



#### **ГЕЄЦЬ**

**Валерій Михайлович** — академік НАН України, директор Державної установи «Інститут економіки та прогнозування НАН України»

## **ПРО ВИКОНАННЯ ЦІЛЬОВОГО НАУКОВОГО ПРОЕКТУ «ЕКОНОМІЧНІ, ТЕХНІКО-ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ЕКОЛОГІЧНІ ІМПЕРАТИВИ ЦІЛЬОВОГО РОЗВИТКУ ЕНЕРГЕТИКИ УКРАЇНИ»**

**Стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 13 березня 2019 року**

*У доповіді наведено результати досліджень, проведених у рамках виконання цільового міждисциплінарного наукового проекту НАН України «Економічні, техніко-технологічні та екологічні імперативи цільового розвитку енергетики України», розглянуто перелік заходів з реалізації нової енергетичної політики, розроблених на основі довгострокових сценаріїв взаємоузгодженого розвитку економіки і енергетики України та оцінювання обсягів споживання основних видів енергоресурсів.*

Шановний Борисе Євгеновичу! Шановні колеги! Вітчизняна енергетична політика є ключовим фактором розвитку економіки, зосереджуючи в собі ресурсний потенціал поліпшення ситуації і водночас створюючи значні потенційні загрози. При цьому особливість енергетичного сектору полягає в комплексності його впливу на всі основні групи суб'єктів економічної діяльності, який проявляється у соціальному, економічному, екологічному і технологічному аспектах. Наукові установи НАН України, залучені до розроблення програмних державних документів, постійно стикаються з міжгалузевим характером таких проблемних питань, як програми розвитку галузей енергетики чи енергокомпаній, ціноутворення, посилення екологічного контролю тощо. Ці питання, хоч і традиційно пов'язані з енергетикою, але їх контекст зовсім не обмежується виключно ринками енергетичних ресурсів чи сферою відповідальності профільного міністерства або відомства.

Для адекватного реагування на виклики, що постають перед енергетикою, необхідна максимальна концентрація адміністративних та фінансових ресурсів на національному рівні з ура-

хуванням особливостей реалізації і джерел фінансування відповідних заходів за окремими секторами економіки. Багатогранність і мультиагентний характер наслідків розвитку енергетики актуалізує необхідність розроблення механізмів узгодження суміжних напрямів політики (інвестиційної, цінової, соціальної та ін.) та визначення безумовних імперативів, які могли б забезпечити цільовий розвиток енергетики на засадах субстантивної (узгодженої) державної політики.

Необхідність вирішення питань ефективної гармонізації пріоритетів розвитку економіки та енергетики і доступних механізмів їх реалізації із взаємопов'язаними напрямками державної політики у суміжних сферах, а також відповідні доручення Кабінету Міністрів України від 07.04.2016 № 9104/1/1-16, від 21.03.2016 № 9251/1/1-16 та ін. зумовили формування цільового міждисциплінарного наукового проекту «Економічні, техніко-технологічні та екологічні імперативи цільового розвитку енергетики України». У цьому проекті межі аналізу було розширено практично на всю державну економічну політику і поряд з дослідженням внутрішніх економічних проблем та пріоритетних напрямів галузевих трансформацій розглянуто питання, як інші галузі мали б допомогати реалізації цільового розвитку енергетики, яким мав би бути математично оптимальний взаємовплив, наскільки це суперечить чи, навпаки, сприяє процесу досягнення цільових показників в інших галузях.

За всіма альтеративними сценаріями сукупний обсяг інвестицій в електрогенерацію за період до 2050 р. може становити близько 60–80 млрд євро за базовим сценарієм і на 30–55 млрд євро більше – за сценарієм низьковуглецевого розвитку енергетики. Однак найбільших інвестицій потребуватимуть технології кінцевого споживання енергоресурсів – сукупні потреби в них за прогнозний період можуть становити близько 850 млрд євро за базовим сценарієм і на 255 млрд євро більше за сценаріями, що передбачають значне підвищення енергоефективності та використання відновлюваних дже-

рел енергії (ВДЕ). Потреба у нових енергетичних технологіях формуватиме відповідний запит на продукцію галузей реального сектору, а отже, потенційно впливатиме на економічні показники і зайнятість у промисловому виробництві, сфері послуг, будівництві, транспорті та сільському господарстві.

