

УДК 21.003

ПРАКТИЧНЕ ЗНАЧЕННЯ НАЯВНОЇ ІНФРАСТРУКТУРИ НАУКОВО-ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНОГО КОМПЛЕКСУ В СУЧАСНИХ ПРОЦЕСАХ РЕФОРМУВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНОЇ ГАЛУЗІ КРАЇНИ

Н.І. Дунаєвська*, докт. техн. наук, **В.Я. Євтухов****

Інститут теплоенергетичних технологій НАН України,

вул. Андріївська, 19, Київ, 04070, Україна

e-mail: dunayevskani@ukr.net, volodymyr.ceti@i.ua

Розглянуто наукове та практичне значення дослідного магнітогідродинамічного (МГД) генератора К-1 (Київ-1) у минулих фундаментальних дослідженнях у галузі енергетики. Описано особливості високотемпературних процесів МГД-перетворення, основні елементи та вузли установки К-1, структуру та спеціальне технологічне забезпечення МГД-генератора. Окреслено практичне значення та перспективність наявної інфраструктури науково-експериментального комплексу (НЕК) у процесах сучасного інноваційного реформування енергетичної галузі країни. Запропоновано стратегію використання інфраструктури НЕК як випробувального стенда, а також наукового хаба для розробок нових енергопроектів у співпраці дослідних інститутів, освітніх закладів та енергетичних компаній, зацікавлених у проведенні досліджень та вирішенні практичних задач у галузі енергетики. Бібл. 12, рис. 3.

Ключові слова: електрична енергія, електрична станція, науково-експериментальний комплекс, магнітогідродинамічний генератор, випробувальний стенд, відновлення економіки.

Енергетична й фінансова кризи, пандемія й війна – це реальність, яка останніми роками впливає не лише на економіку країни, а також на функціонування її науково-освітніх закладів. У цій історичній фазі для таких закладів важливо насамперед визначити власні сильні й слабкі сторони, урахувати перспективи, оцінити можливі ризики та адаптувати в нових умовах свою стратегію використання наявних технологічних засобів та потужностей [1].

У більшості публікацій та дискусій стосовно такого стратегічного планування наводяться рекомендації здебільшого щодо необхідності залучення інвестицій [2, 3]. Часто такі рекомендації мають надто загальний характер і не завжди впливають на перспективи розвитку, але вони можуть стати більш актуальними та ефективними у взаємодії з іншими інструментами та чинниками.

Метою цієї статті є об'єктивна оцінка технологічного потенціалу науково-експериментального комплексу академічного закладу та окреслення ефективних механізмів його використання в сучасних умовах. Приділено увагу можливостям використання колишнього магнітогідродинамічного (МГД) комплексу в дослідницькій та інноваційній діяльності в галузі енергетики.

Історія наявної інфраструктури науково-експериментального комплексу на базі першої київської теплоелектростанції (ТЕС) почалась у часи світової енергетичної кризи, у другій половині минулого сторіччя. Саме в той час наукова спільнота надавала особливу увагу методу МГД-генерації як засобу підвищення ефективності ТЕС.

Теоретичні оцінки та результати тогочасних експериментів показували, що ККД звичайної ТЕС підвищується на 10–20 % у разі використання МГД-генераторів як високотемпературної надбудови до них [4].

1 Огляд МГД – комплексу

1.1 Принцип МГД-генерування. Принцип МГД-генерування, заснований на законі електромагнітної індукції Фарадея, що лежить в основі електротехніки й електромашинобудування, дає змогу створювати системи, які можуть перетворювати види енергії в електричну енергію. Майкл Фарадей своїми дослідженнями довів, що для цієї мети придатний не лише обертальний рух у магнітному полі твердого провідника, а й рух рідкого і газоподібного провідників. МГД-генератор, у якому відсутні елементи, що обертаються, суміщає в собі

функції двох основних елементів звичайної теплової електростанції: парової турбіни і електричного генератора, але є більш простим пристроєм, ніж турбогенератор [5].

Прямокутним каналом з електродами, розміщеними попарно вздовж його осі, рухається у магнітному полі з індукцією B [Тл] іонізований, високотемпературний потік (плазма) продуктів згорання органічного палива зі швидкістю v [м/с] (рис. 1). Цей потік з температурою 2800-3000К виконує в МГД-генераторах подвійну роль: термодинамічного робочого тіла (теплова машина) і електричного провідника (електрогенератор).

