

# ІНСТИТУТ ТЕХНІЧНОЇ ТЕПЛОФІЗИКИ У ВИРІШЕННІ ВАГОМИХ ЗАВДАНЬ НАРОДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Снєжкін Ю.Ф., академік НАН України, директор, Сергієнко Р.В., канд. техн. наук, учений секретар

*Інститут технічної теплофізики НАН України, вул. Марії Канніст, 2а, Київ, 03057, Україна*

У статті представлено результати науково-організаційної діяльності Інституту технічної теплофізики НАН України протягом 2015-2019 років. Проведено аналіз публікацій, впроваджень і досягнень, окреслено перспективи подальшої діяльності.

В статті представлені результати науково-організаційної діяльності Інституту технічної теплофізики НАН України за 2015-2019 гг. Проведен аналіз публікацій и достижений, очерчены перспективы деятельности.

The article presents the results of scientific and organizational activity of the Institute of Engineering Thermophysics of the NAS of Ukraine during 2015-2019. The analysis of publications, implementations and achievements is made, prospects for further activity are outlined.

Головним завданням Інституту технічної теплофізики НАН України є здійснення фундаментальних і прикладних досліджень в галузі теплоенергетики та теплотехнологій з метою одержання нових знань, сприяння інноваційному розвитку, соціально-економічному і духовному розвитку суспільства.

Протягом 2015-2019 рр. Інститут здійснював дослідження з чотирьох основних наукових напрямів, які відповідають пріоритетним напрямам розвитку науки і техніки, що визначені Законом України "Про пріоритетні напрями розвитку науки і техніки":

1. Теплофізичні дослідження у теплоенергетичному устаткуванні при використанні традиційних, відновлюваних та альтернативних джерел енергії та розроблення методів підвищення його ефективності, надійності та екологічної безпеки;

2. Теорія тепломасообміну та її застосування для підвищення ефективності процесів передачі та використання теплоти в машинах і апаратах нової техніки;

3. Теорія переносу теплоти та речовини для підвищення енергоефективності діючих та розроблення принципово нових ресурсозберігаючих теплотехнологій;

4. Теорія вимірювання теплових величин та створення нових теплофізичних приладів і систем моніторингу стану технічних об'єктів та технологій.

В рамках Програми наукових досліджень Відділення фізико-технічних проблем енергетики НАН України Інститут є провідною науковою установою, яка займається загальними проблемами підвищення ефективності, надійності та екологічної безпеки теплоенергетичного устаткування на основі фундаментальних теплофізичних досліджень процесів у даному устаткуванні, проблемами створення нових енергоощадних і ресурсозберігаючих теплотехнологій, розробленням проблем вимірювання теплових величин та створен-

ня теплофізичних приладів і систем моніторингу стану технічних об'єктів та технологій. Наукові і прикладні розробки, що здійснюються в Інституті, направлені на сприяння вирішення національних стратегічних питань розвитку країни.

Враховуючи специфіку наукових напрямків діяльності Інституту, у звітному періоді була здійснена реалізація проектів, направлених переважно на модернізацію об'єктів теплоенергетики.

Зокрема, на завдання Міністерства регіонального розвитку будівництва і житлово-комунального господарства України розроблено проект державної програми модернізації систем тепlopостачання на 2014-2015 рр., яка базується на 25-ти діючих регіональних програмах модернізації комунальної теплоенергетики і передбачає майже 50 % скорочення споживання природного газу для потреб тепло забезпечення. Програму затверджено Кабінетом Міністрів України, Постанова КМУ № 948 від 17 жовтня 2013 року.

Інститутом було розроблено регіональні програми модернізації комунальної теплоенергетики Дніпропетровської, Харківської, Донецької, Запорізької, Житомирської областей та ін. Так, в рамках виконання регіональних програм комплексної модернізації комунальної теплоенергетики:

- розроблено принципово нову конструкцію котельного агрегату КВМУ-1,25 Гн, який впроваджено в м. Харкові. У порівнянні з закордонними та вітчизняними аналогами котел має кращі показники: коефіцієнт корисної дії – 98 %, зниження викидів шкідливих газів до 50 % і є дешевшим на 30...50 %. Термін окупності: 1-2 опалювальних сезони. Котел атестовано та рекомендовано до серійного впровадження;

- вперше в Україні було впроваджено теплонасону станцію гарячого водопостачання в м. Краматорськ, Донецької обл. теплопродуктивністю 1,4 МВт. Облад-

