

К 100-летньому юбилею Национальной академии наук Украины

Бондаренко Б.І., академік НАН України, директор Інституту газу НАНУ,
Гльєнко Б.К., канд. техн. наук, вчений секретар Інституту газу НАНУ

Інститут газу НАН України : Наукові здобутки останніх років та основні задачі подальшої діяльності

Діяльність Інституту протягом попередніх років здійснювалася відповідно до пріоритетних напрямків наукових досліджень, за твердженнях Президією НАН України:

- розробка наукових засад підвищення ефективності використання природного газу та альтернативних енергоносіїв як основи для створення нових енерго- та ресурсозберігаючих технологій;

- дослідження у галузі прикладної теорії горіння, термодинаміки, міжфазного тепломасообміну та розробка на цій основі нових тепло-технологічних процесів та обладнання;

- дослідження з охорони довкілля з метою створення науково-технологічних засад захисту атмосферного повітря від забруднень, термічного знешкодження твердих побутових відходів та особливо небезпечних речовин та відходів.

Наукові розробки Інституту були зорієнтовані насамперед на виконання досліджень у вказаних напрямках та в основному зосереджені на вирішенні нагальних питань енерго- та ресурсозбереження у промисловості, енергетиці, на транспорті, в комунальному господарстві. Був виконаний значний комплекс робіт з освоєння та використання альтернативних джерел паливних ресурсів, вирішення екологічних проблем енергетики. Започатковані та набули розвитку нові напрямки досліджень, перш за все з розробки технологій створення наноматеріалів.

Інститут є однією з провідних наукових установ, діяльність якого направлена на розробку енерго- та ресурсозберігаючих технологій з ефективного використання природного газу в промисловості, комунальному секторі та на транспорті. Попри скрутний стан промислового ком-

плексу країни результати розробок Інституту широко використовуються на промислових підприємствах металургійного профілю, машинобудування, виробництва будівельних матеріалів, у теплоенергетиці та ін., про що свідчить значна кількість укладених та виконаних господарчих договорів.

Існує значний інтерес до наукових розробок Інституту за межами академічних кіл, про що свідчить активна участь науковців у численних заходах за запрошеннями зацікавлених структур державного та промислового (комерційного) сектора та виконання Інститутом відповідних госпдоговорів та контрактів.

За своїм науково-технічним рівнем розробки Інституту не поступаються кращим світовим зразкам, про що свідчать плідні наукові контакти з провідними науковими установами США, ФРН, Індії, Чехії, Угорщини, Китаю, Росії та інших країн, а також участь Інституту в численних вітчизняних та міжнародних виставках. Інститут має незаперечний науковий авторитет в Україні та добре відомий на міжнародній арені.

Результати наукових розробок Інституту широко подані у рейтингових наукових виданнях, мають індекс цитування, публікувалися у матеріалах численних міжнародних конференцій в Україні та за її межами (ФРН, Італія, Данія, Нідерланди, Сінгапур, Португалія, Польща, Китай, Угорщина, Словаччина та ін.). Прикладом високої наукової вагомості публікацій співробітників Інституту є випуск журналу *International Journal of Energy for a Clean Environment*, 2013, 14 (2–3) (США), який був пов-

ністю присвячений (11 публікацій) науковим розробкам Інституту.

Надавалася значна кількість науково-експертних послуг, у тому числі рецензування доповідей провідних міжнародних конференцій та журналів International Journal of Enhanced Heat Transfer; International Journal of Energy for a Clean Environmental.

При Інституті функціонують Спеціалізована вчена рада Д.26.255.01 по захисту дисертацій на здобуття вченого ступеня доктора та кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 «Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика», Рада молодих вчених.

Інститут видає науково-технічний журнал «Энерготехнологии и ресурсосбережение». Журнал входить до переліку профільних видань Міністерства освіти і науки (МОН) України та реферується у реферативному журналі «Джерело» (Україна, Київ), реферативному журналі ВІНІТІ РАН (Росія, Москва), внесено у міжнародну базу наукового цитування Ulrich's. Електронне видання журналу зберігається у Національній бібліотеці України імені В.І.Вернадського, внесено у загальнодержавну реферативну базу даних. Здійснюється підготовка матеріалів номерів журналу «Энерготехнологии и ресурсосбережение» за 2015–2018 рр. для присвоєння міжнародного індексу DOI статтям для подальшого внесення журналу у міжнародну базу даних наукових видань SCOPUS.