Під час руху плазми з електропровідністю σ [См/м] у кожній точці каналу виникає локальна електрорушійна сила (ЕРС) (індуковане поле) $v \times B$ [В/м], а на електродах, розташованих на відстані h один від одного, – ЕРС величиною $v \times B \times h$. Між парами електродів – анодом із потенціалом ϕ_a та катодом із потенціалом ϕ_k – виникає різниця потенціалів, а у плазмі – електричне поле $E \approx \frac{U}{h}$ [В/м], направле-
не проти індукованого поля $v \times B$.

У разі підключення електродів МГД-генератора до навантаження (зовнішня мережа) в електропровідному середовищі плазми з'явиться струм густиною i [А/м²], а в ланцюгу – повний струм $I = j \times a \times L$, де a – ширина електродів у каналі в напрямку B , L – їхня довжина [5, 6].

1.2 Коротка історія створення високотемпературних МГД-установок. Перша дослідна МГД-установка була випробувана в США у 1959 році, а справжній пік досліджень процесів перетворення високотемпературної теплової енергії в електричну припав на 1970-1980 роки. Для проведення експериментальних досліджень у багатьох розвинених країнах були створені науково-дослідні центри.

Основні переваги МГД-генераторів як-от можливість використання високої температури робочого тіла як початкової у повному термодинамічному циклі, відсутність рухомих вузлів (мас), безконтактна взаємодія плазми з магнітним полем, простота конструкції та керування тощо [6] сприяли тому, що на території першої київської теплової електростанції наприкінці 60-х років минулого століття виник науково-технічний центр (технологічний дослідницький хаб сучасною термінологією).

Для створення інфраструктури науково-експериментального комплексу були залучені фахівці проектних, будівельних та монтажних організацій, а для досліджень високотемпературних процесів і новітніх магнітних технологій – сотні науковців з-понад десятка академічних установ, зокрема двох провідних – Інституту електродинаміки (ІЕД) та Інституту газу (ІГ) – фундаторів цих досліджень в Україні. На території було розміщено низку експериментальних установок, стендів, лабораторій, серед яких головний стенд – дослідна експериментальна МГД-установка К-1 (Київ-1) проектною електричною потужністю 200 кВт, час створення якої фактично започаткував історію сучасного Інституту теплоенергетичних технологій (ІТЕТ) НАН України. Установка К-1 із комплексом допоміжного високотехнологічного обладнання протягом наступних 20 років була однією з трьох базових установок за Національною програмою Радянського Союзу з МГД-перетворення енергії [4, 7].

До 1990 р. загальна електрична потужність дослідних енергетичних МГД-генераторів на продуктах згорання досягла 21 МВт із тривалістю безперервної роботи до 1000 годин та ККД – до 16 %. Були розроблені проекти промислових МГД-електростанцій на природному газі потужністю 500 МВт з часткою МГДГ 200 МВт [7].

Дослідження процесів перетворення енергії на МГД-установці К-1 тривало протягом 30 років, до початку 90-х років, коли 23.06.1993 відбувся останній 171-й експериментальний

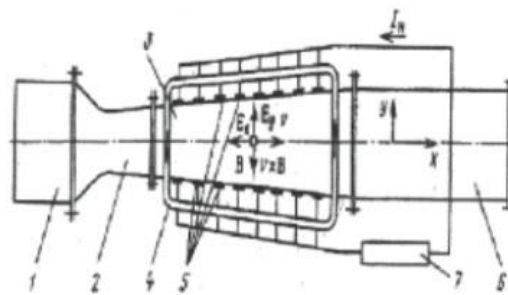


Рис. 1. Схема фарадівського МГД-генератора [6], де позначено: 1– джерело енергії, 2–сопло, 3– МГД-канал, 4–електромагніт, 5–електроди, 6–дифузор

пуск К-1, присвячений насамперед, як і попередні декілька пусків, екологічним питанням, зокрема вивченню впливу вологи на утворення оксидів азоту в високотемпературних продуктах згоряння палива [7].