Аналіз прогнозних сценаріїв дав змогу визначити такі пріоритетні напрями державної політики в енергетичній галузі:

- 1) відкритість і прозорість внутрішнього енергетичного ринку;
- 2) реалізація потенціалу енергоефективності та енергозаощадження, зокрема завдяки структурному фактору;
- 3) розвиток ВДЕ;
- 4) надійність енергопостачання з урахуванням завдань кліматичної політики;
- 5) підтримка зростаючої ролі електроенергії та розподіленої генерації;
- 6) збереження домінуючої ролі атомної енергетики;
- 7) компенсаційні заходи соціальної політики у відповідь на невідворотне подорожчання енергоресурсів та збільшення частки енергії у структурі витрат споживачів внаслідок зростання інвестиційної складової та нормалізації тарифної політики;
- 8) інноваційність і синергетичність розвитку енергетики та економіки.

Водночас відсутність комплексного підходу до реалізації галузевих заходів та їх узгодженості з суміжними напрямками державної політики може призвести до негативних економічних наслідків. Наприклад, у разі розвитку ВДЕ без узгодженості з політикою енергоефективності постає ризик помітного зниження реальних доходів домогосподарств, що може супроводжуватися негативними макроекономічними наслідками. Ще один приклад: необхідність активізації інвестиційної діяльності одночасно як промислових виробників, так і побутових споживачів, оскільки, якщо інвестиції здійснюватимуть лише підприємства, зростання собівартості продукції призведе до зниження конкурентоспроможності, а отрима-

на в результаті впровадження заходів з енергоефективності економія ресурсів не компенсує повністю витрати на них. Наслідком такого сценарію буде помірне зниження рівня ВВП, обсягів проміжного споживання та випуску продукції. Ці приклади ілюструють надзвичайно важливу роль системності в реалізації заходів енергетичної політики.

Втім, ключовим чинником успішної реалізації заходів енергетичної політики є мотиваційна складова. Основні витрати здебільшого лягають на плечі побутових споживачів. При цьому за наявного рівня інформаційного забезпечення та доступності енергоефективного обладнання і технологій населення не має достатніх ані економічних, ані соціально-побутових стимулів для масового вжиття енергоощадних заходів. Отже, розроблення дієвих стимулювальних соціально-економічних механізмів активізації діяльності домогосподарств є актуальними напрямом досліджень, який виходить далеко за межі енергетичного сектору. З огляду на це ми зосередили свої зусилля на таких напрямках.

**1. Макроекономічна політика.** Визначення ефективних напрямів реалізації монетарної і фіскальної політики в умовах зростаючого інфляційного тиску: тарифні заходи, стимулювання попиту побутових споживачів, який знижується внаслідок приведення цін на енергетичні ресурси до економічно обґрунтованого рівня та нееластичності енергетичних товарів і послуг; розроблення ефективних заходів із залучення іноземного капіталу (прямих та портфельних інвестицій) в енергетичний сектор; середньо- і довгострокове макроекономічне прогнозування з урахуванням структурних економічних зрушень з метою коригування цільових енергетичних попитів та структури генерації.

**2. Екологічна та кліматична політика.** Дослідження та розроблення заходів для досягнення сталого розвитку в контексті запобігання змінам клімату, забезпечення поступового переходу до низьковуглецевого розвитку за умови економічної, енергетичної та екологіч-

ної безпеки і підвищення добробуту громадян, зокрема заходів та ринкових механізмів зі скорочення викидів парникових газів та шкідливих речовин, зниження вуглецемісткості ВВП, зменшення негативного впливу енергетики на навколишнє середовище. Розроблення дієвих механізмів для впровадження системи торгівлі дозволами на викиди парникових газів, виважених методичних підходів до раціонального екологічного оподаткування таких викидів. Створення нових та удосконалення наявних моделей аналізу, прогнозування й оцінки наслідків скорочення викидів парникових газів та шкідливих речовин за різних сценаріїв розвитку економіки.

**3. Промислова та інфраструктурна політика.** Визначення ключових напрямів стимулювання економічної діяльності в контексті створення вітчизняного технологічного забезпечення для розвитку енергетичного сектору. Розроблення механізмів податкового стимулювання, залучення інвестиційних коштів з метою стимулювання НДДКР. Дослідження напрямів створення сприятливих умов для прискорення технологічного прогресу у визначених напрямках, зокрема підготовка наукових і технічних кадрів. Визначення напрямів політики імпортозаміщення та спеціалізації з урахуванням тенденцій зміни структури енергогенерації та необхідності впровадження нових енергетичних технологій. Детальне дослідження міжгалузевих ланцюгів процесів виробництва для визначення, з одного боку, недоліків і способів їх усунення, переваг і можливостей їх реалізації в рамках національної економіки, а з іншого — енергетичних потреб їх впровадження.