У 2016 р. відбулися зміни в організаційному устрою Інституту. З урахуванням розвитку пріоритетних напрямів наукових досліджень змінено назву 5 науково-дослідних підрозділів Інституту та створено відділ високотемпературного тепломасообміну. На даний час організаційна структура Інституту дає можливість ефективно реалізовувати план його діяльності.

Нижче наведені основні наукові напрямки діяльності наукових підрозділів Інституту.

Відділ термохімічних процесів і нанотехнологій (зав. відділом — академік НАН України Б.І.Бондаренко). Дослідження фізико-хімічних та технологічних засад процесів відновлення металів, у тому числі процесів безоксидної металургії. Вивчення особливостей парокисневої газифікації вугілля. Створення нових технологій виробництва та використання терморозширеного графіту, зокрема як основи сорбентів нафти та нафтопродуктів. Створення та дослідження нових технологій одержання наноматеріалів на вуглецевій та металооксидній основі, зокрема нанорідин теплофізичного призначення та термостійких ущільнень для ядерної енергетики.

Відділ технологій альтернативних палив (зав. відділом — доктор технічних наук К.Є.П'яних). Розвиток науково-технічних засад, створення технологій та обладнання по заміненню природного газу іншими енергоносіями у промислових печах та котельних установках комунальної та промислової енергетики. Дослідження макрокінетики та термодинамічної досконалості процесів газифікації та піролізу конденсованих палив: вугілля різного ступеню метаморфізму, біопалив, відходів. Розробка науково-методичних основ керування енергоефективністю теплових агрегатів та систем, створення на цій основі ефективних систем теплопостачання міст та населених пунктів. Розроблення енерго- та ресурсозберігаючих екологічно чистих технологій та устаткування для ефективного використання природного газу у промисловості.

Відділ газових технологій (зав. відділом — доктор технічних наук Г.В.Жук). Дослідження термодинамічних та кінетичних залежностей фазових перетворень складних газових сумішей включно з вуглеводневими сполуками, розробка програмних комплексів розрахунку термодинамічних властивостей вуглеводнів та їх сумішей. Створення наукових засад та розробка ресурсозберігаючих технологій та устаткування промислової підготовки, переробки, зрідження та транспорту природного газу, використання природного газу, біогазу, шахтного метану та нафтового газу як моторного палива для двигунів внутрішнього згоряння на транспорті та автономних енергетичних установках, утилізація біогазу різного походження, технології виробництва біометану з біогазу, утворення та дисоціації газових гідратів.

Відділ плазмових процесів і технологій (зав. відділом — член-кореспондент НАН України В.А.Жовтянський). Дослідження фізичних властивостей низькотемпературної плазми дугового та жевріючого газових розрядів. Розробка плазмових технологій конверсії вуглецевмісної сировини. Плазмові технології модифікації поверхні конструкційних матеріалів. Переробка твердих побутових відходів та виробництво альтернативних палив; знешкодження токсичних та небезпечних відходів. Моделювання процесів перенесення випромінювання та його впливу на термодинамічний стан плазми. Загальні питання енергозбереження та поводження з відходами.

Відділ високотемпературного тепломасообміну (зав. відділом — доктор технічних наук Б.С.Сорока). Розробки у галузі теорії, методів фізичного, математичного та комп'ютерного моделювання переносу маси, енергії та імпульсу у високотемпературних установках, у

тому числі в умовах хімічно регулюючого середовища та одночасного перебігу процесів горіння. Розробка методів розрахунку, створення та впровадження у промисловість нових енергоефективних конструкцій теплообмінних апаратів. Розробки у галузі сучасної теорії горіння, теплової теорії паливних печей та методів їх розрахунку та створення нових та удосконалення існуючих конструкцій для теплової обробки металевих та неметалевих матеріалів.

Відділ захисту атмосферного повітря від забруднення (зав. відділом — кандидат технічних наук А.В.Сміхула). Дослідження умов утворення токсичних речовин у процесах горіння палива. Розробка методів та технічних засобів малотоксичного спалювання палива в енергетиці, промисловості та у комунальному господарстві. Термічна та термокаталітична очистка газових викидів. Розробка та реконструкція котельного обладнання електростанцій та котельень з підвищенням їх теплотехнічних та екологічних показників, розробка систем спалювання біогазу. Нормативне та технологічне забезпечення екологічно обгрунтованого видалення небезпечних відходів.

