора.

У Німеччині, Нідерландах, Данії та інших країнах прийняті закони, які встановлюють мінімальну відстань від ВЕУ до житла не менше 300 м. В Україні прийнято, що припустима відстань від вітроагрегату до житла має

бути рівною 150 м, від вітроелектростанції до житла – 250 м.

Біоенергетика. Пряме використання біомаси для отримання енергії є більш екологічно безпечним, ніж, наприклад, вугілля. Під час спалювання біомаси виділяється менше 0,2 % сірки і від 3 % до 5 % золи порівняно з 2–3 і 10–15 % відповідно для вугілля, решта переважно вуглекислий газ. Крім того, зола біомаси може повернутися в ґрунт, що забезпечує замкнутість кругообігу біогенних елементів. З погляду вуглекислого газу біомаса є практично нейтральною.

Міністерством охорони навколишнього природного середовища України прийнято нормативи щодо гранично допустимих викидів від всіх стаціонарних джерел стосовно спалювання твердих палив в енергетичних установках, встановлені гранично допустимі концентрації у продуктах згорання основних забруднювачів атмосферного повітря.

У 2009 р. в Україні введено технологічні нормативи допустимих викидів забруднювальних речовин від котелень, що працюють на лущинні соняшнику, оснащених теплосиловими установками номінальною тепловою потужністю менше 50 МВт.

Активне промислове використання *геотермальних джерел* з погляду впливу на довкілля може давати деякий негативний ефект. За інтенсивного виходу на поверхню підземних вод можливе локальне опускання земної поверхні, що призводить до порушення стійкості наземних споруд і зміни ландшафту. Одночасно зі зниженням пластового тиску може підвищитися сейсмічність районів інтенсивного використання геотермальних вод.

Геотермальна вода вміщує багато домішок, які в невеликій кількості не становлять загрози (солі різних металів, сірководень), а також шкідливих речовин (миш'як, бор).

Вихід на поверхню значних об'ємів води може погіршити стан ґрунтових вод в зоні експлуатації (заболоченість, засолення).

На сучасних геотермальних станціях викиди CO₂ на 1 МВт · год

електричної енергії мінімальні й складають у середньому 0,45 кг, тоді як на електростанціях на природному газі – 460 кг, на нафті – 720 кг, на вугіллі – 820 кг.

Лінії електропередач надвисокої напруги є джерелами потужних електромагнітних полів, які існують навколо фазних проводів лінії. Ці електромагнітні поля значно негативно впливають на екосистеми, що знаходяться поблизу трас ліній електропередач надвисокої напруги.

Розрізняють два типи впливу електромагнітних полів на біологічні організми – тепловий та інформаційний.

Для полів промислової частоти 50 Гц ліній надвисокої напруги основним є тепловий вплив від електричних струмів, індукованих у тілі біологічного організму.

Тепловий вплив електромагнітних полів пов'язаний із проходженням в організмі людини (тварини, рослини) струмів, індукованих цими полями.

Проте несприятливий вплив магнітного поля виявляється за його напруженості не меншої 150–200 А/м, що спостерігається на відстані, не більше за 1–1,5 м від проводу повітряної лінії.

Вплив електричного поля на організм людини визначається насамперед струмами, які протікають через тіло людини. Дослідження показали, що струми густиною менш ніж 0,1 мкА/см² зовсім не впливають на здоров'я і нервову систему людини, оскільки вони набагато менші від імпульсних біострумів синапсів. Такому струму відповідає напруженість електричного поля на висоті 1,8 м від рівня землі (що відповідає зросту звичайної людини), яка дорівнює 15 кВ/м, яку й прийнято як припустиму під повітряними лініями надвисокої напруги.

Максимальна напруженість електричного поля під повітряною лінією спостерігається в середині прольоту. Навпаки, біля опор напруженість електричного поля буде найменшою, оскільки тут проводи лінії знаходяться на найбільшій відстані від землі. Крім цього, тут спостерігається сприятливий

ефект від екрануючого впливу металевих конструкцій опор.

Дослідження показали, що за напруженості електричного поля 5 кВ/м близько 80 % людей не зазнають больових відчуттів та дискомфорту від розрядів у випадку дотику до заземлених предметів. Саме цю величину було прийнято як нормативну під час виконання робіт в електроустановках без застосування засобів захисту.

Для забезпечення вказаного припустимого значення напруженості електричного поля під проводами повітряної лінії надвисокої напруги належить дотримувати габаритну відстань для ліній напругою 330 кВ – 12 м, 500 кВ – 16,5 м, 750 кВ – 22 м.

Вплив електричного поля на організм людини визначається не лише інтенсивністю (напруженістю) поля, але й часом експозиції.

Наприклад, за напруженості електричного поля 10 кВ/м допускається перебування персоналу під впливом поля не більше 180 хв на добу, 15 кВ/м – 45 хв на добу, 20 кВ/м – 10 хв на добу.

Нормативними документами передбачено такі гранично припустимі рівні напруженості електричного поля:

- усередині житлових будинків – 0,5 кВ/м;
- на території зони житлової забудови – 1 кВ/м;
- у населеній місцевості поза житловою забудовою – 5 кВ/м;
- на ділянках перетину лінії з автомобільними шляхами – 10 кВ/м;
- у ненаселеній місцевості – 15 кВ/м;
- у важкодоступній місцевості – 20 кВ/м.