нання виведено на проектну теплопродуктивність і забезпечує всі вимоги споживача та дає змогу заощаджувати щорічно 1,5 млн. м<sup>3</sup> газу;

- на основі оптимізації теплових режимів та алгоритмів керування, які забезпечуються оригінальним електронним регулятором, розроблено індивідуальний тепловий пункт. Економія енерговитрат (до 25 %) досягається за рахунок регулювання температури теплоносія залежно від зовнішньої температури, часу доби, дня тижня, зниження температури повітря в приміщенні в період відсутності людей;

- розроблено метод визначення вмісту залишкового кисню в продуктах згорання газових котлів до 3,5 МВт з використанням оригінального стаціонарного зондового альфа-індикатора, призначеного для безупинного автоматичного контролю залишку кисню в димових газах.

Здійснено низку інших енергоефективних розробок.

Інститут та Комунальне підприємство «Київтеплоенерго» уклали Договір про співпрацю № 441 від 30 травня 2018 року. Згідно цього договору ІТТФ НАН України визначено головною спеціалізованою профільною науковою організацією та науково-супроводжуючої установи з питань відбору та впровадження нової техніки та технологій, а також діє договір від 23.09.2016 між Інститутом та Рівненською ОДА про спільну діяльність у сфері енергетики та енергоефективності.

В рамках проекту USAID «Муніципальна енергетична реформа в Україні» в 2017 р. успішно виконані роботи з оцінки потенціалу сонячної електроенергетики Одеської області.

За період 2015-2019 рр. Інститут технічної теплофізики НАН України виконав на замовлення підприємств і організацій м. Києва 123 господарчих договорів (2015 р. – 28, 2016 р. – 29, 2017 р. – 24, 2018 р. – 18, 2019 – 24).

Оцінюючи сильні та слабкі сторони діяльності Інституту, слід відзначити те, що Інститут має висококваліфіковані наукові кадри, які здатні на високому рівні виконувати дослідження і розробки зі створення енергозберігаючих технологій у теплоенергетиці, промисловості та в інших галузях народного господарства. Серед них: 3 академіки НАН України, 6 член-кореспондентів НАН України, 28 докторів та 98 кандидатів технічних наук.

Так, за 2015-2019 рр.: Указом Президента України почесне звання «Заслужений діяч науки і техніки України» присвоєно Халатову Артему Артемовичу – академіку НАН України, доктору технічних наук, професору. Снежкін Юрій Федорович обраний академіком НАН України за спеціальністю «промислова тепло-

енергетика, тепломасообмін». Троє науковців Інституту отримали Премію Проскури; понад 80 наукових співробітників були відзначені подяками і відзнаками НАН України, НАПН та МОН України. Молоді науковці Інституту неодноразово ставали лауреатами Премії Президента України, отримували гранти Президента і Верховної ради України, а кращі молоді вчені отримують стипендії Президента і НАН України для молодих учених.

Необхідно відмітити високу публікаційну діяльність науковців Інституту. За останні 5 років опубліковано 1072 статті у фахових вітчизняних та закордонних журналах, що індексуються міжнародними базами даних, 1084 тез міжнародних конференцій (в т.ч. за кордоном), видано 51 монографію. Так, у 2019 р. кількість публікацій на одного наукового співробітника Інституту (статті і тези) склала 3,18, що значно перевищує аналогічний показник по НАН України, а кількість статей у провідних базах даних (Scopus, Web of Science) у розрахунку на 1 науковця склала 0,68.

Сильною стороною Інституту технічної теплофізики НАН України є винахідницька робота, створення, охорона та використання об'єктів права інтелектуальної власності. За 5 років отримано 127 патентів, з яких 89 на винаходи, а 38 на корисну модель. З 2014 р. співробітники Інституту щорічно отримують звання «Винахідник року НАН України», а сам Інститут займає 1-е місце з винахідницької роботи у відділенні ФТПЕ. У 2018 р. Інститут зайняв 1-е місце з винахідницької роботи серед установ НАН України.

Не зважаючи на складності теперішнього часу, в Інституті збереглися провідні наукові школи, створюються і функціонують 108 унікальних дослідних установок, виконано понад 200 важливих досліджень фундаментального та прикладного характеру, здійснюється впровадження в промисловість розроблених технологій та обладнання.

*Вперше в світі* розроблено технологію та обґрунтовано режими комплексної переробки торфу на паливо з екстракцією гумінових речовин з фрезерного торфу та польовим сушінням твердого залишку, за якою собівартість екстракту в 4,5 рази менша за собівартість виробництва на окремому підприємстві при незмінній собівартості паливних брикетів (акад. НАНУ Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О., Корінчук Д.М. Патент № 117651).

