

М.С. Четверик, О.В. Мішіна

РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ СВІТУ ТА ЇХ ВПЛИВ НА СТАБІЛЬНИЙ СТАН ЕКОНОМІКИ Й СУСПІЛЬСТВА

Розглянуто види енергетичного забезпечення світової спільноти від давніх часів до сучасності. Наведена теорія зміни в часі енергетичних систем Світу, яка на підставі встановленої закономірності зменшення терміну їх ефективного застосування дозволяє визначити час переходу до наступної. Викладено основні напрями розвитку енергетики в Україні, які дозволяють поліпшити енергетичне забезпечення, економічний стан держави та екологію.

РАЗВИТИЕ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ СИСТЕМ МИРА И ИХ ВЛИЯНИЕ НА СТАБИЛЬНОЕ СОСТОЯНИЕ ЭКОНОМИКИ И ОБЩЕСТВА

Рассмотрены виды энергетического обеспечения мирового сообщества от давних времен до современности. Приведена теория смены во времени энергетических систем Мира, которая на основе установленной закономерности уменьшения времени их эффективно применения позволяет определить время перехода к следующей. Изложены основные направления развития энергетики в Украине, которые позволяют повысить энергетическое обеспечение, улучшить экономическое состояние государства и экологию.

EVOLUTION OF WORLD ENERGY SYSTEMS AND THEIR IMPACT ON STABLE CONDITION OF ECONOMY AND SOCIETY

The types of energy supply of the world community from the earliest times till the present are considered. The theory of change in time of world energy systems is given that on the basis of the fixed law of reducing of their effective application duration makes it possible to determine time for the transition to the subsequent. The main directions of energy development in Ukraine are described. They increase energy supply, improve the economic condition of the state and the environment.

ВСТУП

Розвиток світової спільноти супроводжується безперервним зростанням його енергетичного забезпечення, що необхідно як для покращення його економічного стану, так і в зв'язку зі збільшенням народонаселення. З давніх часів відповідно розвитку технічного прогресу змінюються види

енергетичного забезпечення або їх застосовують декілька, утворюючи систему. Малопотужні або неефективні замінюються іншими, або їх частка в загальному енергетичному забезпеченні зменшується. Ця зміна супроводжується як змінами в техніці та технології, так і змінами в суспільному розвитку: зміни потреб, спалаху безробіття [1]. Застосовується наступна термі-

нологія. Енергетична система – застосування однієї або одночасно декількох видів енергетичного забезпечення. Вид енергетичного забезпечення – механічне або електричне устаткування (обладнання), яке приводиться в дію визначеним видом енергії: механічна (водяна, вітрова, парова); електрична (теплова, гідравлічна, атомна).

Аналіз досліджень та публікацій. Розглянуто види енергетичного забезпечення світової спільноти від давніх часів до сучасності. Для цього використано різні джерела: науково-технічні збірники праць, технічна література, а також інформаційні дані інтернет-сайтів вільного доступу. На їх підставі виконано аналіз видів енергетичного забезпечення, час їх виникнення, застосування в різних країнах і регіонах, а також у різних галузях господарської діяльності.

Постановка проблеми. Проведений аналіз застосування енергетичного забезпечення свідчить про зміну видів енергетичних систем впродовж часу. Але не встановлено взаємозв'язок між терміном застосування енергетичної системи і часом заміни її іншою. Зміна енергетичних систем впливає на економічний розвиток, стан суспільства, екологію. Тому визначення терміну переходу від однієї енергетичної системи до іншої має важливе значення, оскільки дозволяє намітити шляхи, по яких можна перейти до нової енергетичної системи менш болісно.