1.3. Склад МГД-установки К-1 та характеристики її основних вузлів. Унікальність установки К-1 як самостійного перетворювача теплової енергії в електричну полягала в потужному, комплексному енерготехнологічному забезпеченні, що за незалежними оцінками не мало рівних у світі серед подібних МГД-установок, та в наявності замикального паротурбінного циклу. Робочою речовиною установки слугувала плазма продуктів згоряння природного газу в атмосфері стисненого повітря, збагаченого киснем (до 50 %), за максимальної витрати до 3 кг/с, а магнітна система (колишня секція синхрофазотрону) забезпечувала індукцію магнітного поля до 2 Тл [4] (рис. 2).



Рис. 2. Експериментальна МГД-установка К-1 електричною потужністю 200 кВт (фото 90-х років минулого століття) [4]

Сам принцип МГД-перетворення енергії, а також термодинамічна, функціональна, структурна й електрична схеми визначили розміри установки і розташування її основних елементів, а саме камери згоряння (джерело енергії) із соплом (розгінний пристрій), МГД-каналу (генератор електроенергії) із дифузorzом (вихлопний пристрій), магнітної системи.

Камера згоряння з соплом. Ефективна робота камери згоряння (КЗ) насамперед залежить від температури горіння та геометричних параметрів камери. Тривала експлуатація камери згоряння установки К-1 (теплова потужність 17,5 МВт, температура горіння до 3200 К, сумарна витрата продуктів згоряння до 3,0 кг/с) показала, що її конструкція є надійною, має високі пускові якості та низький рівень пульсації горіння.

Розгінний пристрій (сопло), що призначений для формування структури плазмового, близького до звукового, газодинамічного потоку, забезпечує його сталість у каналі, а також визначає характеристики і процеси МГД-генератора, а саме тертя, тепловіддачу, приелектродне падіння напруги, ресурс вогневих стінок тощо.

Канал з дифузorzом. Залежно від призначення та режиму роботи МГД-генератора конструкції каналів якісно відрізняються. Для енергетичних МГД генераторів застосовується фарадеївський канал прямокутної форми, з секційними електродами, розташованими на стінках каналу. До матеріалів вогневих стінок МГД-каналу, облицьованих спеціальною керамікою, які зазнають впливів, характерних також і для ракетної техніки, висуваються також вимоги щодо їхніх електропровідних та електроізоляційних властивостей.

Експериментальні водоохолоджувальні канали установки К-1 із перерізом 250×100мм мали довжину 5 м. Водоохолоджувальний фальш-канал (аеродинамічна труба), призначений для відпрацювання режимних параметрів установки, має довжину 5 м, переріз на вході 250×100мм, на виході – 400×100 мм.

Для зниження швидкості продуктів згоряння та тиску у вихлопному тракті каналу МГД-генератора застосовується високоефективний дифузор.

Магнітна система (МС) МГД-генератора. Магнітна система призначена для створення магнітної індукції B та її розподілення у робочому об'ємі каналу. Відомо, що щільність електричної потужності й параметри МГД-взаємодії в каналі пропорційні B^2 , тому МС повинна забезпечувати високі значення індукції. Власне МС загалом визначає енергетичні, масові та габаритні характеристики самої МГД-установки.

Магнітна система установки К-1 із індукцією 2 Тл мала загальну вагу 100 т.

1.4. МГД-дослідження як приклад ефекту синергії у реалізації науково-технічного проекту та його значення

Модернізацію старої теплової електростанції (нині індустриальна пам'ятка XIX сторіччя [8]) слід оцінювати в масштабах розвитку електроенергетики другої половини XX сторіччя, коли понад 90 % електроенергії у світі вироблялося на теплових електростанціях, ККД яких практично не перевищував 40 %. Тому на той час серед різних методів підвищення економічності традиційних електростанцій привабливим та перспективним видався магнітогідродинамічний метод генерування енергії, запровадження якого давало б можливість, суттєво зменшивши вплив шкідливих викидів на довкілля, підняти ККД ТЕС до 55–60 % [5].

Створення інфраструктури науково-експериментального комплексу на базі установки К-1 є прикладом ефективної співпраці наукових фахівців. Результати багаторічних досліджень показали, що отримані знання щодо високотемпературних процесів магнітної гідродинаміки якісно коректні, і підтвердили принципову можливість застосування магнітогідродинамічного методу генерування електричної енергії [7].

