

А. Халатов, академік НАН України, завідувач відділу високотемпературної термогазодинаміки Інституту технічної теплофізики НАН України

Енергетика України: сучасний стан і найближчі перспективи // Вісник НАН України. – 2016. – № 6. – С. 53–54, 56–59.

Вступ

Енергетика відіграє провідну роль в економічному розвитку країни та її економіки. У 2014–2015 рр. Україна опинилася в стані глибокої економічної кризи. Внаслідок воєнних дій на Південному Сході України значно постраждала її економіка і, зокрема, енергетичний сектор. У 2014 р. вперше у своїй історії країна виявилася залежною від імпорту *всіх видів енергоресурсів*, оскільки до імпорту природного газу і нафтопродуктів додався імпорт вугілля і періодичний імпорт електричної енергії. Енергоблоки пиловугільних ТЕС, що залишилися без донбаського антрациту, знизили навантаження, а в ряді випадків навіть були зупинені, тому країна була змушена закуповувати вугілля в ПАР, Австралії та Росії. Відомо, що для теплових станцій транспортувати вугілля на відстань, що перевищує 400 км, *економічно не вигідно*, тому закупівля вугілля в інших країнах пов'язана з великими додатковими витратами.

Основне навантаження в 2014–2015 рр. припало на атомні електростанції, через що було відкладено всі профілактичні і ремонтні заходи. У зв'язку з тимчасовою окупацією Криму перспективи подальшого зростання власного видобутку природного газу зійшли нанівець, а через бойові дії відбувся вплив фінансових коштів західних інвесторів з енергетичного ринку України. У 2014 р. Україна використала близько 43 млрд м³ природного газу, що на 14 % менше, ніж у 2013 р., але це, скоріше, пов'язано зі скороченням виробництва у багатьох промислових секторах економіки.

Першу Енергетичну стратегію України на період до 2030 р. було схвалено в 2006 р., проте зміни в економіці країни зумовили необхідність її доопрацювання вже в 2012 р. Однак запропонований тоді варіант Енергетичної стратегії знову не врахував реального енергобалансу та інвестиційного клімату в країні, а також того факту, що в 2005–2012 рр. зростання ВВП в Україні супроводжувалося високою енергомісткістю валового продукту.

Крім того, в Енергостратегії зразка 2012 р. було допущено кілька серйозних помилок. Зокрема, у документі було закладено, що до 2030 р. споживання нафти зросте вдвічі, але збільшення її видобутку не було

заплановано, оскільки левову частку потреби країни у нафті передбачалося задовольнити за рахунок імпорту. Забезпечити зростання атомної генерації планувалося завдяки створенню власного циклу виробництва ядерного палива, чого так і не сталося, а згодом бойові дії на Південному Сході України внесли свої додаткові корективи у виконання цього завдання. Розвивати вугільну генерацію передбачалося за рахунок зростання власного видобутку вугілля, але вже в 2014 р. він зменшився на 20 % і надалі продовжує знижуватися. Зростання газовидобутку на 7–9 млрд м³ газу до 2030 р. мало б забезпечити освоєння шельфу Чорного моря, але тепер це неможливо.

У нинішніх умовах вкрай необхідним є не коригування Енергостратегії 2012 р., а *створення принципово нової Енергетичної стратегії України*, яка враховувала б зміни в політичному житті країни, в її інфраструктурі, а також особливості функціонування енергосистеми країни в умовах нестачі власних енергоносіїв. Головною особливістю нової Стратегії поряд з розвитком теплової, атомної та гідроенергетики має стати широке використання *інноваційних енергетичних технологій*, а також вирішення проблеми *енергоощадності*. З огляду на попередній досвід, таку Стратегію доцільно розробляти на порівняно короткий період – не більш як 10 років.

<...> **Перспективи розвитку енергетики України після 2015 р.**

Останні 10 років характеризуються швидким зростанням у світі попиту на електричну енергію. У період з 2008 по 2035 р. зростання попиту на електроенергію в середньому оцінюють у 2,2 % щороку.

Починаючи з 2005 р. в Україні спостерігалось значне зростання споживання електроенергії населенням України, яке в 2013 р. становило 28,1 % від загального обсягу виробленої в країні електричної енергії. Витрати промисловості становили 45 %, комунально-побутового господарства – 12,6 %, решта припадала на сільське господарство (2,7 %), транспорт (5,9 %), будівельну індустрію (0,7 %) та інші галузі (5 %). У 2014–2015 рр. відносно споживання електрики населенням продовжувало зростати, незважаючи на загальне зменшення виробництва електроенергії в країні...

У 2013 р. було відзначено зниження споживання електрики промисловістю і сільським господарством, але збільшення – комунально-побутовими споживачами. З 2011 р. *споживання електроенергії населенням стало більшим, ніж у будь-якій іншій галузі промисловості України*, навіть більшим, ніж у металургії. Зростання витрат населенням зумовлене оснащенням квартир сучасними побутовими приладами, використанням локального опалення, а також широким застосуванням вуличних світильників у зимовий період.