РОЗВИТОК ЕНЕРГЕТИЧНИХ СИСТЕМ СВІТУ

Більш ніж 2600 років людство застосувало водяне та вітрове енергетичне устаткування. У 800 р. до народження Христа водяні млини в Римі мали колісну зубчату передачу, яка змінювала порівняно повільні повороти розташованого горизонтально колеса млина в швидке крутіння вертикально закріпленого жорна. Водяні колеса приводили в рух ковальські міхи, заточувальне каміння та пилки. Ковальський молот, який приводили в рух водяним двигуном, значно поліпшив обробку металів. Водяне колесо застосовували також при

видобутку руди, вугілля, для подачі свіжого повітря в шахту, відкачування ґрунтових вод. І тільки з 1800 року на зміну їм прийшло парове енергетичне устаткування. Воно проіснувало всього 150 років, у 17 разів менш довготривало, чим водяні енергетичні установки. Як слідує із аналізу даних, до 19 століття використовували механічне, а після – електричне енергетичне устаткування. За кожним видом енергетичного забезпечення визначено початок широкого промислового застосування, затухання та кінець застосування. Види енергетичного забезпечення з розвитком технічного прогресу змінюються. Довготривалість використання кожного наступного виду енергетичного забезпечення зменшується. Час затухання кожного виду енергетичного забезпечення визначався виходячи з того, що йому на зміну наступав інший, який вже був головним в якій-небудь країні або регіоні. Так період затухання теплових електростанцій визначено виходячи з того, що на їх зміну заступили атомні електростанції. Вони в деяких країнах стали домінуючими, наприклад у Франції, Японії, Україні. А гідроелектростанції в світі втратили своє домінуюче значення в енергетичному забезпеченні. Визначено час найбільш ефективного використання кожного виду енергетичного забезпечення, а також довготривалість його у табл. 1 наведено дані довготривалості ефективного застосування ТЕС, ГЕС, АЕС I і IV поколінь.

На підставі отриманих даних побудована діаграма довготривалості застосування енергетичних систем у часі (рис. 1). Оскільки довготривалість застосування кожної наступної енергетичної системи, наприклад, парової після водяної та вітрової суттєво зменшується, то застосування всіх наступних систем на діаграмі наведено в збільшеному масштабі. Роки найбільш ефективного застосування енергетичних систем з'єднані кривою 1, яка названа залежністю довготривалості ефективного використання видів енергетичного забезпечення в часі.

Вид енергії	Вид енергетичного забезпечення	Початок широкого промислового застосування, Тн, рік	Затухання або кінець широкого промислового застосування, Тк, рік	Найбільш ефективне застосування (розквіт), Тр, рік	Термін застосування, років		
					факт	відповідно кривій ефективного застосування	за прогнозом
Механічна	Водяне енергетичне устаткування, ВдЕУ	800 р. до Р.Х.	1850	500	2650	–	–
	Вітрове енергетичне устаткування, ВтЕУ	700	1950	1200	1250	–	–
	Парове енергетичне устаткування, ПЕУ	1800	1950	1900	150	150	204
Електрична	Теплові електростанції, ТЕС	1900	2010	1950	–	110	129
	Гідроелектростанції, ГЕС	1900	1985	1960	–	85	129
	Атомні електростанції I покоління, АЕС	1975	2045	2010	–	70	78
	Атомні електростанції IV покоління, АЕС	2020	2055	2050	–	35	48

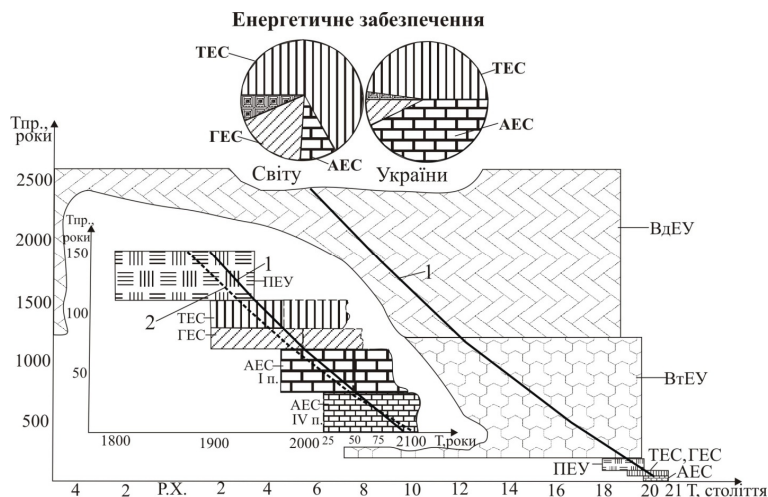


Рис. 1. Зміна в часі енергетичного забезпечення: 1 – крива його ефективного застосування; 2 – крива прогнозу його ефективного застосування