Відділ термічних гетерогенних процесів (зав. відділом — кандидат технічних наук К.П.Костогриз). Дослідження тепломасообміну та гідродинаміки гетерогенних процесів у псевдозрідженому (киплячому) шарі; створення науково-технологічних засад розроблення технологій спалювання та переробки сипучих матеріалів у котельних установках, при виробництві неорганічних матеріалів для будівельної індустрії та інших галузей промисловості з використанням киплячого шару. Термічне та адсорбційно-каталітичне знешкодження промислових відходів у киплячому шарі. Розвиток наукових засад та розроблення ресурсозберігаючих технологій та устаткування на основі зануреного горіння.

Відділ проблем промислової тепло-техніки (зав. відділом — кандидат технічних наук В.С.Пікашов). Дослідження радіаційного, конвективного та складного теплообміну у теплових агрегатах різного призначення, зокрема у металургійних процесах, машинобудуванні та будіндустрії. Розробка високоефективних екологічно чистих технологій та газо-використовуючого обладнання нагріву матеріалів. Розроблення та впровадження систем використання вторинної теплоти на основі регенеративних паливкових пристроїв. Розробка систем децентралізованого теплопостачання автономних об'єктів.

Основні наукові здобутки науковців Інституту, отримані за останні п'ять років

Фундаментальні наукові засади створення новітніх технологій

Розроблено фундаментальні наукові засади термогазохімічної обробки матеріалів з метою одержання вуглецевих наноматеріалів. На цій основі були створені перші на теренах колишнього СРСР пілотні виробництва шаруватого графену та вуглецевих нанотрубок. Подальші дослідження дали можливість на основі нових матеріалів створити та запатентувати термохімота радіаційностійкі ущільнення для ядерних реакторів (замовлення підприємств НАЕК Енергоатом). Ущільнення використовуються для заміщення припиненого імпорту з Росії.

Вперше у світі розроблено наукові засади створення нових теплофізичних нанорідини композитного типу з використанням вуглецевих наноматеріалів, які забезпечують підвищення критичного теплового потоку при кипінні більше ніж у 3 рази. Такі нанорідини є критично необхідними для аварійного охолодження перегрітого обладнання в енергетиці, металургії, хімії та передусім для ядерних реакторів.

Багаторічні фундаментальні дослідження у поєднанні з ОКР дали можливість створити перші у світі водневі газошільні конвеєрні печі, на базі яких вдалося розробити технологію рециркуляції та повної регенерації водню та вперше у світі створити (в Індії, м. Хайдерабад) промислово-демонстраційне виробництво магніто-м'яких залізних порошків з повною рециркуляцією та регенерацією водню. Робота виконана на контрактній основі (5 млн дол.).

Проведені фундаментальні термодинамічні дослідження щодо можливостей одержання графіту ядерної чистоти. Для практичної перевірки одержаних результатів вперше у світі була створена унікальна дослідна установка пілотного масштабу з електротермічним киплячим шаром, на якій були досягнуті температури обробки лускоподібного графіту 3000 °С; доведено принципову можливість одержання надчистого графіту.

Розвиток наукових основ теплотехнологій заміщення природного газу альтернативними паливами

Вперше у світі створено термодинамічні засади взаємозаміщення палив довільного складу з використанням 2-го початку термодинаміки. На цій основі оцінюються можливості економії або перевитрат потрібної енергії при використанні вибраних палив, питомі витрати палива, питомі

викиди NO_x та CO_2 на одиницю корисно використаної теплоти. Теоретично та експериментально вивчено термодинамічні та термохімічні особливості гетерогенних процесів газифікації широкого спектру конденсованих палив. З використанням математичного комплексу «Терра» визначено оптимальні режими газифікації. Розраховано склад та основні паливно-енергетичні характеристики генераторного газу, що виробляється у процесі газифікації біопалива. На цій основі визначені можливості розширення ресурсної бази енергетики за рахунок покладів місцевих палив (лігніту) та відходів.

Вперше у світі встановлено принципи вибору технології газифікації вуглецевмісних палив залежно від рівня їх метаморфізму. Результати використані при створенні демонстраційних об'єктів «газогенератор – водогрійний котел» та «газогенератор – ковальська піч» на підприємствах України: заводі «Центроліт» (Суми), Машинобудівному заводі ім. Лепсе (Золотоноша).