**4. Технологічна політика.** У дослідженні технологічну політику розвитку енергетики розглянуто у двох вимірах: науково-технологічному і промислово-технологічному. Науково-технологічний вимір передбачає забезпечення умов для створення, накопичення і захисту науково-технологічних знань у мережі освітніх, наукових установ та на підприємствах, передусім у секторах енергетичного

машинобудування й енергетики; промислово-технологічний — створення умов для подальшої реалізації науково-технологічних знань у формі технологічних інновацій в енергетиці.

**5. Інноваційна політика.** Дослідження комплексу державних політик, спрямованих на стимулювання розвитку інновацій: поєднання адміністративних стимулювальних заходів із заохоченням інвестицій за певними напрямками, з державними гарантіями та прямим державним інвестуванням у галузі з високим рівнем ризику для приватного капіталу. Створення прозорих механізмів контролю ефективності використання цільових державних коштів. Визначення інноваційних напрямів, потрібних для цільового енергетичного розвитку України, та форм державно-приватного партнерства з акцентом на вітчизняну природу інновацій та забезпечення попиту з боку енергетичного сектору на відповідну продукцію.

**6. Політика зайнятості і стан ринку праці.** Розроблення механізмів соціальної підтримки побутових споживачів для забезпечення економічної доступності енергетичних ресурсів, напрямів реалізації політики зайнятості в контексті трансформації структури енергетичної та економічної системи, визначення ризиків виникнення структурного безробіття та розроблення заходів щодо запобігання йому. Реалізація заходів з підвищення економічної доступності енергоефективного обладнання і технологій, з інформаційного забезпечення процесів енергозбереження та енергоощадності.

Протягом 2016–2018 рр. до реалізації проекту було залучено 6 установ Відділення економіки НАН України та Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України: Інститут економіки природокористування та сталого розвитку; Інститут економіки та прогнозування; Інститут електродинаміки; Інститут загальної енергетики; Інститут технічної теплофізики; Науково-дослідний центр індустріальних проблем розвитку.

Результати досліджень за цим проектом були використані органами державної влади,

зокрема для підготовки низки важливих документів, таких як Стратегія низьковуглецевого розвитку України до 2050 року; План заходів з реалізації першого етапу «Реформування енергетичного сектору» (до 2020 року) Енергетичної стратегії України на період до 2035 року «Безпека, енергоефективність, конкурентоспроможність»; законопроект «Про внесення змін до розпорядження Кабінету Міністрів України від 25 листопада 2015 р. № 1228-р (щодо перегляду національної мети з енергоефективності на 2020 та 2030 роки на виконання зобов'язань України з імплементації Директиви 2012/27/ЄС)» та ін.

При підготовці зазначених документів вчені НАН України визначили базові функціонально-секторальні напрями політик і заходів низьковуглецевого розвитку України і з використанням створеного у рамках проекту модельного інструментарію здійснили оцінку потенціалу скорочення викидів парникових газів, а також соціально-економічних наслідків реалізації заходів низьковуглецевого розвитку економіки України. Проведено економічну оцінку альтернативних варіантів формування нових цільових показників з енергоефективності до 2030 року відповідно до вимог Директиви 2012/27/ЄС та з урахуванням положень нової редакції Енергетичної стратегії України до 2035 року. Визначені цільові показники взято за основу в новому Національному плані дій з енергоефективності, розроблення якого наразі триває за координації Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України та Секретаріату Енергетичного співтовариства із залученням фахівців наукових установ НАН України.

Під час виконання проекту було налагоджено тісну співпрацю з провідними міжнародними організаціями, що опікуються питаннями субстантивної політики розвитку енергетики як окремих країн, так і світу загалом. Це дало змогу узагальнити світовий досвід урахування вертикальних (інституційно формалізована ієрархія цілей та заходів) і горизонтальних (гармонізована система галузевих цілей та за-

ходів) зв'язків енергетичної політики при визначенні узгоджених пріоритетів суміжних напрямів державної політики та запропонувати шляхи трансформації поширеної в Україні практики стратегічного планування і управління від галузевого адміністративного управління на користь субстантивного.

Для аналізу, прогнозування та оцінки економічних ефектів і узгодженості галузевих заходів та політик учені НАН України за підтримки профільних міністерств і відомств, а також вітчизняних та іноземних дослідницьких організацій істотно розширили комплекс використовуваних економіко-математичних моделей, методологія яких є загальною в світі.