Прогноз довготривалості ефективного використання наступного визначеного виду енергетичного забезпечення Світу виконано таким чином. Довготривалість застосування наступного виду енергетичного

забезпечення T_{np} визначимо шляхом нормування довго тривалості застосування попередньої енергетичної системи $T_{np.c}$ відносно прогнозованого року її широкого промислового застосування

$$T_{np} = \frac{T_{np.c}(T_o - T_n)}{T_n K}, \text{ років}$$

де T_o – прогнозований кінцевий рік відрахунку; $T_o = 2100$ р.;

T_n – прогнозований рік широкого промислового застосування, рік;

K – коефіцієнт; $K = 1,02$.

Для побудови графіка прогнозу довготривалості застосування енергетичних систем приймаємо $T_n = T$, де T – поточний і прогнозовані роки.

Тоді

$$T_{np} = \frac{T_{np.c}(T_o - T)}{TK}, \text{ років.}$$

Як слідує з табл. 1 і графіка (див. рис. 1), крива ефективного застосування і крива прогнозу ефективного застосування енергетичних систем співпадають.

ПРОГНОЗ ПОТРЕБИ В ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ СВІТУ Й УКРАЇНИ, МОЖЛИВОСТІ ЇЇ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

На підставі прогнозу збільшення населення Світу і зменшення його в Україні, а також прогнозу росту споживання електроенергії на душу населення нами виконано прогноз потреби в електроенергії Світу й України (табл. 2).

ВИРОБНИЦТВО ЕЛЕКТРИЧНОЇ ЕНЕРГІЇ В СВІТІ Й УКРАЇНИ

Таблиця 2

№ з/п	Показник	Світ	Україна
1	Виробництво електроенергії (в 2013 р., наближено), кВт·год	$23,3 \cdot 10^{12}$	$210 \cdot 10^9$
2	Прогноз потреби в електроенергії в 2030 р., кВт·год	$55 \cdot 10^{12}$	$330 \cdot 10^9$
3	Потужність електростанцій з виробництва електроенергії, (факт, наближено), кВт	$7,5 \cdot 10^9$	$55 \cdot 10^6$
4	Необхідна потужність електростанцій в 2030 р., кВт	$13,7 \cdot 10^9$	$82,5 \cdot 10^6$

Як свідчать наведені розрахунки, існуюча потужність електростанцій Світу для забезпечення потреб в електроенергії повинна бути збільшена до 2030 року в 1,8 рази, а потужність станцій України – в 1,5 рази.

МОЖЛИВОСТІ ВИРОБНИЦТВА НЕОБХІДНОЇ КІЛЬКОСТІ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ ІСНУЮЧИМИ СИСТЕМАМИ ЕНЕРГЕТИЧНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Недоліки теплових електростанцій. Незважаючи на широке використання в світі теплових електростанцій (ТЕС), з 60-х років темпи їх застосування стали знижуватися. Це обумовлене тим, що традиційні теплові електростанції досягли межі своєї технічної досконалості, яка визначається законами термодинаміки і властивостями матеріалів, з яких виготовляють котли та турбіни. З початку 70-х років окрім цих

технічних факторів виникли інші: збільшення капітальних витрат і тривалості будівництва електростанцій, підвищення вимог до захисту навколишнього середовища від шкідливих викидів. У результаті вартість виробництва електроенергії з вугілля суттєво збільшилась. Тому з 2010 року починається поступове зниження застосування ТЕС. Що стосується теплових електростанцій України, то їх технічний рівень не відповідає світовому. Окрім того, видобуток вугілля (з малопотужних пластів) виконують на глибоких горизонтах шахт, що неминуче призводить до зниження якості, збільшення його собівартості, а відповідно і собівартості електроенергії. Відбуваються суттєві шкідливі викиди в атмосферу, водне середовище, накопичуються золошлакові відходи та відвали шахтних порід [2].