Розроблено технологію газифікації біопалива з використанням процесу оберненої хвилі. Надано послуги швейцарській компанії «Паперова фабрика Вайдман» щодо заміщення 15 % природного газу на паровому котлі ДЕ-25. Проведено комплекс досліджень з газифікації вугілля та виконані роботи на підприємстві «Донбастеплоелектромонтаж» з впровадження процесу газифікації вугілля українських родовищ.

Вперше в Україні досліджено процес низькотемпературного окислювального піролізу біопалива з використанням повітряного дуття. Проведено експериментальні дослідження термічної обробки різноманітних відходів. Визначено склад та теплотворну спроможність газу піролізу залежно від параметрів процесу: температури й витрати повітря.

Розвиток сучасної прикладної теорії горіння

Вперше у світі з використанням методів рівноважної термодинаміки розрахований вплив кліматичних особливостей та атмосферної вологості на вихід NO_x у процесах горіння, пізніше доповнений систематичним вивченням детальної кінетики (до тисяч хімічних реакцій) утворення шкідливих речовин: NO_x , СО, вуглеводнів. Запропоновано методологію визначення основних характеристик газових палив довільного складу (понад 20), що забезпечує можливість суто розрахункового (без експериментальних вимірювань) визначення основних тепло- та вогнетехнічних характеристик палив за допомогою спеціальних комп'ютерних програм розрахунку. На

цій основі розвинено підходи до «Технічного регламенту на природний газ» (2017).

Здійснено сполучення детальних кінетичних механізмів горіння для визначення впливу неізотермічної рециркуляції продуктів згорання на утворення шкідливих викидів у процесі горіння, енергетичні та екологічні характеристики систем спалювання суміші. У розвиток прикладної теорії горіння в умовах використання природного газу та технологічних палив розроблені фізико-математичні моделі самозаймання полум'я.

Вперше у світі теоретично з застосуванням математичного та фізичного моделювання вивчено процеси горіння біопалива залежно від його фракційного складу та вологості. Результати досліджень використано при створенні та впровадженні систем опалення біопаливом потужних обертових печей випалу неорганічних матеріалів та металевих окатишів з метою заміщення природного газу. Сумарний обсяг заміщення природного газу на Ватутинському та Запорізькому комбінатах вогнетривів, заводах «АрселорМітал Кривий Ріг», Полтавському ГЗК та інших становить 70 млн m^3 /рік.

Відповідно до пріоритетного напрямку наукових досліджень з охорони довкілля з метою створення науково-технологічних засад захисту атмосферного повітря від забруднень, термічного знешкодження твердих побутових відходів та особливо небезпечних речовин та відходів досягнуті наведені далі фундаментальні та прикладні результати.

Розвиток теорії спалювання палива в котельних агрегатах

Розвинуто теорію горіння газових палив у напрямку вивчення макрокінетики утворення оксидів азоту при спалюванні забаластованих газових сумішей. Досліджено газодинаміку процесу горіння струменя природного газу, забаластованого діоксидом вуглецю. Вперше досліджено вплив баласту CO_2 на вихід NO_x при горінні.

Встановлено, що при додаванні CO_2 у природний газ зменшується довжина дифузійного факела, що пояснюється збільшенням кількості руху струменя палива, при цьому теоретично необхідна кількість кисню для хімічної реакції палива при додаванні діоксиду вуглецю залишається незмінною.

Експериментально показано, що попереднє змішування баластних газів (CO_2 або N_2) з природним газом дає можливість зменшити утворення оксидів азоту при спалюванні утвореної суміші. Показано, що посилення дії газів рециркуляції при введенні газів у паливо від-

бувається також за рахунок хімічного впливу домішки CO₂ на горіння метану.

Нерівноважна плазма

Вперше на основі ретельного кінетичного аналізу нерівноважних процесів визначено екологічні обмеження на використання плазмово-повітряних технологій, пов'язані з утворенням оксидів азоту.

Вивчено теплофізичні властивості й одержано значення транспортних коефіцієнтів плазмової суміші, виявлено нерегулярність вольт-амперних характеристик електричних дуг та їх нерівноважні властивості. Отримані результати мають важливе значення для оптимізації технологічних процесів на основі використання електричних дуг.

Розроблено метод термодинамічного аналізу процесів газифікації вуглецевмісної сировини з використанням плазмових технологій, на основі якого здійснено оптимізацію процесів переробки небезпечних відходів з використанням парової плазми та її порівняння з плазмово-повітряними технологіями.