Початок впровадження в енергетику бінарних парогазових ТЕС, ККД яких досягав 58 %, а також виявлені технологічні недоліки МГД-генераторів, які вимагали великих капіталовкладень, призвели до згорання досліджень із цієї тематики.

Подальші перспективи застосування МГД-перетворювачів енергії залежатимуть від їхньої конкурентоспроможності та функціональних можливостей, які можуть покращуватися й розширюватися відповідно до розвитку плазових, електромагнітних та високотемпературних технологій, а характеристики традиційних енергетичних установок будуть наближатися до своїх граничних значень [7].

2. Сучасний стан

ІТЕТ НАНУ має унікальну, розвинену, енергетично-забезпечену експериментальну базу з низкою дослідних стендів й установок, на яких у різні часи проводилися дослідження, пов'язані з вирішенням енергетичних та екологічних проблем теплоенергетики. Діяльність Інституту теплоенергетичних технологій НАН України в умовах нових викликів продовжується в напрямку проведення фундаментальних і прикладних досліджень, а саме процесів горіння та теплофізичних властивостей продуктів згоряння твердих палив, методів уловлення викидів шкідливих та парникових газів, технологій водневої та амонійної енергетики тощо із впровадженням отриманих результатів на об'єктах енергетики [9].

2.1. Склад наявної інфраструктури науково-експериментального комплексу К-1.

Після припинення досліджень високотемпературних процесів МГД-перетворень більшість стендів та установок, пов'язаних із цією тематикою, були законсервовані або демонтовані. Утім, розгалужений технологічний комплекс, що забезпечував проведення досліджень, загалом знаходиться в робочому стані або "гарячому" резерві (рис. 3).

До складу технологічного комплексу належать:

- газопостачальна система у складі газорозподільного пункту (ГРП), який отримує магістральний природний газ із тиском 0,3 МПа та може забезпечувати із тиском газу 0,06 МПа максимальну його витрату до 6300 м³/год, та газової компресорної (два компресора 205 ГП 30/8 продуктивністю 30 м³/хв із тиском газу 0,8 МПа);

- система забезпечення стисненим повітрям: турбокомпресор К-500 продуктивністю $520 \text{ нм}^3/\text{хв}$ із тиском $0,8 \text{ МПа}$ та двох компресорів – поршневого ПКС-3.5 та гвинтового SCR- 30M із аналогічними параметрами (продуктивність – $3,5 \text{ нм}^3/\text{хв}$, тиск – $0,8 \text{ МПа}$), а також поршневого 305 ВП 30/8 продуктивністю $30 \text{ нм}^3/\text{хв}$ із тиском $0,8 \text{ МПа}$;
- система забезпечення киснем у складі 32 балонів реципієнта по 400 л кожний із тиском кисню $14,0 \text{ МПа}$ та з установками газифікації та регулювання;
- система охолодження технічною водою з річки Дніпро, на березі якої розміщена берегова насосна станція (БНС) – 4 відцентрових електронасоси типу 400Д (із продуктивністю $1860 \text{ нм}^3/\text{год}$ та тиском 15 м.в.ст. кожний), які забезпечують охолодження тракту відпрацьованих газів МГД-генератора, теплообмінників турбокомпресора та поршневих компресорів тощо;
- система охолодження хімічно-очищеною водою (ХОВ), яка забезпечувала працездатність обладнання головного стенда МГДГ та інших дослідних стендів. Складається з іонообмінних фільтрів, баків, електронасосів тощо.
- система електропостачання (разом із високовольтною частиною) – комплекс споруд, електрообладнання, регулювальної й захисної апаратури, які повністю забезпечують роботу всього устаткування НЕК та загалом функціонування самого Інституту.



Рис. 3. Вигляд МГД-установки К-1 (на передньому плані – фальш-канал з трактом продуктів згоряння, на задньому – відцентровий повітряний компресор К-500)

2.2. Експериментальні стенди та дослідні установки ІТЕТ. Наразі більшість великих стендів та установок включно з МГД-установкою К-1 перебувають у стані тривалої консервації. Проте окремі знаходяться в робочому стані та періодичній експлуатації. Серед них установка високотемпературної газифікації у потоці твердого палива з витратою 100 кг/год (ВГП-100); стенд фізико-технічних досліджень (СФТД); високотемпературна газова піч (ГП) та деякі інші.