Відповідно до Енергостратегії 2012 р., виробництво електроенергії в країні планувалося збільшити з 193 млрд кВт-год в 2011 р. до 282 млрд кВт-год у 2030 р. (щорічне зростання – 0,08 %). При цьому споживання енергоресурсів мало б зрости з 231 млн т умовного палива в 2011 р. до 290 млн т у 2030 р., що в нинішніх умовах досить складно реалізувати. При запланованому в Енергостратегії-2012 коефіцієнті використання потужності 0,53 сумарна встановлена потужність до 2030 р. повинна збільшитися до 60–65 ГВт. Цього можна досягти лише за рахунок істотного зростання потужностей атомної та гідроенергетики.

Вугільна енергетика залишається важливою складовою енергетики України, принаймні в найближчі 20 років. У зв'язку з відсутністю серйозних інвестицій в енергетику Україна до 2020 р. підтримуватиме роботоздатність вугільних станцій відносно недорогими заходами з мало- і середньовитратної модернізації та реконструкції енергоблоків, вартість яких становить 400–600 дол. США на 1 кВт встановленої потужності. Після 2020 р. з експлуатації буде виведено 4 ГВт «старих» енергоблоків і планується побудувати 5 ГВт «нових» (у нинішніх умовах бажано на газовому вугіллі, запаси якого є в Центральній і Західній Україні). Реконструкція та модернізація енергоблоків має супроводжуватися зниженням до європейських норм рівня викидів шкідливих продуктів в атмосферу. Згідно з Енергостратегією–2012, до 2020 р. встановлена потужність модернізованих вугільних ТЕС знизиться до 20 ГВт. Збільшення потужності ТЕЦ і блок-станцій, що працюють на природному газі, не планується.

Що стосується атомної генерації, то важливим є подовження термінів експлуатації атомних блоків, добудова 3-го і 4-го блоків Хмельницької АЕС і заплановане будівництво АЕС потужністю 5 ГВт. Будівництво нових АЕС має супроводжуватися використанням ядерних реакторів нового покоління з високим ступенем безпеки. Після завершення будівництва Дністровської, Ташлицької та Канівської ГАЕС сумарна потужність ГЕС і ГАЕС може бути збільшена до 10,5 ГВт до 2030 р.

Технологічною основою сталого розвитку енергетики України у XXI ст. залишаються *паротурбінні і газотурбінні технології*. Саме вони визначатимуть можливості вдосконалення теплової і атомної енергетики, підвищення її енергетичної ефективності та екологічної безпеки. У зв'язку з цим у найближчі роки необхідна державна підтримка дослідницьких і проектно-конструкторських розробок у галузі паротурбінних і газотурбінних енергетичних установок.

Інноваційні технології

Вирішення майбутніх завдань в енергетиці неможливе без широкого використання інноваційних розробок та їх наукового супроводу. У світі загалом і в Україні зокрема виконано великий обсяг науково-технічних робіт, результати яких можуть бути використані при модернізації української енергетики. До них належать такі основні напрями.

Котли з циркулюючим киплячим шаром і факельні технології. Технологія спалювання в циркулюючому киплячому шарі відповідає європейським вимогам до екологічних характеристик, ККД енергоблоків (37–39 %), маневреності та використання різних видів палива. На сьогодні у світі в експлуатації перебуває понад 600 енергоблоків з котлами циркулюючого киплячого шару. Кілька років тому в Україні на Старобешівській ТЕС було введено в експлуатацію блок № 4 електричною потужністю 210 МВт. Досвід показав, що в технології циркулюючого киплячого шару можна успішно використовувати не лише високо зольне вугілля, а й низькосортне паливо – шлами і відходи вуглезбагачення із зольністю до 60 %, яких багато в Україні. Вартість створення таких електростанцій становить 1500–1800 дол. США за 1 кВт встановленої потужності.

Що стосується використання передових факельних технологій, то перехід на ультранадкритичні параметри пари з глибоким очищенням димових газів і утилізацією CO₂, хоча і дає змогу досягти ККД на рівні 44–46 %, але для України особливого інтересу не становить, оскільки оптимальна потужність таких станцій досить велика, порядку 1100 МВт. Вартість 1 кВт встановленої потужності цих станцій становить 2500 дол. США для станцій з глибоким очищенням димових газів і утилізацією CO₂ і 1400–1500 дол. США – без утилізації вуглекислого газу. При цьому утилізація CO₂ призводить до зниження ККД станції до 33–39 %. Середня собівартість виробництва 1 кВт·год електроенергії на ТЕС з ультра надкритичними параметрами пари становить 0,061 дол. США.