Зрідження природного газу

Розроблено термодинамічне обґрунтування та технологічні схеми регазифікації зрідженого природного газу з виробленням електроенергії на LNG-терміналі на основі циклу Ренкіна. Реалізація розробки на LNG-терміналі продуктивністю 10 млрд м³ природного газу на рік дасть можливість повністю забезпечувати власні потреби терміналу та поставляти зовнішньому споживачеві 700 ГВт·год/рік корисної електроенергії без додаткових витрат палива.

Проведено термодинамічний аналіз зрідження природного газу в дросельному циклі середнього тиску з етановим холодильним циклом. Отримано оптимальні параметри холодильного циклу та установки загалом з точки зору мінімізації зведених енергетичних витрат. Установка може надходити до комплексу підготовки природного газу на окремих родовищах та локальних газових мережах.

Розроблено наукове обґрунтування використання перепаду тиску на газорозподільних станціях для виробництва зрідженого природного газу та подальшого використання його як універсального палива. Розроблено та розраховано принципові схеми зрідження природного газу на газорозподільних станціях.

Газогідрати

Вперше в Україні створено установку для дослідження утворення газових гідратів метану, а також їх візуальної та оптичної фіксації. Одер-

жані штучні гідрати діоксиду вуглецю, метану та інших компонентів природного газу, а також попередні результати теплофізичних параметрів їх утворення та дисоціації. Вивчена можливість транспортування природного газу від малодебитних свердловин до споживача у вигляді газогідратів. Досліджено вплив мікро- та нанопорошків оксидів металів як центрів гетерогенної кристалізації на параметри процесу утворення гідратів метану. Встановлено, що використання порошків оксиду танталу уможливило підвищення температури гідратоутворення, що зменшить енерговитрати технологій перевезення та зберігання природного газу у вигляді гідратів.

Вперше в Україні проведено лабораторні дослідження кінетичного інгібітора гідратоутворення, визначено термодинамічні параметри утворення гідратів. Інгібітор INHIBEX 501 може бути використаний у газовидобувній та газотранспортній галузях України для заміщення імпортованого токсичного метанолу.

Проведені дослідження з утворення газогідратів. Підтверджено вибіркоче гідратоутворення складових природного газу та вплив модифікаторів на параметри гідратоутворення. Показано, що оксид танталу можна використовувати як термодинамічний промотор процесу гідратоутворення природного газу, а оксид бору як інгібітор.

Розробка новітніх технологій гетерогенних термічних процесів

Створено технологію виробництва порожнистих мікрокульок та вперше в Україні введено у дослідно-промислову експлуатацію лінію з виробництва порожньотілих мікрокульок з перліту потужністю 0,5 м³/год у м. Миронівка Київської обл. на виробництві ТОВ «Євросвіт».

Виконано дослідження процесу термохімічного перетворення дрібнодисперсного вапняку у псевдозрідженому шарі інертного матеріалу для отримання високореакційного хімічного сорбенту для очищення промислових викидів оксидів сірки.

Проведено дослідження з отримання високореакційного сорбенту декарбонізацією вапна та крейди у псевдозрідженому шарі інертного матеріалу для вловлювання сірки з викидів промислових підприємств напісухим способом. Проведено моделювання енергетичних витрат на отримання сорбенту.

Розроблено вдосконалену методику числового моделювання процесу плавлення кускової шихти у барботажному розплаві високотемпературної печі із зануреним горінням суміші природного газу та повітря. Завершено виготовлення плавильної барботажної установки потуж-

ністю 5 т/год розплаву за розробленою в Інституті документацією на виробництві замовника Saint – Gobain – Isover (Франція).

Муніципальна енергетика

Запропоновано нове вирішення науково-прикладної проблеми підвищення енергетичної ефективності систем централізованого теплопостачання завдяки удосконаленню показників їх поточного стану, обґрунтуванню заміщення традиційних газових котлів більш енергоефективними тепловими джерелами, застосуванню комплексної паралельної модернізації теплових джерел, теплових мереж та підключених до них теплових споживачів. На цій основі розроблено енергоефективні схеми централізованого теплопостачання міст Кривий Ріг, Кропивницький, Світловодськ, Бурштин, Луганськ, Алчевськ.

Створення енергоефективного обладнання

Вперше в Україні виконано чисельний аналіз та оптимізовані конструкції високотемпературних рекуператорів. Визначені локальні та інтегральні на секцію характеристики теплообмінних апаратів. Запропонована конструкція радіаційного рекуператора та розроблена методика розрахунку з урахуванням показників вогневих випробувань.