2.2.1. Установка ВГП-100. Установка ВГП-100, призначена для проведення комплексних, масштабних дослідів із вивчення проблем ефективного спалювання різних видів палив, перебуває у робочому стані, обладнана діагностичним вимірювальним комплексом, системами енергозабезпечення та захисту.

Теплофізичні характеристики та потенціал енергозабезпечення установки, яка не має аналогів в Україні, дають змогу проводити комплексні, масштабні досліді з вивчення проблем ефективного спалювання різних видів палива.

Установка складається з камери згоряння та вертикального, футерованого, водоохолоджувального реактора. Камера згоряння – футерований водо-охолоджувальний циліндр із внутрішнім діаметром 200 мм , довжиною 500 мм . Реактор – водоохолоджувальний вертикальний циліндр, який складається з 7 секцій, футерованих двоокисом цирконію, із внутрішнім діаметром 200 мм , висотою 600 мм кожна. Верхні дві секції служать діагностичними ділянками реактора.

Проектні теплофізичні характеристики реактора: температура продуктів згоряння – 2300 К , теплова потужність реактора – 300 кВт , питомий тепловий потік – $11,7 \text{ кВт/м}^2$, тепловтрати крізь футеровку – $30,7 \text{ кВт}$.

Тривала експлуатація установки потребує удосконалення вимірювального комплексу та ремонту футерівки реактора.

2.2.2. Стенд фізико-технічних досліджень (СФТД). СФТД, створений науковцями Інституту електродинаміки НАНУ, призначений для проведення експериментальних досліджень робочого тіла МГД-генератора, фізичних досліджень електродних та ізоляційних конструкцій і матеріалів МГД-канала, а також для відпрацювання діагностичної апаратури. Стенд розміщений у трьох герметичних боксах: випробувальний, щит керування, оптична лабораторія та має повне енергозабезпечення. У випробувальному боксі розташовані дві модульні експериментальні установки з витратою продуктів згоряння до 300 г/с кожна.

2.2.3. Високотемпературна газова піч. Газова піч, створена за проектом Інституту матеріалознавства НАНУ, призначена для обпалювання вогнетривких матеріалів та мозаїчної кераміки з високими фізико-механічними властивостями, які використовувалися для футерівки каналу МГД-генератора. Максимальна температура обпалювання 1700°C. Тривалість обпалювання 50-60 годин. Робочий тиск газу $0,025 \pm 0,06$ МПа. Повітря для горіння подається вентилятором високого тиску ВВД-8 (ПУ-2). Номінальні витрати газу на пальник – 4 м³/год. Максимальні витрати газу на пальник – $6,0 \pm 1,0$ м³/год.

3. Перспективні рекомендації.

Енергетична галузь країни в умовах необхідності безпрецедентної мобілізації економічних, соціальних та технологічних ресурсів потребує перегляду старих стереотипів та впровадження нових адаптивних підходів до її реформування [9].

Для відповідності вимогам часу будь які заклади та організації потребують модернізації. Базовий крок цього процесу – перегляд (оновлення) стратегії діяльності. Для порівняння наведемо принципи переходу до енергетичного оновлення, розробленого Cambridge Centre for Environment, Energy and Natural Resource Governance (C-EENRG), а саме націлювання на переломні точки, поєднання політики, адаптивність використання можливості, вибір ефективних технологій, забезпечення справедливих відкритих умов, регулювання та інвестування, зменшення ризиків, урахування похибки оціночних чинників [10].

Необхідною передумовою стратегічного оновлення ІТЕТ є наявність експериментальної бази та відповідно організованого й устаткованого фізичного простору. НЕК, що відповідає цим умовам, може використовуватися як науково-дослідний хаб за участю профільних інститутів, освітніх закладів й енергетичних компаній; для комерційних інноваційних стартапів із наданням випробувальних стендів у користування колективам та групам дослідників на визначених умовах; для реалізації інноваційних проєктів із використання альтернативних видів енергії: енергії біомаси, сонячної, термальної тощо.