Недоліки гідроелектростанцій. Гідроелектростанції споруджують в основному в природно придатній місцевості. Їх використання в перспективі у Світі не дозволяє забезпечити необхідну потребу в електроенергії. В Україні частка електроенергії, яка виробляється гідроелектростанціями, постійно зменшується. Екологічна шкода, завдана навколишньому середовищу гідроелектростанціями України, непоправна.

Недоліки атомних електростанцій першого покоління. Створення потужних атомних електростанцій має недоліки: великі капітальні вкладення та великі терміни будівництва, що сягають 5 – 10 років. Це призводить до збільшення вартості електроенергії. Окрім того, аварія на великих атомних станціях охоплює і більший простір забрудненням. Таким чином, потреба до 2030 року в електроенергії Світу і України не може бути досягнута шляхом використання існуючих енергетичних систем.

Нові напрями в атомній енергетиці. Проведений аналіз атомних реакторів, їх параметрів створених в Росії, інших країн (США, Японія, Франція, Китай, Корея) свідчить про наступне: в атомній енергетиці набувають розвитку два головних напрями:

1. *Розробка та створення атомних реакторів на швидких нейтронах* (замість реакторів на теплових нейтронах, які використовуються в існуючих АЕС). На існуючих атомних станціях використовується високозбагачений уран і утворюються відходи. В ядерних реакторах на швидких нейтронах (БН) окрім виділення енергії за рахунок розподілу урану-235 відбувається ще внаслідок нейтронного випромінювання перетворення урану-238 в плутоній-239, який також є ядерним паливом. Це дозволяє досягти замкнутого ядерного циклу, при якому відходи відсутні. В цих ядерних реакторах може бути використаний збіднений уран, який залишається в результаті виробництва високозбагаченого урану для військових цілей або як ядерне паливо. Не використовуються уповільнювачі, які охолоджуються теплоносієм. Перспективними і достатньо апробованими є атомні реакто-

ри типу БН, які використовують довгий час у Росії на Білоярській АЕС.

2. *Створення і використання міні-атомних електростанцій* – малі модульні реактори (АЕС ММР) – другий напрям. Атомні електростанції потужністю 1000 МВт і менше називають «міні». Крупні атомні електростанції обладнані елементами активної безпеки, які вимагають для вірного функціонування взаємодії з людиною. Малі модульні ядерні атомні реактори обладнані елементами пасивної безпеки, яка основана на фізичних законах. Малі модульні ядерні реактори виробляють на заводах і транспортують їх до місця розташування. Це знижує вартість і час будівництва. Міні-атомні електростанції такого типу створюють на основі ядерних реакторів, які використовують на атомних підводних човнах, криголамах й ін. До таких відносяться ядерні реактори Росії: СВБР-100 (Свинцево-Вісмутовий Швидкий Реактор), ядерний реактор КЛТ-40. Ці реактори безпечні, тривалий час працюють при одному завантаженні ядерним паливом. Американський mPower (прототип ядерного реактора, які розташовують на військових кораблях) – це компактний легководний реактор потужністю 125 МВт, розмірами 24×6 м і масою 500 т, який розташовують під землею. Його завантажують паливом раз в п'ять років. Передбачають будівництво електростанції з 4 – 6 модулів mPower, яка замінить вугільну ТЕС в Носквіле штату Теннесі. Протягом десяти років США передбачають замінити 100 вугільних блоків на ТЕС атомними. В Японії розроблено проект ядерного реактора 4S – Super Safe, Small, Simple (зверхбезпечний, маленький, простий). Це заглиблений на 30 м у землю циліндр, в який завантажують ядерне паливо. Воно складається з металічного урану, плутону і циркону; функціонує 30 років. До цього напрямку відноситься також ядерний реактор NuRegion. Його потужність складає 70 МВт.

Малі модульні ядерні реактори можна використовувати в таких напрямках:

– використання малих модульних ядерних реакторів як автономне енергетичне забезпечення віддалених районів;

– використання малих модульних ядерних реакторів як автономне енергетичне забезпечення підприємств;

– заміна існуючих вугільних ТЕС міні-модульними атомними електростанціями, які складаються з декількох ядерних блоків.