*Вперше в світі* здійснено теплофізичне обґрунтування та впроваджено в енергетичну практику технологію спалювання газоподібного палива в паливних пристроях з ешелонуваним розташуванням

стабілізаторів полум'я. Встановлено, що застосування даної технології дозволяє забезпечувати формування необхідних температурних полів в зоні горіння, усувати спонтанне порушення симетрії течії у пальниках та зменшувати втрати тиску в них (чл.-кор. НАНУ Фіалко Н.М., Прокопов В.Г., Шеренковський Ю.В., Полозенко Н.П.).

*Вперше в світі* на основі аналізу негаусових процесів та опрацювання негаусівських шумових сигналів, що виникають при роботі теплоенергетичного обладнання, розроблені статистичні методи оцінювання кумулянтів шумових сигналів та законів їх розподілів із застосуванням ортогональних поліномів і сумішей розподілів ймовірностей. На підставі цього розроблено інформаційне забезпечення статистичного опрацювання діагностичних шумових сигналів, які реалізують запропоновані методи, що дозволило підвищити чутливість систем діагностування теплоенергетичного обладнання та достовірність контролю його стану (чл.-кор. НАНУ Бабак В.П., Красильников О.І. Патент України на винахід № 112139).

*Вперше в світі* розроблено, побудовано та доведено до працездатного стану пілотну експериментальну піролізну установку шнекового типу, в якій на відміну від інших здійснюється процес швидкого абляційного піролізу. Визначено режимні параметри, за яких можливо отримати максимальний вихід рідкого піропалива, що склав 51% від маси вхідної сировини. Обґрунтовано необхідні температурні умови та інтенсивність нагріву біомаси, досліджено фізико-хімічні властивості рідкого піропалива та побічних продуктів (пірогазу, вуглистого залишку). Розроблено рекомендації по впровадженню технології в Україні (чл.-кор. НАНУ Клименко В.М., Гелетуха Г.Г., Зубенко В.І. Патент на винахід 116598).

*Вперше в світі* досліджено охолоджуючі властивості мезо- та нанорідин, що отримані методом дискретно-імпульсного введення енергії (ДІВЕ) на основі рослинних олій. Виявлено, що прояв різних теплофізичних властивостей залежить не тільки від складу рослинних олій, але і від природи, розміру дисперсних включень та від методів отримання охолоджуючих середовищ. Обробка методом ДІВЕ дозволила підняти охолоджуючу здатність рідин в 1,1...2,9 рази в діапазоні високих температур (600...850 °С) (акад. НАНУ Долінський А.А., чл.-кор. НАНУ Авраменко А.О., Грабов Л.М., Москаленко А.А.).

*Вперше в світі* на основі розроблених функціональних порошків створені сухі пайки швидкого приготування для гарячого харчування, що відповідають кращим світовим стандартам, для забезпечення Зброй-

них сил України. Пайки, попередньо підготовлені (з дотриманням всіх смакових якостей) порошкоподібні компактні суміші з довготривалим терміном зберігання, з антиоксидантними, фолатовмісними, фітоестрогенними та пребіотичними властивостями, в яких збережені функціональні інгредієнти на 93...95 %. Апробація пайків у військових умовах АТО у частинах 72-ї механізованої та 95-ї аеромобільних бригад підтвердила їх високу якість і необхідність (акад. НАНУ Снежкін Ю.Ф., Петрова Ж.О. ТУ У 10.8-39289268-001:2014).

*Вперше в світі* розроблено фізичні та математичні моделі прогнозування термогазодинамічного стану наземних об'єктів сумісно з розповсюдженням радіаційного забруднення у повітряному просторі (аерозолів та пилу) в нормальних та екстремальних умовах експлуатації (на прикладі Об'єкту «Укриття» ЧАЕС). Модель пройшла верифікацію шляхом порівняння з іншими моделями і програмами та валідацію за даними експериментальної інформації в періоди 1998, 2009 та 2014 р.р. (д.т.н. Круковський П.Г., Метель М.А., Полубінський А.С., Перепелиця М.А., Хуторний В.М.).

Методом диференціальної скануючої калориметрії досліджено стан води в рослинній сировині в процесі сушіння та зберігання. Встановлено, що рівень вмісту зв'язаної води в цукровмісній рослинній сировині залежить від вмісту та гідратації вуглеводів, серед яких цукри займають провідну роль. *Вперше в світі* показано, що під час зневоднення чи довгострокового зберігання рослинної сировини питомий вміст зв'язаної води зменшується разом зі зменшенням вмісту вільної води (акад. НАНУ Снежкін Ю.Ф., Михайлик В.А.).