**Комплексний метод прогнозування попиту на паливно-енергетичні ресурси.** Проблема визначення напрямів, структури та обсягів споживання енергоресурсів є ключовою як з точки зору розвитку окремої країни, так і з огляду на майбутнє планети і людства в цілому. Попит на енергоносії є основою формування не лише енергетичної, а й зовнішньої політики будь-якої країни. Коректно визначений попит на енергоресурси є фундаментом для розроблення раціональної структури енергокомплексу, галузевих систем енергетики та енергетичної дипломатії країни. У країнах зі стабільними економіками (Китай, Японія, США, ЄС та ін.) використовують переважно методи прогнозування з виявленням залежностей. При цьому математичні залежності вибраного ретроспективного періоду переносять на майбутній. У країнах, що розвиваються, та країнах з перехідною економікою (Росія, Білорусь, Україна та ін.) методи виявлення залежностей не дають прийнятних результатів, оскільки стохастична складова в ретроспективних трендах має значну вагу. Тому прогнозування попиту здійснюють з використанням простіших, але більш трудомістких методів (нормативних, прямого рахунку, споживчого кошика), які мають суттєвий недолік — показник, визначений для системи в цілому, дуже часто не збігається з сумою

показників її секторів, причому розбіжність може бути значною.

Тому першим нашим завданням було створення адекватного методу прогнозування попиту на енергетичні ресурси в умовах нестабільного розвитку економіки та відсутності стратегії економічного розвитку на національному рівні. У цьому дослідженні автори використали розроблений ними комплексний (двоетапний) інтегральний метод прогнозування, позбавлений зазначеного вище недоліку. Запропоновані алгоритми дали змогу врахувати науково-технічний прогрес як в енергетичних, так і в неенергетичних секторах економіки, у тому числі у сфері послуг, а отже, і вплив фактора енергоефективності. З використанням розроблених методів було виявлено вплив структурних зрушень в економіці на прогнозний попит на енергоресурси та енергоефективність. У межах цієї роботи при визначенні прогнозних показників попиту на основні енергетичні ресурси в Україні на період до 2040 р. було враховано також наслідки «гібридної» війни на сході України, анексії Криму та окупації частини Донецького вугільного басейну.

На основі створених методів і моделей, відповідно до сформованого сценарію зростання національної економіки та зміни її структури, а також темпів її технологічного оновлення і підвищення енергоощадності, було розроблено прогнози споживання основних видів енергоресурсів до 2040 р. Аналіз отриманих результатів показав, що критичним імперативом, який визначає можливість забезпечення сталого розвитку національної енергетики та загалом соціально-економічної сфери, є задоволення потреб споживачів у вугіллі. На рівні 2040 р. видобуток енергетичного вугілля на контрольованій Україною території може становити лише 43,2 млн т, тоді як потреби тільки підприємств енергетичних секцій (електростанцій загального користування, промислових та комунальних котелень тощо) та населення оцінено в 53,7 млн т. Отже, в разі неможливості забезпечити доступ України до родовищ на

тимчасово окупованих територіях Донецької та Луганської областей визначальним чинником енергетичної безпеки держави стає розвиток національної інфраструктури імпорту і транспортування вугілля, насамперед портів.

**Перспективна структура генеруючих потужностей ОЕС України.** Другим завданням було визначення напрямів, структури і темпів розвитку секторів паливно-енергетичного комплексу України в період до 2040 р. з урахуванням узгодженості з економічними, екологічними та технологічними імперативами розвитку національної енергетики: розроблення перспектив узгодженого розвитку окремих секторів національної економіки та соціальної сфери, які безпосередньо впливають на структуру попиту на паливно-енергетичні ресурси; врахування невизначеності стану та напрямів розвитку глобальних і регіональних ринків паливно-енергетичних ресурсів та енергетичного обладнання домогосподарств; врахування вимог уже взятих та очікуваних міжнародних зобов'язань, зокрема щодо підвищення екологічності національної енергетики та ефективності кінцевого споживання енергії; врахування стану та перспектив розвитку національних паливних баз та потужностей з видобування первинних паливно-енергетичних ресурсів.

З використанням оптимізаційних, імітаційних та розрахункових моделей було вдосконалено наявні та розроблено нові теоретичні і методологічні основи довгострокового прогнозування структури і темпів розвитку паливно-енергетичного комплексу країни.

Розвинуто математичні та програмно-інформаційні засоби прогнозування розвитку ОЕС України, в яких, на відміну від моделей оптимального розвитку структури генеруючих потужностей, враховано як загальносистемні екологічні обмеження на функціонування енергосистеми, так і нормативні технологічні вимоги до викидів забруднюючих речовин, що дає змогу сформувати перспективну структуру генеруючих потужностей ОЕС України за критерієм мінімізації загальносистемної вартості виробництва електроенергії.