Створено мобільну пересувну установку діагностики газових свердловин на полігоні побутових відходів. Проведено обстеження 9-ти потужних полігонів твердих побутових відходів.

Розроблено проект утилізації звалищного газу полігону твердих побутових відходів у м. Кам'янець-Подільський (Хмельницька обл.), який дасть можливість зменшити викиди шкідливих речовин у повітря та виробляти близько 600 кВт електроенергії. Проектом передбачено створення виробництва біометану з біогазу за методом амінової абсорбції, системи пожежної безпеки на основі вуглекислоти та тепличного господарства на основі тепла когенерації.

Досліджено вплив конструктивних факторів подових щільних пальникових пристроїв на утворення оксидів азоту при спалюванні природного газу. Впроваджено нові технічні рішення (ПАТ «Київенерго», КП «Житомир-теплокомуненерго» та ін.) щодо підвищення техніко-економічних та екологічних показників котлоагрегатів та зменшення викидів оксидів азоту при спалюванні природного газу.

Розроблено вимоги до біогазу та біометану як палива для двигунів внутрішнього згоряння (ДВЗ). Розроблено оригінальну паливну систему поршневого ДВЗ на біогазі та біометані. Ви-

пробувано обладнання та систему регулювання ДВЗ у лабораторних та промислових умовах.

За останні роки розроблено Інститутом технології та обладнання, що впроваджені на промислових об'єктах, з них 37 на Україні та 11 за її межами. До числа таких, що мають значний енергозберігаючий ефект, належать такі:

– за розробленими Інститутом газу та науково-виробничою фірмою «ІнГаз» проектами створено та введено в експлуатацію 6 комплексів збору та переробки звалищного газу на електроенергію у містах Житомир, Миколаїв, Бровари, Бориспіль, Обухів. За 2,5 роки функціонування комплексів отримано в еквіваленті 17 млн м³ природного газу та вироблено 66 ГВт·год електроенергії. Досягнуто фактичне скорочення викидів парникових газів більше 100 тис. т у еквіваленті вуглекислоти;

– здійснено реконструкцію оборотної печі ВАТ «Великоанадольський вогнетривний комбінат» (2012 р.) за допомогою модернізації системи опалення та використання пальників конструкції Інституту газу НАН України, отримано підтверджену економію палива, природного газу, в обсязі 15 %. Місячна економія газу на оборотній печі випалу глини на шамот становила 324 тис. м³;

– за рахунок виконання комплексу робіт по модернізації котлів типу ТВГ та КВГМ з підвищенням ККД до 94,5–96 %, завдяки збільшенню терміну експлуатації та покращанню екологічних показників досягнуто економію природного газу в обсязі 2 млн м³;

– на ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат» (м. Дніпродзержинськ) впроваджено 2 горизонтальні стени розігріву 250-тонних ковшів для вилуви сталі. Вперше у вітчизняній практиці стени були оснащені системою рекуперативної скідних газів, що забезпечило збільшення швидкості розігріву, а також зменшення витрати природного газу на 10–12 %;

– у рамках виконання прикладних проєктів УНТЦ розроблено, виготовлено, налагоджено та передано у 2014 р. Аргонській національній лабораторії (США) дослідно-промислові реактори для одержання терморозширеного графіту та активації вугільної сировини у киплячому шарі;

– за розробленими в Інституті технологією та обладнанням у 2013 р. в Індії (м. Хайдерабад) введено в дію демонстраційне виробництво магніто-м'якого залізного порошку;

– розроблено та впроваджено у 2013–2015 рр. систему опалення великої оборотної печі для випалу вапняку на вапно для металургійного комбінату «Азовсталь» (м. Маріуполь) з номі-

нальними витратами газу 3000 м³/год. В результаті впровадження розробки економія природного газу становила 1,1 млн м³/рік. Інститут виграв тендер на встановлення системи опалення у австрійської фірми Iunitern Semcon;

– на Полтавському (м. Горішні Плавні, Полтавська обл.) побудовано комплекс для заміщення природного газу в обертових печах обпалювання окатишів. Заміщення становить 20–50 % у залежності від типу продукції. Паливо – лузга соняшнику. Обсяг заміщеного природного газу становить 12,6 млн м³;

– на Любомирському вапняно-силікатному комбінаті (с. Нова Любомирка, Рівненська обл.) побудовано комплекс для заміщення природного газу тирсою в обертових печах обпалювання вапна. Заміщення становить 60–90 %. Обсяг заміщеного природного газу становить 3 млн м³.