*Вперше в світі* розроблено загальні положення теплофізики створення низькотеплопровідних модифікацій полімерних нанокомпозитів, орієнтованих на виготовлення трубопроводів різних систем, захисних теплоізоляційних шарів тощо. На основі розробленої методології одержано дані щодо умов раціонального застосування цієї модифікації композитів в енергетичній практиці (чл.-кор. НАНУ Фіалко Н.М., Дінжос Р.В., Шевчук С.І.).

*Вперше у світі* розроблено теорію гідродинамічної нестійкості в пористих каналах, мікроканалах і в потоках нанорідини на основі методів збурень і ренормалізаційної групи, яка дозволяє визначати критерії нестійкості для різних видів потоків. Розроблено нову двовимірну модель термокапілярної нестійкості тонкої плівки, досліджено нестійкість потоку рідини з проковзуванням в мікроканалах різної геометрії (чл.-кор. НАНУ Авраменко А.О., Дмитренко Н.П., Ковецька Ю.Ю.).

*Вперше в Україні* створено унікальний полігон ґрунтово-водоводяних теплообмінників (ТО) у спеціальному виконанні: ґрунтовий горизонтальний ТО неглибокого залягання оптимальної конструкції; ґрунтовий свердловинний сезонний високопотенційний акумулятор теплоти; ТО водозабірної свердловини; спіральний водо-водяний ТО водозабірною колодязя; ТО в бетононаливній palі будівельних фундаментів, теплообмінник типу «труба в стакані» (чл.-кор. НАНУ Басок Б.І., Накорчевський А.І.).

*Вперше в Україні* збудовано експериментальний стенд у вигляді «пасивного» будинку, що задовільняє вимогам енергетичного законодавства ЄС по енергоефективності, будинок доведено до рівня «нуль-енергії». Це повномасштабний (чотири з половиною поверхи) промисловий стенд з дослідження енергоефективності: теплоізолюючих будівельних матеріалів; енергоефективних фасадних будівельних конструкцій з них; інноваційних інженерних систем енергозабезпечення (чл.-кор. НАНУ Б.І. Басок, Накорчевський А.І., Давиденко Б.В., Гончарук С.М., Беляєва Т.Г., Недбайло О.М., Ткаченко М.В., Лисенко О.М., Горячев О.А., Коваленко М.П., Андрейчук С.В., Божко І.К.).

*Вперше в світі* розроблено теоретичні основи та створено пілотний зразок надефективного двоступеневого теплового насоса з коефіцієнтом ефективності на рівні 9...12, що у 2...2,5 рази перевищує показники усіх сучасних теплових насосів. Тепловий насос не використовує компресора і фреонових робочих тіл. Створено та випробувано пілотний зразок теплового насоса, що підтвердив високу ефективність двоступеневої схеми. Результати досліджень представляють великий інтерес для створення високоекономічних систем локального теплопостачання (акад. НАНУ Халатов А.А., асп. Ступак О.С. Патент України № 111096).

*Вперше в світі* виконано цикл фундаментальних досліджень в області перспективних схем охолодження лопаток газових турбін для енергетики, газоперерацювальних станцій, авіації та військово-морського флоту. Матеріали передано для використання в ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря-Машпроект» (м. Миколаїв) та ДП «Івченко-Прогрес» (м. Запоріжжя) (акад. НАНУ Халатов А.А., Борисов І.І., Дашевський Ю.Я., Резник С.Б. Патент України на винахід № 113452).

*Вперше в світі* розроблено теплофізичні основи нової теплоутилізаційної технології з комплексним використанням утилізованої теплоти для котлів малої та середньої потужності підвищеної екологічної ефективності з введенням вологи в зону горіння, впро-

вадження якої забезпечує зростання коефіцієнта використання теплоти палива на 8...12% та зниження викидів  $\text{NO}_x$  на 30...50% (чл.-кор. НАНУ Фіалко Н.М., Пресіч Г.О., Гнедаш Г.О., Навродська Р.О., Степанова А.І. Патент на винахід №117992 від 25.10.2018).