Сформовано оптимальну структуру генеруючих потужностей, яка завдяки оснащенню 15,5 ГВт потужностей вугільних електростанцій високоефективним очисним обладнанням забезпечує виконання екологічних зобов'язань і передбачає подовження терміну експлуатації наявних енергоблоків на 30 років, а також добудову двох енергоблоків Хмельницької АЕС, виведення з експлуатації двох блоків ВВЕР-440 Рівненської АЕС зі збереженням у 2030–2040 рр. загальної встановленої потужності АЕС на рівні 15 ГВт, збільшення гідроенергетичних потужностей до 9,5 ГВт до 2040 р. завдяки реконструкції наявних ГЕС і будівництву нових ГЕС та ГАЕС згідно з урядовою Програмою розвитку гідроенергетики України на період до 2026 р. Темпи будівництва нових вітрових, сонячних електростанцій та електростанцій на біомасі в межах ОЕС в період до 2035 р. будуть обмеженими. Важливе значення має також будівництво нових швидкодійних накопичувачів електроенергії в енергосистемі, необхідних, зокрема, для підтримання її стабільності в умовах зростання у структурі генерації частки ВЕС та СЕС.

**Критичний сценарій розвитку вугільної промисловості.** Третім завданням, вирішеним у рамках проекту, є розроблення сценаріїв розвитку енергетичного сектору держави до 2040 р., визначення механізмів подолання внутрішніх і зовнішніх техніко-технологічних та екологічних викликів для енергетики України з урахуванням вимог до енергетичної безпеки та узгодженості розвитку електроенергетичного комплексу, визначення конкурентних вимог та політики їх узгодження в розвитку вугільної промисловості, виявлення та аналіз ключових чинників розвитку нафтогазового комплексу та розроблення механізмів їх узгодження.

Уперше було розроблено математичну модель оптимізації розвитку вугільної промисловості, яка, на відміну від загальногалузевих балансових оптимізаційних моделей, орієнтована на підвищення виробничої ефективності виділених підсистем галузі за критерієм їх загальної продуктивності. На її основі зроблено

прогноз обсягів видобутку вугілля за марками на період до 2040 р. З огляду на досить високу невизначеність майбутнього окупованих територій Донбасу прогноз обсягів видобутку вугілля розглянуто окремо на підконтрольній Україні території та на окупованих територіях з подальшим синтезом отриманих результатів. Прогноз передбачає виведення вугільної галузі до 2025 р. на рівень рентабельності з обсягами видобутку вугілля в 2035 р. порядку 101 млн т, у тому числі 76 млн т енергетичного вугілля. У період 2035–2040 рр. шахтний фонд скорочуватиметься через вичерпаність запасів, що призведе до зменшення обсягів видобутку енергетичного вугілля на 5,5 млн т, а коксівного — на 8,9 млн т. Сумарний видобуток вугілля в 2040 р. може досягти 86,7 млн т.

На структуру виробничого потенціалу вугільної галузі значною мірою впливають ризики та критичні явища, зумовлені хронічною нестачею коштів для забезпечення поточного функціонування і технічного переоснащення шахт, та невизначеність майбутнього окупованих територій Донбасу. Враховуючи ймовірність неповернення окупованих територій під контроль української влади, розроблено критичний сценарій розвитку вугільної промисловості, який враховує роботу тільки перспективних шахт на підконтрольній Україні території. За цим сценарієм максимального видобутку вугілля буде досягнуто у 2025 р. — 48,3 млн т, з яких 37,5 млн т енергетичного вугілля. До 2040 р. видобуток поступово зменшиться до 33,7 млн т, з яких 32,5 млн т енергетичного вугілля.

Передбачене прогнозом до 2040 р. скорочення власного видобутку вугілля та зростання обсягів виробленої електроенергії потребуватиме нарощування імпорту вугілля для забезпечення потреб теплової енергетики. Вже у 2030 р. обсяги імпорту становитимуть 14,4, в 2035 р. — 24,2, а в 2040 р. — 34,4 млн т, що значно перевищує можливості транспортної інфраструктури України, сумарна пропускна здатність якої оцінюється в 14 млн т/рік залізницею, а морським транспортом — у

6,2 млн т/рік у 2020–2035 рр. і 12,2 млн т/рік у 2040 р.

**Запровадження нової моделі ринку електроенергії.** Дослідження в рамках проекту були спрямовані на визначення світових тенденцій технологічного розвитку енергетики і трансформації глобальних енергетичних ринків, математичне моделювання, прогнозування та пошук шляхів ефективного розвитку ринку електроенергії в Україні, визначення економічних передумов і напрямів технологічної модернізації електроенергетичного сектору, а також на розроблення пропозицій щодо ефективної імплементації енергетичного законодавства ЄС з урахуванням національних інтересів і особливостей поточного етапу розвитку енергетики України.