Дослідницькі роботи в Інституті в значній мірі забезпечуються наявністю в його складі Центру колективного користування приладами «Газова та газорідина хроматографія», робота якого базується на використанні централізовано закупленого газового хроматографа «Agilent 6890N» (виробник – фірма Agilent Technologies, США) з електронним управлінням потоками газів, який дає можливість аналізувати складні газові суміші.

Значний обсяг досліджень виконано завдяки створенню (незважаючи на певні фінансові труднощі) близько 20 унікальних дослідних установок та лабораторних установок: дослідна установка електротермічного киплячого шару для отримання суперчистого графіту; пілотний комплекс для отримання вуглецевих наноматеріалів; комп'ютеризована установка для дослідження теплових потоків у нанорідинах; експериментальний стенд діючого зразка печі-інсинератора для утилізації відходів лікарняних закладів та інших небезпечних відходів 4-го класу небезпечності; лабораторний стенд для дослідження сумісного спалювання біогазу та природного газу з вивченням аеродинамічних параметрів процесу; експериментальний стенд для дослідження низькотемпературної обробки (тарифікації) біомаси; установка для капсулювання частинок кварцу у піровуглець з можливістю використання пірокапсульованого напівпродукту для одержання сонячного кремнію безхлорним методом; експериментальний стенд з дослідження тепловиділення у газопоршневих двигунах; установка з дослідження пристінкової плазми в електричній дузі; дослідний радіаційний двоходовий рекуператор RRD кошикового типу, що відрізняється сполученням прямо- та протитокового вузлів та сут-

тєво збільшеною поверхнею теплообміну; експериментальний зразок обладнання для модифікації поверхні металевих виробів у плазмі об'ємного дугового розряду низького тиску та ін.

Інститут зареєстровано на організаційному сайті «Cordis» програми «ГОРИЗОНТ 20–20». У рамках цієї програми Інститутом представлено 12 проектів з розділу «Новітні ідеї для радикально нових технологій».

Стратегія Інституту щодо інтернаціоналізації його розробок спрямована на встановлення наукових контактів з міжнародними науковими організаціями з подібними сферами діяльності для виконання спільних наукових проектів, обміну науковою інформацією, участі в міжнародних наукових заходах. Співпраця із зарубіжними науковими організаціями є однією з форм наукової діяльності Інституту. Прикладами такої співпраці є підтримка творчих зв'язків з колегами з Інституту газової технології (GTI, Чикаго, США), Gas and Wärme Institut (GWI, Essen, Німеччина), TUKI (Miskolc, Угорщина), LEI – Литовським енергетичним Інститутом, Харбінським технологічним інститутом та іншими науковими організаціями.

Відповідно до Меморандуму між Міністерством науки і технологій Індії та НАН України Інститут виконує завдання Індо-Української програми співробітництва в області науки та технологій. Директор Інституту газу є головою Координаційного центру з питань індо-українського науково-технічного співробітництва. Діяльність центру спрямовано на демонстрацію досягнень та впровадження розробок країн СНД у індійську промисловість у галузі матеріалознавства, зокрема порошкової металургії, ливарного виробництва, зварювання, виробництва композитів, покриття, металокераміки тощо.

Впродовж 2012–2014 рр. Інститутом виконувалися спільні проекти з науковими установами Польщі та Литви. Українсько-литовський проект «Удосконалення та дослідження пароводяних плазмових генераторів, що застосовуються для конверсії палив та переробки відходів» став одним з переможців конкурсу Державного агентства з питань науки, інновацій, інформатизації України за пріоритетним напрямком «Енергетика та енергоефективність». Проект підготовлено Інститутом газу НАН України та Литовським енергетичним інститутом (м. Каунас). Виконувався договір про співдружність з Інститутом нафти і газу (Краків, Польща).

У галузі теплоенергетики укладено на рівні протоколу наміру програми спільних робіт з Інститутом санітарної техніки й охорони навколишнього середовища (м. Саарбрюкен, Німеч-

чина) по сумісному спалюванню біогазу та природного газу в потужних пальникових обладнаннях котлів та з Петербурзьким Енергетичним інститутом підвищення кваліфікації (м. Санкт-Петербург) з модернізації котлів КВГ та ТВГ.