*Вперше в світі* для умов України розроблено комплексну методіку експериментальних досліджень звалищ та полігонів ТПВ, що дозволяє отримати репрезентативні дані для моделювання на їх основі утворення біогазу в тілі полігону. З використанням результатів польових досліджень, проведених за розробленою методикою, удосконалено теплофізичну модель процесів утворення, фільтрації та збору біогазу шляхом врахування вторинного просідання відходів. На основі вимірювання експлуатаційних параметрів газозбірних свердловин та порівняння їх з результатами моделювання на основі удосконаленої моделі визначено оптимальний режим роботи газозбірних свердловин, при якому досягається максимальна витрата зібраного біогазу та найбільше скорочення емісії парникових газів. (к.т.н. Матвеев Ю.Б., Куций Д.В.).

*Вперше в світі* на базі стандартних пиловловлювачів циклонного типу розроблені відцентрові фільтри, які є проміжним класом апаратів пиловловлювання між циклоном та рукавним фільтром. Ефективність пиловловлювання таких апаратів може сягати 98...99 %, що дозволяє зменшити концентрацію пилу у газах, що відходять, у 2...4 рази в порівнянні зі стандартними технічними рішеннями цього ж цінового діапазону (к.т.н. Сігал О.І., Плашихін С.В. Патент України № 111538).

*На світовому рівні* виготовлено дослідний зразок двокамерної установки для безреагентної нейтралізації кислотних конденсатів продуктів згорання газу в опалювальних та промислових котельнях продуктивністю 1,2 т/год. Проведено попередні та приймальні випробування (акад. НАНУ Долінський А.А., Коник А.В., Целень Б.Я. Патенти: № 114374 UA; № 115628 UA; № 118407 UA).

Розроблено та впроваджено *нові методологічні комплексні підходи* до регіональної модернізації комунальної теплоенергетики (КТЕ) на основі 3-Е (енергетика, економіка, екологія) оптимізації систем генерації, транспорту і кінцевого використання теплової енергії. Удосконалено методи та засоби багаторівневого організаційно-технологічного управління складними системами КТЕ, розроблено модель багаторівневої системи управління ефективністю функціонування регіональної системи КТЕ, яка охоплює державний, регіональний рівень та рівні підприємств і споживачів. (чл.-кор. НАНУ Новосельцев О.В., чл.-кор. НАНУ Басок Б.І.).

*Вперше в світі* розроблено 3D CFD - модель тепловологісного стану Арки «Нового Безпечного Конфайнмента» (НБК) з урахуванням теплоізоляції оболонки Арки та теплових характеристик об'єкта «Укриття» і інших будівельних конструкцій під Аркою, яка дозволила перевірити основні аспекти концептуального проекту НБК: а) робочих характеристик підсистем вентиляції кільцевого простору та основного об'єму (тиск, вологість, температура); б) можливість підтримання відносної вологості в кільцевому просторі на рівні нижче 40 % більше 355 діб протягом року; в) параметри теплообміну Арки НБК з навколишнім середовищем; г) можливості досягнення необхідних робочих характеристик системи вентиляції, а також визначення принципів побудови повітрорудок, оцінка загальної теплопродуктивності в літній та зимовий періоди, інтенсивність притоку та відтоку повітря; д) визначення гігрометрії та потенційної конденсації всередині Арки НБК (д.т.н. Круковський П.Г., Метель М.А., Поклонський В.Н., Дейнеко А.І., Складенко Д.І.).

*Вперше в світі* розвинута теорія теплообміну і гідродинаміки течій з фазовими переходами першого роду, а також теорія стійкості плівкового кипіння нанорідин, що актуально для процесів закалювання енергетичного та промислового обладнання. Досліджено тепло-гідродинамічну нестійкість плівкового кипіння нанофлюїдів (чл.-кор. НАНУ Авраменко А.О. та інші).

*Вперше в Україні* проведено повнопараметричне моделювання газового тракту енергетичного котла ТПП 312 на основних режимах навантаження, за результатами якого складено карту зон підвищеного зношення труб конвективних поверхонь нагріву. Визначено, що найбільшого негативного впливу твердих часток зазнають нижні труби ширмового пароперегрівача першого ступеня, особливо ті ділянки труб, що знаходяться біля перевалу. Найбільш небезпечною є зона труб водяного економайзера, оскільки водяний економайзер виконано з вуглецевої сталі. Результати проекту передані Ладижинській ТЕС, вони дозволяють подовжити ресурс конвективних поверхонь нагріву котлів ТПП 312 і підвищити їх експлуатаційну надійність (акад. НАНУ Халатов А.А., Кобзар С.Г.).