З використанням розроблених методів та моделей проведено дослідження організації конкурентної моделі ринку електроенергії в Україні з урахуванням мережевих обмежень між Бурштинським енергоостровом та іншою частиною ОЕС України. Визначено доцільність поглибленого вивчення наслідків запровадження в Україні зональної моделі ціноутворення в сегменті «ринок на добу наперед» (РДН), яка забезпечує прозоре ціноутворення, створення в усіх зонах однакових конкурентних умов для виробників електроенергії, зниження вартості системних обмежень у тарифі системного оператора, зменшення фінансового навантаження на споживачів електроенергії, а також стимулювання модернізації електричних мереж та станцій в Україні. Доведено економічну ефективність виокремлення Бурштинського енергоострова в окрему цінову зону. Результати моделювання для такого випадку в окрему добу місяця квітня показали зменшення вартості електроенергії на РДН до 9,3% від добової вартості електроенергії на РДН. Експериментальні дослідження впливу допоміжних послуг на результати торгів у сегменті РДН показали, що неврахування обсягів резервів виробничих потужностей, призначених для регулювання режимів ОЕС України, призводить до похибки в розрахунках вартості

електроенергії на РДН у діапазоні від 2,23 до 8,76 % на добу (до 4,2 % на рік).

**Інтеграція ОЕС України до ENTSO-E.** Виконано експериментальні дослідження складових процесу інтеграції ринку електроенергії України до ринків європейських країн. Зокрема, здійснено оцінку експортного потенціалу ОЕС України за нинішніх технічних умов та в разі впровадження РДН в Україні на прикладах різних варіантів ринкового з'єднання Бурштинського енергоострова (БЕО) з енергосистемами Угорщини та Румунії. Показано, що для БЕО можна забезпечити додатне сальдо імпорту/експорту електроенергії (904,3 млн кВт-год на рік). Розглянуто також окремі сценарії розширення БЕО, зокрема через підключення енергоблока № 2 Хмельницької АЕС. Імітаційне моделювання для такого випадку свідчить про збільшення річних обсягів експорту електроенергії до 7,6 млн кВт-год за рік, що підтверджує наявність експортного потенціалу та достатній рівень конкурентоспроможності України у сегменті РДН європейських країн. За умови повної реалізації експортного потенціалу БЕО річна вартість електроенергії знизиться на 15,1%. З іншого боку, існує проблема дефіциту виробничих потужностей для регулювання режиму БЕО. Значний період доби енергоагрегати Бурштинської ТЕС перебуватимуть поза зоною готовності до надання системному оператору послуг з регулювання частоти та активної потужності. Так само за різних варіантів інтеграції БЕО з ринками країн ЄС в різні сезони року спостерігається недостатня готовність до надання допоміжних послуг через рівень завантаження енергоагрегатів Бурштинської ТЕС. Згідно з технічними вимогами ENTSO-E до мінімального рівня резервів з вторинного регулювання частоти в енергосистемі, для БЕО слід забезпечити резерви виробничих потужностей від 19 до 39 МВт для різних розрахункових періодів. Тому мінімально необхідний рівень гарантованого навантаження Бурштинської ТЕС має становити від 144 до 281 МВт у різні розрахункові періоди року.

За результатами досліджень зроблено висновок, що обов'язковою складовою інтеграції українських енергосистем з ENTSO-E має бути впровадження ринку допоміжних послуг і забезпечення рівня їх пропозиції, достатнього для повноцінного функціонування інших сегментів ринку електроенергії.

Показано, що для Бурштинської ТЕС як учасника ринку електроенергії найбільш економічно вигідним варіантом є збільшення пропускної спроможності міждержавних електричних перетинів без змін у структурі попиту/пропозиції. Розширення БЕО за рахунок енергоагрегата № 2 Хмельницької АЕС призведе до значного витіснення виробничих потужностей Бурштинської ТЕС з локального ринку електричної енергії навіть за умови збільшення пропускної спроможності міждержавних електричних перетинів. Аналіз варіантів з'єднання БЕО з енергосистемами Угорщини та Румунії показав потенційну вигоду для цих країн від формування додаткового маршруту експорту електроенергії з Румунії до Угорщини через БЕО у сегменті РДН та можливості енергоринків Угорщини і Румунії експортувати електроенергію до України в нічні години, що зумовлює необхідність відповідного обґрунтування економічної доцільності такого з'єднання для України.