На підготовчому етапі стратегії оновлення ІТЕТ для залучення інвестицій необхідно провести аудит усієї інфраструктури НЕК, завдяки якому можуть бути зведені до мінімуму можливі фінансові ризики.

3.1. Використання високотемпературних випробувальних стендів. Зацікавленість установкою К-1 виникала в 1995-1996 роках для використання її як випробувального стенда камер згоряння реактивних двигунів для підприємств Мотор-Січ (м. Запоріжжя) та Машпроєкт (м. Миколаїв), але за браком фінансування проєкт не був реалізований [4]. Комплекс обладнання установки К-1, що знаходиться на сьогодні у стані консервації відповідає структурі випробувальних стендів. (див. А. Трушковська “Маловідомий проєкт потужного ракетного двигуна «Монстра» М-1”. Alpha Centauri. 2023. URL: <https://thealphacentauri.net/132522-monstr-m1-dvygun/>).

Для забезпечення ефективної експлуатації, економічної конкурентоспроможності та обмеженого впливу на довкілля випробувальні стенди повинні задовольняти такі критерії, виконання яких потребує певних вимог до структури та принципової схеми стенда. Основними критеріями функціонування як випробувального, так й експериментального устаткування (єдиної бази забезпечення результативних досліджень) є універсальність, надійність і систематичність використання; діапазон можливостей в прогнозованій перспективі; розумність із міркувань матеріальних і фінансових витрат, а також віддача.

Усім цим вимогам та критеріям відповідає науково-експериментальний комплекс ІТЕТ, призначений для дослідження теплофізичних й аеродинамічних процесів в енерготехнологічних установках.

Наприклад, випробування камер згоряння та окремих вузлів ракетних двигуна на автономних стендах є ефективним засобом відпрацювання нових технічних рішень і дає змогу скоротити обсяг, вартість і загальні терміни робіт зі створення нових ГТД, а досвід створення сучасних двигунів свідчить про те, що велика частина експериментальних та довідних робіт переноситься на повузлові випробування на випробувальних стендах. (див. "Іван Губа про вогневі випробувальні стенди". "Спейс-Інформ". 2020. URL: <https://space.com.ua/2020/08/21/ivan-guba-pro-vognevi-viprobuvalni-stendi/>).

Сучасні випробувальні стенди зазвичай стенди відкритого типу, у процесі спорудження яких використовуються лише металоконструкції. Наявні масштабні експериментальні установки та енергетичні випробувальні стенди закритого типу являють собою складні технологічні комплекси. У світі дуже мало країн, які можуть дозволити собі побудувати стенди закритого типу. Для цього потрібні тривалий час та значний фінансовий ресурс.

3.2. Використання потенціалу НЕК у науково-освітніх програмах. Одна із форм навчальної роботи в закладах освіти, що розкриває інтелектуальний потенціал молоді, повинна бути орієнтована також на середовище, де майбутні фахівці могли б отримувати не лише теоретичні знання, а й набувати професійних навичок і формувати свою дослідницьку компетентність. Високотехнологічне енергозабезпечення НЕК, описане у статті, надалі може стати важливою складовою не лише спільних досліджень з розв'язання проблем традиційної та відновлюваної енергетики, а також для підготовки майбутніх фахівців-енергетиків широкого профілю.

В енергетиці незалежної України тривалий період часу не відбувалося аналізу як технологічних, так і соціально-економічних показників. Відомо, що протягом останніх років занепад української енергетики супроводжувався зниженням якості підготовки фахівців для цієї галузі, а російське повномасштабне вторгнення лише загостило цю проблему. Практично всі сектори енергетичного комплексу включно з професійною освітою не відповідають критеріям національної енергетичної безпеки [12], тому підготовці досвідчених фахівців-енергетиків необхідна бути також приділена особлива увага.