*На світовому рівні* доведено, що використання механізмів ДІВЕ дозволяє збільшити ефективність впливу на структуру клітин біологічно цінної сировини (гриби шийтаке) і підвищити концентрацію біодоступних онкостатичних та імуномодельюючих речовин в 6 разів (з 3 % до 18 %), порівняно до традиційних методів обробки. Розроблено інноваційну технологію одержання нового лікувального продукту. (д.т.н. Авдеева Л.Ю., Шаркова Н.О., Жукотский Г.К. патент № 114264 UA).

*На світовому рівні* розроблено нову конструкцію кавітаційного екстрактора пульсаційного типу, що реалізує механізми ДІВЕ. Розроблено технологічну схему обладнання для одержання екстрактів з рослинної сировини, підібрано покупні комплектуючі вироби. Запропоновано різні конструкції основного робочого органу пульсаційного екстрактора, а саме робочої мембранної камери. Проведено експериментальні дослідження з вибору альтернативної сировини для екстракції в кавітаційно-пульсаційному екстракторі (к.т.н. Коник А.В., Іваницький Г.К., Гартвіг А.П. Патент № 118948).

На основі *європейського енергетичного законодавства* розроблено та затверджено на рівні центральних органів виконавчої влади методологію оцінки встановленої потужності теплових насосів в Україні та створено «Методику обчислення частки енергії, виробленої тепловими насосами з відновлюваних джерел», призначену для складання звіту України як члена Енергетичного співтовариства. Розраховано мінімальний COP теплових насосів. *Вперше* в Україні оцінено річні обсяги теплової енергії в Україні, виробленої «зеленими» тепловими насосами. Для адаптації в країні Директиви ЄС N27 розроблений ДСТУ (в трьох частинах) для теплових насосів з паливним приводом (чл.-кор. НАНУ Басок Б.І., Дубовський С.В., Бабін М.Є.).

*Вперше в світі* на основі комплексного дослідження тепломасообмінних процесів переробки функціональної рослинної сировини розроблено інноваційні енергоресурсозберігаючі теплотехнології виробництва антиоксидантних, фолатовмісних, фітоестрогенних та пребіотичних порошоків (акад. НАНУ Ю.Ф. Снежкін, Петрова Ж.О. Патент України на винахід № 120145).

*Вперше в світі* розроблена вдосконалена тривимірною комп'ютерна модель термогазодинамічного і радіаційного стану Нового Безпечного Конфайнмента (НБК) і Об'єкту Укриття (ОУ) ЧАЕС для детального аналізу та прогнозування розповсюдження і осідання радіоактивних аерозолів (РА) в основному об'ємі НБК при вилученні радіоактивних матеріалів із зруйнованого реактора в залежності від режимів роботи системи вентиляції основного об'єму НБК. Розроблена модель вторинного підйому РА при ходінні людей та падінні конструкцій ОУ на підлогу під НБК при розбиранні конструкцій ОУ (д.т.н. Круковський П.Г.).

*Вперше в світі* методом калориметрії виявлено вплив ступеня гідратації сахарози на питому теплоту випаровування води. Збільшення концентрації розчинів від розбавлених до насичених при зневодненні призводить до безперервного зростання питомої теплоти випаровування, досягаючи в області насичення зна-

чень, які перевищують питому теплоту випаровування чистої води на 7...10%. Визначено, що вода першої координаційної сфери, через утворення водневих зв'язків з екваторіальними гідроксилами, має більш сильний зв'язок з сахарозою ніж вода, що знаходиться за її межами. У розчинах з концентрацією сахарози менше 65 мас. % доля сильно зв'язаної води зменшується в міру розведення розчину, що призводить до зниження теплоти випаровування (акад. НАНУ Снежкін Ю.Ф., Дмитренко Н.В., Михайлик В.А.).

На світовому рівні розроблено та виготовлено інноваційну промислову аераційно-окислювальну установку роторного типу (АОРТ) продуктивністю 20-40 м<sup>3</sup>/год. для очищення води і біологічного очищення стічних вод. У порівнянні з аналогами, установка дозволяє, при очищення 1 м<sup>3</sup> води, зменшити енерговитрати на 30...35 %, скоротити тривалість процесу очищення в 2 рази і знизити собівартість на 25 %. Установка зможе забезпечити питною водою мікрорайон міста з населенням близько 5 тис. осіб, річний економічний ефект при цьому складе близько 3 млн. грн. (акад. НАНУ Долинський А.А., Ободович О.М., патенти №№ 114143, 114582).