Крім того, виконано дослідження з'єднання ринків електроенергії України, Угорщини та Румунії за різних варіантів організації енергоринку в Україні. Показано, що для окремих випадків та в окремі періоди року частка імпорту електроенергії на РДН Румунії може збільшитися до 38,9%, а експорту не перевищуватиме 3,3%, що потенційно призведе до порушень операційної безпеки в енергосистемі Румунії та актуалізує в цій країні питання захисту інтересів власних виробників електроенергії.

Показано, що важливою передумовою забезпечення функціонування та адміністрування нової моделі ринку електроенергії в Україні є організація взаємодії та визначення функціонального наповнення інформаційно-технологічних систем основних суб'єктів ринку елек-



троенергії України. Визначено та сформовано перелік ключових міжнародних стандартів і європейських регламентних документів, адаптовані аналоги яких необхідно впровадити в Україні для підвищення ефективності реалізації зазначених систем.

**Ефективність системи теплозабезпечення.** У рамках проекту Інститут технічної теплофізики НАН України вивчав проблему підвищення енергоефективності у сфері теплозабезпечення кінцевого споживача – населених пунктів та промисловості (частково). Наразі для енергозабезпечення населених пунктів щороку витрачається до 42 млрд кВт·год електроенергії і до 50 млн Гкал теплоти, що зіставне і навіть перевищує обсяги енергоспоживання промисловості України. Отже, через те, що питомі обсяги споживання надзвичайно великі, втрати в мережах просто жахливі, а енергоефективність дуже низька, розроблення дієвих заходів з вирішення цих проблем є надважливим завданням.

Тому метою цього дослідження в рамках проекту були розроблення і реалізація ефективної політики надійного, якісного і соціально доступного (технічно та економічно обґрунтованого з дотриманням вимог до охорони навколишнього середовища) забезпечення населення та бюджетно-соціальної сфери теплом, гарячою водою і кондиціонуванням.

В останні десятиліття у світовій практиці основним трендом стало підвищення енергоефективності, а не нарощування виробництва енергоресурсів. У світовому і європейському енергобалансах обсяги екологічно чистих енергоресурсів зіставні з обсягами традиційних. В Україні цей вид енергоресурсів, на жаль, все ще залишається недооціненим, хоча потенціал його в теплопостачанні значний. Низька енергоефективність – головна причина високих тарифів на житлово-комунальні послуги і соціальної напруженості, тому підвищення енергоефективності є важливою умовою економічної, екологічної та соціальної стабільності і національної безпеки.

Технологічні інновації в теплопостачанні наразі підготовлено до широкомасштабної ре-

алізації. Розроблено основні заходи політики підвищення енергоефективності в будівлях. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» та нова Енергетична стратегія України до 2035 року дають підстави для реалізації механізмів, що стимулюють підвищення енергоефективності використання енергоресурсів у теплопостачанні.

В ІТТФ НАН України розроблено методику визначення індикаторів енергоефективності будівель, огорожувальних конструкцій будівель і практику проведення енергоаудитів з використанням діагностичного центру – демонстраційної будівлі типу «нуль енергії», спорудженої на території Інституту з енергопостачанням від відновлюваних джерел енергії (теплота ґрунту, інсоляція, вітер). Цей об'єкт виконує роль науково-методичного центру навчання студентів теплоенергетичних спеціальностей, а також підвищення кваліфікації фахівців, що займаються розробленням енергоефективних технологій енергопостачання будівель та їх енергаудитом.

Отримано нові науково обґрунтовані результати вдосконалення і подальшого розвитку методів та засобів багаторівневого організаційно-технологічного управління системами комунальної теплоенергетики з використанням узгодженої оптимізації структури і параметрів технологічних підсистем виробництва, транспортування і використання тепла за критеріями енергетичної, економічної та екологічної ефективності. Показано, що комп'ютеризована система управління ефективністю функціонування комунальної теплоенергетики, яка системно враховує всі організаційні, техніко-економічні, технологічні і екологічні аспекти виробництва, транспортування і використання тепла, має стати одним з ключових напрямів розв'язання проблеми підвищення енергоефективності та енергоощадності в комунальній теплоенергетиці країни.

Створено комп'ютерні моделі, які дозволяють розв'язувати задачі багаторівневого управління з підвищенням ефективності функціону-

вання систем комунальної теплоенергетики з 12-годинною дискретизацією опалювального періоду завдяки:

1) узгодженій оптимізації показників ефективності функціонування складних систем комунальної теплоенергетики, серед яких котельні на природному газі, вугільні та електричні котельні, когенераційні установки на природному газі та біодизельному паливі;

2) імітаційному моделюванню системи за трьома сценаріями оптимального управління (максимізації прибутку, зменшення втрат, скорочення викидів  $\text{CO}_2$ );

3) оптимальному управлінню ефективністю функціонування регіональної системи з переведенням частини теплогенерувального обладнання підсистем у піковий або напівпіковий режими роботи;

4) визначенню можливостей підвищення ефективності функціонування технологічних підсистем із застосуванням управління з прогнозованим випередженням.