Енергетичне забезпечення світу постійно вдосконалюється. І в майбутньому можна передбачити, що впливає з широких досліджень в різних областях з розробки, обґрунтування нових систем енергозабезпечення, можливий перехід до автономного енергетичного забезпечення не тільки підприємств, поселень, а й індивідуальних будівель. І це може наступити, як свідчать дані табл. 1, та рис. 1 з початку 50-х років нинішнього століття. Такий неминучий розвиток енергетичного забезпечення призведе до суттєвих змін у промисловості, економіці, екології, соціальному стані суспільства. Це виходить з наступного.

Основне енергетичне забезпечення в Світі здійснюють тепловими електростанціями (див. рис. 1), що потребує для виробництва електроенергії понад 6,5 млрд т вугілля. З них Китай видобуває 3 млрд т і 1 млрд т США. Для видобутку вугілля використовують величезну кількість металу, залізничних перевезень, електроенергії й ін. Для виконання цих робіт зайнята велика кількість робочої сили, населення. Країни з великою кількістю населення і малим енергетичним забезпеченням не планують будівництво крупних теплових електростанцій. В США передбачають заміну вугільних блоків на ТЕС «міні» атомними електростанціями. Китай є одним із лідерів зі створення міні атомних електростанцій на швидких нейтронах і планує їх створювати не тільки у себе, а і в Пакистані.

Звідси слідує, що видобуток вугілля в Світі в найближчі 15 – 20 років, як постає з прогнозу розвитку теплової енергетики (див. рис. 1), може суттєво зменшитись. А, отже, відповідно зменшиться потреба в металі, електроенергії, робочій силі як у вугі-

льній, металургійній, гірничорудній, так і в інших галузях промисловості. Це може призвести не тільки до зниження витрат на виробництво продукції, але й до крупних соціальних проблем.

Розвиток технічного прогресу в області атомної енергетики призведе до визначених економічних наслідків, які можна запрогнозувати виходячи з ринкової економіки Світу та відповідно вище названих напрямів розвитку енергетики.

Використання малих модульних ядерних реакторів як автономного енергетичного забезпечення віддалених районів може набути широкого розповсюдження як у Світі, так і в Україні. Можливо в Україні в гірській місцевості та в степовій зоні.

Використання малих модульних ядерних реакторів як автономне енергетичне забезпечення підприємств може знайти широке використання в гірничодобувній промисловості, електрометалургії, в галузях, де відбувається велике споживання електричної енергії. Використання «міні» атомних електростанцій як автономного забезпечення підприємств електроенергією призведе до зниження собівартості продукції та чергового невірноваженого стрибку конкуренції.

Найбільш перспективною, на наш погляд, може бути заміна на існуючих ТЕС вугільних блоків міні-атомними, або заміна ТЕС міні атомними електростанціями. Це може призвести до наступної ситуації. З метою незменшення обсягів видобутку вугілля країни, які видобувають його з низькою собівартістю, будуть експортувати вугілля в інші країни, де видобуток вугілля відсутній, або його видобувають з великою собівартістю. Так, наприклад, у США собівартість видобутку вугілля низька. При заміні 100 вугільних блоків атомними, як планується, частина вугілля, можливо, буде направлена на експорт і, напевне, і в Україну. Це призведе до нерентабельності вугільних шахт України і їх закриттю. І ніяка бюджетна дотація не допоможе. Це призведе до зниження потреби в металі, електроенергії, залізничних перевезеннях й ін.

Виникне суттєве безробіття. Його можливий спалах наведено на рис. 2. При цьому будуть охоплені безробіттям значні верстви населення в різних галузях, у тому числі і в наукових та проектних організаціях.