Обґрунтовано доцільність використання методу ДІВЕ для зниження енерго- та ресурсовитрат в процесі попередньої підготовки сировини до гідролізу в технології виробництва біоетанолу. На світовому рівні розроблено технологію та виготовлено універсальну установку для виробництва біоетанолу з цукровмісної, крохмалевмісної та лігноцелюлозної сировини, продуктивністю 5 л/год. по готовому продукту (д.т.н. Ободович О.М., Сидоренко В.В. Позитивне рішення на винахід № 21201810755).

*Вперше в світі* розроблено теорію теплогідро-динамічної нестійкості плівкового кипіння нанофлюїдів. Теоретичне рішення для критеріїв нестійкості підтверджено експериментальними дослідженнями впливу наночастинок на утворення та руйнування парової плівки при охолодженні металевого зонду в нанофлюїді. Теоретичні результати використані для прогнозування процесів теплообміну при охолодженні металевих виробів спеціального призначення (чл.-кор. НАНУ Авраменко А.О., Москаленко А.А.).

*Вперше в світі* створено науково-практичні засади та методологія кондуктивної калориметрії на базі термоелектричних перетворювачів теплового потоку, зокрема розроблено методи квазідиференціальних вимірювань та динамічного вимірювання імпульсного тепловиділення, які дозволяють у 3...7 разів зменшити вплив зовнішніх завад та у 1,5...2 рази зменшити масо-габаритні характеристики засобів калориметрії у порівнянні з диференціальними (чл.-кор. НАНУ

Бабак В.П., Декуша Л.В., Воробйов Л.Й., Сергієнко Р.В. Патенти України на винахід № 116419, 117288).

Розробки, що виконані в Інституті в звітний період, базуються на отриманих нових знаннях, а їх результати передаються шляхом впровадження у промисловість створених технологій та обладнання. Ці розробки спрямовані на здійснення енерго- та ресурсозберігаючих заходів, використання альтернативних палив для виробництва теплової та електричної енергії, створення нових матеріалів. Результати дослідницької роботи Інституту (аналітичні записки за результатами досліджень, експертні оцінки, зауваження і пропозиції до проектів державних документів тощо) використовувались у комітетах Верховної Ради України, Кабінеті Міністрів України, Міністерстві енергетики та вугільної промисловості, Міністерстві екології та природних ресурсів України, Державному агентстві з енергоефективності та енергозбереження України для визначення перспективних напрямів і рівнів розвитку галузей паливно-енергетичного комплексу, у формуванні положень національної енергетичної стратегії. За період 2015-2019 рр. різним організаціям співробітники Інституту надали понад 200 науково-експертних послуг, понад 100 разів брали участь у консультаційній та експертній діяльності, а також залучалися як експерти.

Інститутом передано розроблених технологій та обладнання на 66 промислових об'єктах, з них 64 в Україні та 2 за її межами (США і В'єтнам). Установа підтримує міжнародні зв'язки з 17-а країнами Європи, Північної Америки, Південно-Східної Азії та країнами СНД.

Інститутом підписано Меморандум «Про співробітництво та передачу технологій» з Інститутом технологій ГФС Соціалістичної Республіки В'єтнам щодо розроблених в ІТТФ НАН України технологій та обладнання. Першим кроком виконання Меморандуму є продана технологія виробництва з переробки торфу на добрива і паливо (акад. НАНУ Ю.Ф. Снежкін, Петрова Ж.О., Корінчук Д.М.).

*Впровадження.* В Деражнянському районі Хмельницької області створена пілотна зона, в якій  $\approx 60\%$  шкіл переведено на електротеплоакумуляційне опалення (нагрівальні кабелі, електрокотли). Дослідження показали, що у порівнянні з існуючими котельнями на вугіллі і природному газі системи електроопалення за фактичними даними споживають у 2...2,3 рази менше умовного палива. За висновком Деражнянської РДА, є доцільним також впровадження електроопалення в житловому секторі. Отримано акт від РДА Деражнянського р-ну Хмельницької обл. про впровадження результатів досліджень в пілотній зоні (академік НАН України Халатов А.А.).

Розроблена та апробована конструкція нової опалювально-варильної печі з додатковим термоелектричним модулем для вироблення електричної енергії. Отримані високі якісні показники ефективності та низькі показники викидів забруднюючих речовин. Розроблена проектно-конструкторська документація на три печі різної потужності – 4, 6 і 8 кВт – для лагерного, штабного та медичного наметів відповідно, яка апробована в лабораторних умовах. Термоелектричний модуль дає змогу отримати до 100 Вт електричної енергії з напругою 12 вольт, що дає змогу вирішити проблеми освітлення і зарядки акумуляторів рацій, мобільних телефонів тощо (к.т.н. Демченко В.Г.).