Результати проведених досліджень підтверджують можливість істотного, до 14%, зменшення втрат паливно-енергетичних ресурсів, зниження обсягів викидів  $\text{CO}_2$  до 60% і збільшення прибутку підприємств до 40% завдяки оптимізації організаційного управління системою комунальної теплоенергетики.

На основі отриманих результатів можна дати такі практичні рекомендації:

- наявні будівлі потрібно утеплювати зовні шаром теплоізолятора завтовшки 10–12 см з  $\lambda = 0,035 \text{ Вт/м/К}$ , а для створення пасивної будівлі цей шар має бути 30–35 см;

- слід спочатку термомодернізувати будівлі і лише потім починати модернізацію інженерних систем енергозабезпечення;

- бажано переходити на низькотемпературні системи кліматизації приміщень, зокрема на системи теплих водяних підлог;

- системи кліматизації приміщень бажано резервувати;

- як первинну енергію для систем кліматизації бажано використовувати ВДЕ, наприклад теплоту доквілля, ґрунтів.

- доцільно застосовувати пасивні системи для створення теплового бар'єра, наприклад самоплинного повітряного потоку, підігрітого (охолодженого) теплотою ґрунту.

- для інженерних систем енергозабезпечення будівлі перспективним є використання теплоти інсоляції та теплонасосних технологій;

- найбільш успішним може бути використання теплових насосів, що працюють на геотермальній теплоті неглибоких (до 100 м) шарів ґрунту або теплоті води річок чи водойм; використання повітряних теплових насосів для умов півночі України обмежується температурами до  $-10^\circ\text{C}$ ;

- використання теплових насосів для наявних радіаторних систем має низьку ефективність;

- необхідно впроваджувати інформаційні технології у сферу енергозабезпечення будівель — білінгові системи, смарт-системи, смарт-грід-технології.

**Реалізація інноваційних пріоритетів в енергетиці.** У рамках проекту в Науково-дослідному центрі індустріальних проблем НАН України проведено дослідження, спрямовані на визначення напрямів подолання проблеми низької ефективності використання енергетичного потенціалу країни, для чого потрібне впровадження дієвих організаційно-економічних механізмів реалізації інноваційно-технологічної політики, спроможної забезпечити інноваційний розвиток національної енергетики в умовах наявних ресурсних обмежень.

Аналіз інноваційно-технологічної політики в енергетичному секторі дав змогу виявити загальні для всіх країн цілі: максимізація використання національного енергетичного потенціалу; забезпечення найвищої ефективності енергоперетворення; досягнення найбільшої маневреності потужностей генерації енергії.

Встановлено причину виникнення протиріччя між тенденціями розвитку енергетичного сектору в Україні та в розвинених країнах світу. Розроблено методичний підхід до оцінки раціональності технологічної структури електроенергетики, застосування якого дало

зможу виявити низький ступінь відповідності структури електрогенерації ресурсному потенціалу; ефективності технологій електрогенерації щодо застосування в країні; маневреності електрогенеруючих потужностей. Отримані результати підтвердили тезу, що ефективна реалізація інноваційно-технологічної політики розвитку енергетичного сектору України можлива лише за умови, якщо будуть задіяні організаційно-економічні механізми реалізації цієї політики.

Визначено інноваційні державні пріоритети розвитку енергетичного сектору України, зокрема обґрунтовано доцільність застосування кластерного підходу як засобу вирішення технологічно-структурних проблем сектору та необхідність розроблення дорожньої карти інноваційного розвитку енергетичного сектору.

Обґрунтовано, що невід'ємною складовою організаційно-економічного механізму реалізації інноваційно-технологічної політики розвитку енергетичного сектору має стати пряме регулювання інноваційної діяльності, завдання якого полягає у стимулюванні інноваційного процесу за всіма його стадіями — від фундаментальних наукових досліджень до впровадження інновацій. Деталізація системи стимулів, здійснена за результатами застосування аналогічних механізмів розвинених країн, свідчить, що основними інструментами є стимулювання майнової та економічної зацікавленості суб'єктів інноваційного процесу в його результатах і незалежний контроль досягнутих результатів.

Дякую за увагу!

*За матеріалами засідання підготувала О.О. Мележик*