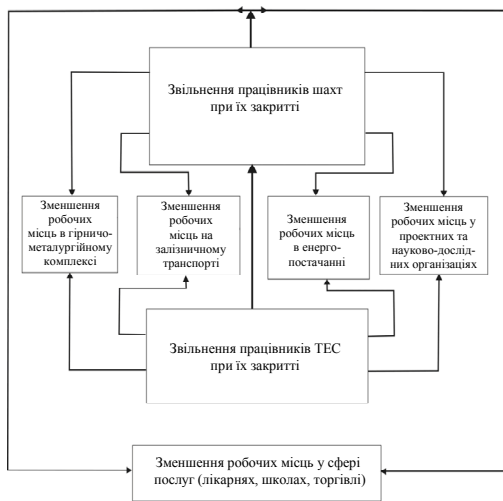


Рис. 2. Можливий спалах безробіття при закритті теплових електростанцій та вугільних шахт

Якщо в Україні також замінити вугільні енергоблоки ТЕС на міні-атомні, то це також призведе до закриття шахт з усіма вищевикладеними наслідками. Але в цьому випадку електростанції України будуть реконструйовані на принципово новій технічній базі. Така ж доля може спіткати й інші країни, що призведе до невірноваженої економічної системи.

Перехід України на застосування АЕС з малими модульними атомними реакторами і закриття ТЕС дозволить суттєво покращити екологічний стан природного середовища: атмосфери, землі, води. Будуть виключені (як цього вимагає Євросоюз) викиди в атмосферу забруднюючих речовин: сірчаних, азотистих сполук, пилу й ін.

Можна буде рекультивувати відвали гірських порід на великій площі за розробленою технологією з відновленням водообмінних процесів у техногенному геологічному середовищі [5]. Зменшиться забруднення водного середовища – буде відсутнім скид до водоймищ шкідливих речовин та теплове нагрівання води.

ВИСНОВКИ І НАПРЯМИ ПОДАЛЬШИХ ДОСЛІДЖЕНЬ

1. Розглянуто види енергетичного забезпечення світової спільноти від давніх часів до сучасності. Наведена теорія зміни в часі енергетичних систем світу, яка на підставі встановленої закономірності зменшення терміну їх ефективного застосування дозволяє визначити час переходу до наступної.

2. Менша собівартість електроенергії, яка виробляється атомними електростанціями, можливий перехід у майбутньому до широкого застосування АЕС з малими модульними реакторами на ТЕС у низці країн призведе до імпорту в Україну більш дешевого енергетичного вугілля, чим вартість вугілля власного видобутку. Такий стан може призвести до закриття шахт, які видобувають енергетичне вугілля. В перспективі можливе переобладнання українських ТЕС теж на АЕС з малими модульними реакторами, що також призведе до закриття шахт. Це може призвести до спалаху безробіття і до крупних соціальних проблем.

3. Перехід Світу до наступної енергетичної системи, наприклад, атомної з електростанціями IV покоління, квантової енергетики, є неминучим. Тому необхідні подальші дослідження з впливу зміни енергетичних систем на стабільний стан економіки та суспільства.



СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Маркс К. Сочинения / Карл Маркс, Фридрих Энгельс. – М., 1974. – Т. 23. – 654 с.

2. Булат А.Ф. Проблемы горного дела, энергетики и экологии / А.Ф. Булат, М.С. Четверик // Геотехнічна механіка: міжвід. зб. наук. праць НАН України. – Д.: ІГТМ ім. М.С. Полякова, 2013. – Вип. 110. – С. 3 – 13.

3. Соломин Е.В. Возобновляемые источники энергии. Новые возможности человечества / Е.В. Соломин // Альтернативная энергетика и экология. – 2013. – № 10. – С. 38 – 40.

4. Гринько Н.К. Охрана окружающей среды на примере угольной промышленности / Н.К. Гринько // Уголь. – 2013. – № 11. – С. 30 – 33.

5. Четверик М.С. Перспективы использования земельных ресурсов горнорудных предприятий Кривбасса для производства биотоплива / М.С. Четверик, Е.А. Ворон // Металлургическая и горнорудная промышленность. – 2012. – № 3. – С. 71 – 75.

ПРО АВТОРІВ

Четверик Михайло Сергійович – д.т.н., професор, завідувач відділу геомеханічних основ технологій розробки родовищ Інституту геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України.

Мішіна Ольга Володимирівна – інженер-економіст ПП «Економіка».