Науково-експериментальний комплекс Інституту теплоенергетичних технологій, на якому зосереджено практично все традиційне (та частково альтернативне) енергетичне устаткування, може слугувати майданчиком для підготовки майбутніх фахівців-енергетиків широкого профілю. У співпраці з навчальними закладами може бути створена комплексна лабораторія професійної освіти студентів з вивчення робочих процесів експлуатації, методів монтажу та ремонту енергетичного обладнання. Планування та стан приміщень ІТЕТ дають змогу з урахуванням вимог технологічної безпеки реалізувати найрізноманітніші потреби для професійного навчання. Наприклад, ІТЕТ розташований поблизу русла річки Дніпро – низькопотенціального джерела енергії для теплових насосів. Це може дати змогу регулярно проводити дослідження з їхнім використанням в будівлях і спорудах, розташованих поблизу річок.

Висновки. Автори статті надали фрагмент історії розвитку енергетичної галузі в середині ХХ-століття. На прикладі виконання енергетичного проєкту під назвою "Дослідний магнітогідродинамічний (МГД) генератор К-1 (Київ-1)" показано, що успішна реалізація великих проєктів можлива за умов поєднання практичного та наукового інтересу. Дослідження, проведені на установці К-1, зайняли гідне місце в історії енергетики та довели принципову можливість практичної реалізації МГД-методу перетворення енергії.

Можливості подальшого використання науково-експериментального комплексу є актуальними з огляду на загальнонаціональне завдання відновлення та модернізації енергетичної інфраструктури. Цей унікальний науково-експериментальний комплекс є придатним до

модернізації, а приміщення, в яких він розташовується, – до реновації відповідно до потреб дослідників. Створення енергетичного науково-дослідного хаба на базі НЕК є економічно вигіднішим, ніж побудова відповідного об'єкта “з нуля”.

При реформуванні енергетичної галузі України науковий та технологічний потенціал наявної інфраструктури ІТЕТ та НЕКу зокрема є оптимально придатним для створення хаба із проведення досліджень, розробок нових енергопроектів та реалізації нових технічних рішень у галузі енергетики.

У процесі підготовки статті було використано окремі архівні документи ІТЕТ НАН України, що не публікувалися раніше.

1. Роль і місце української енергетики у світових енергетичних процесах. Центр Разумкова. Київ, 2018. 87 с. URL: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2018_ENERGY_PRINT.pdf (дата звернення 16.09.2024).
2. Рибчук А.В., Процишин О.Р., Лапчук Я.С., Зінкевич В.І. Функціональна спрямованість інтегрованого інструментарію економічного механізму підвищення енергоефективності національної економіки. *Business Inform.* № 545. С. 49–56.
3. Захаров В.С. Зарубіжний досвід та механізми фінансування розвитку енергетики. *Економіка та держава*. 2017. № 3. С. 93–96.
4. Дунаєвська Н.І., Євтухов В.Я. Історія енергетики м. Києва: 125 років Центральній електричній станції. *Технічна електродинаміка*. 2023. № 5. С. 82–90.
5. Магнито-гидродинамическое преобразование энергии. Москва: Наука, 1979. 584 с.
6. Магнито-гидродинамический метод преобразования энергии. Москва: Физматгиз. 1973. 536 с.
7. Ганефельд Р. В. К 50-летию исследований по МГД-преобразованию видов энергии в Национальной академии наук Украины. *Технічна електродинаміка*. 2007. № 2. С. 68–80.
8. Ієвлева В. Пам'ятки індустріального розвитку Києва кінця XIX - першої третини XX століття. Київ: Видавничий дім Прес-КІТ, 2008. 251 с.
9. Дунаєвська Н.І., Чернявський М.В., Топал О.І., Макаруч В.М., Голенко І.Л. Інститут вугільних енерготехнологій. Історія та сьогодення. Київ: Люта справа, 2018. 120 с.
10. Проект Плану відновлення України. Матеріали робочої групи "Енергетична безпека". Національна рада з відновлення України від наслідків війни, 2022. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf> (дата звернення 16.09.2024).
11. Десять принципів формування політик енергетичного переходу. Звіт робочої групи проекту "Економіка енергетичних інновацій та системного переходу". Веб-сайт Кембриджського Університету, 2022. URL: <https://eeist.co.uk/download/932/> (дата звернення 16.09.2024).
12. Євтухов В., Дунаєвська Н., Бондзик Д., Євтухов Д., Галінський О. Резерви підвищення ефективності ТЕС: зовнішнє включене енергообстеження. *Політика Енергетична (Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal)* 2023. № 26(1). С. 59–76.