З урахуванням негативного впливу електромагнітних полів, індукованих електропередачами надвисокої напруги, на екологічні системи, і передусім на здоров'я людини, у деяких країнах ЄС на законодавчому рівні заборонено спорудження електропередач з номінальною напругою понад 400 кВ.

СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Офіційний сайт Верховної Ради України : Законодавча база. – [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://zakon.rada.gov.ua/>, вільний (дата звернення: 09.04.2024). – Назва з екрана.
2. Офіційний сайт Міністерства захисту довкілля та природних ресурсів України : Діяльність. – [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <http://merg.gov.ua/>, вільний (дата звернення: 09.04.2024). – Назва з екрана.
3. Офіційний сайт Міністерства енергетики України : Діяльність. – [Електрон. ресурс]. – Електрон. текст. дані. – Режим доступу: <https://mev.gov.ua/>, вільний (дата звернення: 09.04.2024). – Назва з екрана.
4. Вінклер І. А. Екологічна безпека джерел енергії. Від традиційних до сучасних і перспективних : навч. посіб. / І. А. Вінклер, Я. Ю. Тевтуль. – Львів : Новий Світ-2000, 2019. – 277 с.
5. Екологічна безпека : підручник / В. М. Шмадій, М. О. Клименко, Ю. С. Голік та ін. – Херсон : Олді-Плюс, 2017. – 366 с.
6. Сиротюк С. В. Альтернативні джерела енергії. Енергія вітру : навч. посіб. / С. В. Сиротюк, В. М. Боярчук, В. П. Гальчак. – Львів : Магнолія 2006, 2019. – 182 с.
7. Маляренко В. А. Енергетичні установки. Загальний курс : навч. посіб. / В. А. Маляренко. – 2-ге вид. – Харків : Видавництво САГА, 2008. – 320 с.
8. Напрями розвитку альтернативних джерел енергії: акцент на твердому біопаливі та гнучких технологіях його виготовлення : монографія / О. С. Полянський, В. І. Д'яконов, О. С. Скрипник та ін. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 136 с.
9. Комплексне оцінювання економічної та еколого-енергетичної ефективності використання технологій «розумний будинок» в системах опалення закладів освіти [Електрон. ресурс] / А. П. Полив'янчук,

Ю. Л. Коваленко, С. В. Романенко, Р. А. Семененко // Комунальне господарство міст. Серія : Економічні науки. – 2019. – Вип. 2. – С. 53–57.

10. Створення та апробація концепції комплексного оцінювання енергетичної, екологічної і економічної ефективності заходів з енергозбереження в будівлях / М. К. Сухонос, А. П. Полив'янчук, Ю. Л. Коваленко та ін. // Комунальне господарство міст. – 2018. – Вип. 6 (145). – С. 33–37.

11. Utilization of drainage water heat in flooded urban areas / Yurii Kovalenko, Mykhailo Katkov, Ievgenii Ponomarenko, Myroslav Malovanyu, Ivan Tymchuk // Ecological Questions. – 2022. – Vol. 33 (2). P. 31–41.

12. Коваленко Ю. Л. Оцінка енергетичної та екологічної ефективності заходів з утеплення будівель з урахуванням кліматичних умов / Ю. Л. Коваленко, Д. В. Дядін, Д. С. Ярчук // Екологічні науки. – 2022. – № 5(44) – С. 55 – 63.

13. Коваленко Ю. Л. Врахування кліматичних умов в процесі порівняльної еколого-економічної оцінки енергоносіїв / Ю. Л. Коваленко, О. В. Хандогіна // Екологічна безпека та збалансоване ресурсокористування. – № 2. – (26)-2022. – С. 111–121.

14. Коваленко Ю. Л. Дослідження еколого-економічних показників систем комунального теплопостачання / Ю. Л. Коваленко, М. О. Тарасенко, О. М. Тарасенко // Енергозбереження. Енергетика. Енергоаудит. – 2022. – № 11-12 (177-178). – С. 42–50.

15. Kovalenko Y. Assessing the Effectiveness of Using Vertical Gardening to Mitigate the Effects of Heat Waves / Y. Kovalenko, I. Ponomarenko // Smart Technologies in Urban Engineering. – 2023. – Vol. 2. – P. 144–153.

Електронне навчальне видання

КОВАЛЕНКО Юрій Леонідович

ЕКОЛОГО-ЕНЕРГЕТИЧНА БЕЗПЕКА МІСТ ТА ВІДНОВЛЮВАНА ЕНЕРГЕТИКА

КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ

*(для здобувачів другого (магістерського)
рівня вищої освіти денної форми навчання зі спеціальності
183 – Технології захисту навколишнього середовища)*

Відповідальний за випуск *Т. В. Дмитренко*

Редактор *О. В. Михаленко*

Комп'ютерне верстання *Ю. Л. Коваленко*

План 2024, поз. 37Л

Підп. до друку 03.05.2024. Формат 60 × 84/16.

Ум. друк. арк. 6,5.

Видавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О. М. Бекетова,
вул. Маршала Бажанова 17, Харків, 61002.

Електронна адреса: office@kname.edu.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 5328 від 11.04.2017.