Геотермальна енергетика. Досить перспективною у найближчі роки видається геотермальна енергетика як відновлюване джерело теплової енергії. Середня швидкість зростання температури земних надр з глибиною становить 2,5 °C на кожні 100 м, що зумовлено розпадом радіоактивних елементів – торію, урану і калію в центрі Землі. На глибині 10 км температура Землі становить вже 200–250 °C, що є прийнятним для вироблення електроенергії.

Використання тепла Землі на термоаномальних глибинах, де градієнт температури вищий за середній, відоме давно. У Західній Україні, Дагестані,

Вірменії, Росії, Ісландії та інших країнах уже на глибині 2–3 км температура становить 80–100 °С, що використовували для локального теплопостачання. У разі відносно неглибоких свердловин з температурою води 40–50 °С істотну роль у підвищенні ефективності теплопостачання можуть відіграти *теплові насоси нового покоління* з температурою підігріву свердловинної води до 80 °С.

Сьогодні сумарну потужність ГеоЕС у світі оцінюють на рівні 12 ГВт, до 2018 р. вона зросте до 21 ГВт. Річне виробництво електроенергії на геотермальних станціях у 2014 р. становило 73,6 ГВт год, що еквівалентно 8 млрд м³ природного газу. Створення потужних станцій з виробництва електричної енергії можливе лише за температури теплоносія 150–250 °С, що відповідає глибині 7–9 км. Це потребує створення нових, економічно ефективних технологій глибокого буріння. В останні роки з'явилися можливості прискореного розвитку геотермальної енергетики у зв'язку з розробленням нових технологій глибокого буріння. Перші кроки було зроблено в США, Німеччині, Франції, Австралії, зараз цю тему активно розробляють російські вчені. *Освоєння великих глибин Землі дозволить створювати екологічно чисті геотермальні станції практично в будь-якій точці земної кулі.*

Геотермальні ресурси України представлені передусім термальними водами і теплою сухих гірських порід. До перспективних для використання в промислових масштабах належать ресурси нагрітих підземних вод, що виходять з нафтою і газом діючих свердловин нафтогазових родовищ. Що стосується потенціалу геотермальної енергії України, то, згідно з прогнозними оцінками, технічно доступний потенціал енергії геотермальних вод у 8 найперспективніших областях України дає змогу виробляти щороку 13,5 млрд кВт·год теплової енергії і 2,3 млрд кВт·год електричної, що еквівалентно економії близько 2,0 млрд м³ природного газу на рік.

За оцінками російських учених, питома вартість «глибокої» геотермальної станції становить 1600–4000 дол. США за 1 кВт встановленої потужності. Блокові ГеоТЕС можуть бути будь-якої потужності – аж до 1000 МВт (за електрикою), геотермальні парові турбіни сьогодні серійно випускаються потужністю до 100 МВт. Термін окупності геотермальних теплових та електричних станцій становить 3–5 років.

Газотурбінні технології. Як уже зазначалося, добудова гідроакумуляуючих станцій до рівня 10,5 ГВт до 2030 р. не вирішить проблему дефіциту пікової і напівпікової потужності в Україні. У розвинених європейських країнах для покриття пікових і напівпікових навантажень широко використовують газові турбіни, питома частка яких становить 30 %

наявних потужностей. До 20 % базових електрогенеруючих потужностей у світі припадає на газові турбіни простого циклу і парогазові установки. Газотурбінні установки сьогодні є найбільш досконалим типом теплових машин, вони характеризуються високим ККД, низькими викидами шкідливих продуктів, що відповідає європейським стандартам. Важливою властивістю газотурбінних установок простого циклу є висока маневреність – швидкий старт і набір 100 % потужності протягом 20–30 хвилин, можливість роботи при покритті пікових і напівпікових навантажень з мінімальними втратами в ККД. Питома вартість газотурбінних електростанцій становить 2000–2500 дол. США на 1 кВт встановленої потужності, окупність вкладених інвестицій – 2–3 роки, а собівартість електроенергії порівнянна із собівартістю на пиловугільних станціях (0,066 дол. США за 1 кВт·год). Парогазові установки характеризуються високим коефіцієнтом використання палива (до 90 %). У сучасних парогазових установках при спалюванні 1 м³ природного газу можна отримати 4–5 кВт·год електрики і 3–4 кВт·год теплової енергії (в еквіваленті). Незважаючи на використання як палива природного газу, парогазові установки вигідні для використання в базовій енергетиці завдяки малому терміну введення в експлуатацію (2–3 роки) і високому ККД (55–60 %).

Швидке зниження вартості природного газу в останні роки відкриває широкі можливості для використання газотурбінних технологій в енергетиці. Україна має добре розвинену інфраструктуру промислового газотурбобудування для енергетики і може виробляти до 80 % елементів газових і парогазових установок. Зокрема, близька до виходу на енергетичний ринок ГТУ-45/60 потужністю 45 і 60 МВт (ДП НВКГ «Зоря» – «Машпроект», ККД = 37 %), а також ПГУ-85 МВт і ПГУ-170 МВт (ККД = 52 %) на її основі *(Закінчення в наступному номері)*.