Інститут є учасником виконання міжнародного проекту «Воднева енергетика», направлено на виробництво синтез-газу парокисневою газифікацією бурого вугілля Олександрійського родовища (Кіровоградська обл.). Інститут входить до складу Координаційної науково-технічної ради з виконання проекту, академік Б.І.Бондаренко є головою Ради.

У 2014 р. укладено угоду строком на п'ять років про наукову співпрацю між Дослідним центром графітових матеріалів Харбінського технологічного інституту (КНР) та Інститутом газу НАН України.

Співробітники Інституту брали участь у роботі міжнародних наукових організацій. Учений секретар Інституту Б.К.Ільєнко впродовж 2012–2014 рр. брав участь у роботі Науково-технологічного центру Організації Об'єднаних Націй з індустріального розвитку (ICS UNIDO, Трієст, Італія), де виступав з доповідями про стан розвитку технологій з використання біомаси в Україні та про результати розробок Інституту в цій галузі.

Спільно з експертами з Організації індустріального розвитку ООН (UNIDO) розроблено проектну пропозицію «Екологічно чисте управління та остаточне видалення поліхлорованих дифенілів». Глобальним екологічним фондом ухвалено фінансування цього проекту.

Інститут брав участь у виконанні Спільного європейського проекту «EUREKA» за темою «Розробка теплоутилізаційного і пальникового обладнання для оптимального заміщення природного газу низькокалорійними газами у високотемпературних агрегатах». Інститут був головною організацією з виконання проекту, керівник проекту — головний науковий співробітник інституту Б.С.Сорока.

Провідний науковий співробітник В.В.Четвериков є національним координатором розробки проектного документа проекту Глобального екологічного фонду (ГЕФ) Організації індустріального розвитку ООН (UNIDO) «Екологічно чисте управління та остаточне видалення поліхлорованих дифенілів», а також національним експертом проектів ЄС «Управління якістю повітря — Європейський інструмент співробітництва та партнерства (ЄІСП) — Східний регіон» та «Управління відходами — Європейський інструмент співробітництва та партнерства (ЄІСП) — Східний регіон».

В останні роки здійснюється активний обмін науковими делегаціями з Китайською Народною Республікою. Інституту відвідали 4 делегації китайських науково-дослідних інститутів, науковці Інституту газу НАН України за запрошенням китайської сторони брали участь у 5 міжнародних конференціях та ділових зустрічах з китайськими підприємцями.

Інститут зареєстровано на організаційному сайті Cordis програми «ГОРИЗОНТ 20–20». У рамках цієї програми Інститутом представлено 12 проектів із розділу «Новітні ідеї для радикально нових технологій».

У квітні 2018 р. Експертною комісією, сформованою рішенням Постійної комісії з оцінювання ефективності діяльності установ НАН України (ПК НАНУ), було проведено оцінювання діяльності Інституту за період 2013–2017 рр. Комісія зробила висновок, що Інститут газу НАН України займає провідні позиції за науковими напрямками його діяльності, має вагомий науковий та практичний результати, визнані на національному та міжнародному рівні, має високий науковий потенціал та ефективно його використовує, інтегрована у світовий науковий простір та європейський дослідницький простір.

Інститут віднесено до категорії А — організацій фундаментального, науково-технічного, проектно-впроваджувального спрямування, що можуть визначати та впливати на державну науково-технічну політику відповідно до Методичних рекомендацій для проведення атестації науково-дослідних установ, затверджених Державним комітетом України з питань науки, техніки та промислової політики. Вказаний висновок Експертної комісії затверджений рішенням ПК НАНУ від 25 червня 2018 р.

Стратегічне планування роботи Інституту в наступні роки перш за все передбачає подальший розвиток напрямків наукових досліджень з урахуванням пріоритетів, які визначені «Енергетичною стратегією України на період до 2035 року» та світовими тенденціями розвитку енергетики. Реалізація вказаних стратегічних планів діяльності Інституту базуватиметься на подальшому проведенні цілеспрямованих фундаментальних досліджень та виконання на основі отриманих результатів прикладних досліджень та розробок з подальшим їх впровадженням у промислову практику. Необхідними умовами реалізації цих планів є зміцнення експериментальної бази Інституту, покращання фінансових умов його діяльності, залучення здібної наукової молоді до участі у виконанні розробок Інституту.