THE PRACTICAL SIGNIFICANCE OF THE EXISTING INFRASTRUCTURE OF THE SCIENTIFIC AND EXPERIMENTAL COMPLEX IN MODERN PROCESSES OF REFORMING THE ENERGY INDUSTRY OF UKRAINE

N.I. Dunayevska, V.Ya. Yevtukhov

Thermal Energy Technology Institute of NAS of Ukraine,
Andriivska Str., 19, Kyiv, Ukraine, 04070
e-mail: dunayevskani@ukr.net, volodymyr.ceti@i.ua

This article reviews scientific and practical role and context of experimental magnetic-hydrodynamic (MHD) generator K-1 (Kyiv-1) in its past fundamental power research causes. Here we describe: hi-temperature MHD conversion features; basic elements and intersections of K-1 unit; structure and special technological supplies of MHD generator. We assume contemporary actuality, perspective and practical value of MHD K-1 scientific research facility infrastructure which is currently available for purposes of innovative reforming of Ukrainian energy production. Strategy to make use of facility infrastructure is proposed: in a form of scientific hub for new energy projects development in cooperation of research, educational and commercial entities interested in research and practical solutions in the energy domain. Ref. 12, fig. 3.

Keywords: electric energy, electric power station, scientific experimental facility, magnetic-hydrodynamic generator, trial stand, economic recovery.

1. The role and place of Ukraine's Energy Sector In Global Energy Processes. Razumkov Centre. Kyiv, 2018. 90p. URL: https://razumkov.org.ua/uploads/article/2018_ENERGY_PRINT.pdf (access date: 16.09.2024)
2. Rybchuk A. V., Protsyshyn O. R., Lapchuk Ya. S., Zinkevych V. I. The Functional Orientation of the Integrated Instrumentarium of the Economic Mechanism for Increasing the Energy Efficiency of the National Economy. *Business Inform*, 2023. Vol. 545. Pp. 49–56. (Ukr)
3. Zakharov V. International Experience and Financing Mechanisms of Energy Sector. *Ekonomika ta derzhava*. 2016. Vol. 3. Pp. 93–96. (Ukr)
4. Dunayevska N., Yevtukhov V. History of Energy Industry In Kyiv. 125 Years Of Central Electric Station. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2023. No 5. Pp. 82–90. (Ukr)
5. Magneto-hydrodynamic energy conversion. Moscow: Nauka, 1979. 583 p. (Rus)
6. Magnetohydrodynamic method of energy conversion. Moscow: Fizmatgiz, 1973. 536 p. (Rus)
7. Ganefeld R.V. For 50 years of researches of magnet-hydrodynamic conversion of energy types in National Academy of Sciences of Ukraine. *Tekhnichna Elektrodynamika*. 2007. Vol. 2. Pp. 68–80. (Rus)
8. Ievleva V. Landmarks of the industrial development of Kyiv at the end of the 19th - the first third of the 20th century. Kyiv: Press-KIT Publishing House, 2008. 248 p. (Ukr)
9. Dunaevska N.I., Chernyavskiy M.V., Topal O.I., Makarchuk V.M., Golenko I.L. Institute of coal energy technologies. History and the present. Kyiv: Lyuta Sprava, 2018. 120 p. (Ukr)
10. Project of the Recovery Plan of Ukraine: Materials of the Energy Security working group. Kyiv: National Council for the Recovery of Ukraine from the Consequences of the War, 2022. URL: <https://www.kmu.gov.ua/storage/app/sites/1/recoveryrada/ua/energy-security.pdf> (request date 16.09.2024). (Ukr)
11. Ten Principles for Policy Making in the Energy Transition: Project Economics of Energy Innovation System Transition (report). University of Cambridge. URL: <https://eeist.co.uk/download/932/> (access date 16.09.2024)
12. Yevtukhov V., Dunaievska N., Bondzyk D., Yevtukhov D., Halinskyi O. Reserves for improving the efficiency of thermal power stations: external on-site energy examination. *Polityka Energetyczna – Energy Policy Journal*. 2023. Vol. 26(1). Pp. 59–76. (Ukr)

Надійшла: 08.10.2024

Прийнята: 13.11.2024

Submitted: 08.10.2024

Accepted: 13.11.2024