Розроблено режимну карту котла ТПП 312 блоку №6 ДТЕК Ладизинська ТЕС при роботі в режимі триступеневого спалювання вугілля що дозволяє зменшити викиди оксидів азоту на 30%. Запропоновано заходи по модернізації існуючої системи ступеневого спалювання вугілля, які забезпечують зниження оксидів азоту на 50 % (академік НАН України Халатов А.А., Кобзар С.Г.).

Завершено розроблення, дослідження та впровадження обладнання для підвищення ефективності спалювання палива в котлах потужністю до 3,5 МВт з використанням  $\alpha$ -зондів. Вперше реалізована повна автоматизація роботи котла. Особливістю є використання ширококутового кисневого зонду для забезпечення безперервної енергозберігаючої роботи котлоагрегату за рахунок управління частотою обертів вентилятора регулювання подачі повітря в топку в залежності від вмісту кисню в димових газах. Новизна підтверджена 3 патентами України. (чл.-кор. НАН України Бабак В.П., Назаренко О.О., Запорожець А.О.).

Розроблено апаратно-програмний комплекс, який дозволяє контролювання охолодження зразків і промислових виробів як у лабораторних, так і у виробничих умовах; тестування за допомогою стандартних зразків (зондів) у відповідності до міжнародного стандарту ISO 9950 різних гартувальних середовищ (вода, розчини солей і полімерів, мінеральні і рослинні оливи т. ін.). Комплекс впроваджено на підшипниковому заводі SKF-Ukraine (м. Луцьк) та ПАО «Енергомашспецсталь» (м. Краматорськ). (чл.-кор. НАН України Авраменко А.О., Москаленко А.А.).

На «Чернівецькому заводі теплоізоляційних матеріалів» введено в промислову підконтрольну експлуатацію модернізовану тунельну установку конвективної сушки дискретно-безперервної дії. Продуктивність збільшено в 1,3 рази (з 7 до 9 м куб./добу). Знижено витрати природного газу на кубометр теплоізоляційних плит товщиною 100 мм – в 1,7 рази

(з 250 до 150 ст. м куб./м куб.). Економія природного газу - 900 м<sup>3</sup>/добу. Зменшено недопал природного газу ( $CO \leq 130$  мг/м<sup>3</sup>). (к.т.н. Тимошенко А.В., Кремньов В.О.).

Розроблено та впроваджено в системі централізованого тепlopостачання м. Києва новий газовий водогрійний водотрубно-димогарний котел КВВД-0,63 Гн тепловою потужністю 630 кВт (к.т.н. Сігал О.І., Канигін О.В., Бикоріз Є.Й., Падерно Д.Ю.).

На ТОВ "ОРІЙ" впроваджено установку двостадійного охолодження та досушування сипучого матеріалу і гранул після барабанної сушарки, забезпечено видалення 1,5 % вологи; зменшено витрати твердого палива на 7%. Продуктивність - 2000 кг/год. (к.т.н. Чмель В.М., Новікова І.П.).

*Результат.* Згідно постанови Президії НАН України від 29.01.2020 № 37 до категорії сильних підрозділів, що працюють у відповідній галузі науки на високому світовому рівні та мають практичні результати широкого національного значення, віднесено 8 (100 %) наукових підрозділів Інституту технічної теплофізики НАН України, а Інститут в цілому віднесено до категорії «А» (установа, що займає лідируючі позиції за багатьма науковими напрямками, має вагомий науковий та практичний результати своєї діяльності, визнані на найвищому національному і міжнародному рівні, має високий науковий потенціал та ефективно його використовує, має винятковий вплив на науково-технічний та соціальний розвиток, інтегрована у світовий науковий простір).

На найближчі роки Інститут планує проведення фундаментальних і прикладних досліджень в галузі теплоенергетики, теплотехнологій та теплофізичного приладобудування з метою отримання нових наукових результатів та створення інноваційних розробок. Зокрема: виконати 8-10 фундаментальних та 10-12 прикладних науково-дослідних робіт на світовому рівні відповідно до напрямів діяльності Інституту; продовжити роботу зі створення спільних лабораторій та наукових центрів з провідними науковими установами Європи, Америки, Південно-Східної Азії та України; збільшити кількість молодих науковців та підтримувати на високому рівні підготовку докторів наук і докторів філософії; сприяти соціально-економічному та інтелектуальному розвитку суспільства.

*Отримано 28.02.2020*

*Received 28.02.2020*