

А.А. ХАЛАТОВ¹, К.А. ЮЩЕНКО², Б.В. ІСАКОВ³,
Ю.Я. ДАШЕВСЬКИЙ³, А.П. ШЕВЦОВ⁴

¹ Інститут технічної теплофізики Національної академії наук України
вул. Желябова, 2а, Київ, 03057, Україна

² Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона Національної академії наук України
вул. Боженка, 11, Київ, 03680, Україна

³ ДП «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря» – «Машпроект»
просп. Октябрський, 42а, Миколаїв, 54018, Україна

⁴ Національний університет кораблебудування ім. адмірала Макарова
просп. Героїв Сталінграда, 9, Миколаїв, 54025, Україна

ГАЗОТУРБОБУДУВАННЯ В УКРАЇНІ: СУЧАСНИЙ СТАН І ПЕРСПЕКТИВИ РОЗВИТКУ

Газотурбобудування – одна з найбільш високотехнологічних галузей промисловості, яка використовує велику кількість передових і наукоємних технологій, сприяючи тим самим розвитку нових наукових напрямів та суміжних галузей промисловості. У статті наведено структуру газотурбобудування України, порівняно основні характеристики вітчизняних газотурбінних двигунів та їх зарубіжних аналогів, показано ефективність їх застосування в енергетиці та газотранспортній системі України. Проаналізовано основні напрями НДДКР, необхідних для вдосконалення газотурбінних двигунів, та перспективи участі інститутів НАН України в цих роботах, запропоновано розробку програми НДДКР з питань створення газотурбінної техніки нового покоління.

Ключові слова: газотурбобудування, газотурбінний двигун, економічність, енергетична установка, енергоблок.

Рівень розвитку будь-якої країни визначається виробництвом національного продукту із застосуванням високих технологій, не освоєних у більшості країн світу внаслідок значної наукоємності, використання складного високоточного устаткування та великих капіталовкладень. Високі технології дозволяють державі отримувати надприбутки від реалізації продукції.

Газотурбобудування належить до високотехнологічних галузей промисловості і використовує численні передові й наукоємні технології, сприяючи тим самим розвитку

нових напрямів у науці та суміжних галузях промисловості. Сьогодні у світі всього близько десяти країн мають повний цикл створення газотурбінних двигунів (ГТД): від наукових досліджень і проектування до серійного виробництва, ремонту й обслуговування в період експлуатації. До них належать країни з найрозвиненішою наукою і промисловістю, такі як США, Японія, Німеччина, а також Україна.

Найбільш бурхливого розвитку газотурбобудування набуло в 50–60-х роках ХХ ст., коли ГТД розробляли переважно для літаків і бойових кораблів. У наступні роки паралельно з підвищенням технічних характеристик ГТД відбувалося їх впровадження і

в інші галузі народного господарства. Крім авіації та військово-морського флоту, найбільшого поширення ГТД і газотурбінні установки на їх основі (конвертовані ГТУ) набули в енергетиці й газотранспортній системі (ГТС) для приводу електрогенераторів і газоперекачувальних агрегатів (ГПА), а також у хімічній і металургійній промисловості. Сьогодні до 70% приросту нових електрогенерувальних потужностей у світі отримують завдяки використанню ГТУ і створених на їх базі газопарових (ГПУ) і парогазових (ПГУ) установок. У розвинених країнах частка використання ГТУ і ПГУ для покриття пікових і напівпікових навантажень досягла 30% потужностей, внаслідок чого вони стали одним із найважливіших джерел енергопостачання [1]. Завдяки таким показникам, як велика одинична потужність, висока маневреність і економічність, розвинена мережа обслуговування і ремонту, газотурбінний привід, нині вони посідають провідні позиції на ГТС України, Росії, Ірану, Канади та інших країн.

Сьогодні в Україні розробляють і впроваджують ГТД широкого спектра призначення: для авіації, кораблебудування, енергетики, механічного приводу на ГТС та деяких підприємствах хімічної промисловості. Основними вітчизняними розробниками й виробниками ГТД є Державне підприємство «Науково-виробничий комплекс газотурбобудування «Зоря» — «Машпроект» у Миколаєві і ДП «Івченко-Прогрес» у Запоріжжі, що працює в кооперації з підприємством ВАТ «Мотор-Січ». Слід також відзначити ВАТ «Турбоатом» (Харків), у якому створено потужні парові турбіни, зокрема для атомної енергетики, проекти сучасних газотурбінних і парогазотурбінних установок для енергетики, і ВАТ «НВО ім. М.В. Фрунзе» (Суми), що розробляє і виробляє ГПА для ГТС.

У 80-ті роки ХХ ст. у «Зоря» — «Машпроект» було розроблено ряд базових корабельних ГТД номінальною потужністю від 3 до 25 МВт. Ці двигуни було взято за основу для створення найрізноманітніших енерге-

тичних установок для кораблів ВМФ колишнього СРСР, Індії, Південної Кореї, Греції, Китаю та інших країн. «Зоря» — «Машпроект» і сьогодні є одним із лідерів на світовому ринку корабельного газотурбобудування, причому деякі, створені ще в минулі роки енергетичні установки залишаються унікальними й досі.

Пізніше на базі цих двигунів було створено сучасні стаціонарні ГТД, переважно для приводу ГПА та вироблення електроенергії. Їх застосовують на ГТС таких країн, як Росія, Україна, Іран, Туркменія, Узбекистан, Китай, на електростанціях Білорусі та Ірану. Сьогодні такі стаціонарні ГТД, як UGT3000, UGT6000, UGT10000, UGT16000, UGT25000, широко відомі на світовому ринку, причому кожен з них має ряд модифікацій, і залежно від потреб споживачів двигуни випускають із силовими турбінами, розрахованими на різну частоту обертання. Ці двигуни мають двокаскадну конструкцію з вільною силовою турбіною і ККД у простому циклі 31,0–36,5% (за ISO), що відповідає сучасному технічному рівню.

Для приводу електрогенераторів створено спеціалізовані однокаскадні двигуни потужністю 2,5 МВт (UGT2500) з ККД у простому циклі 28,5%, призначені для енерго- і теплопостачання невеликих споживачів. На початку 1990-х років у «Зоря» — «Машпроект» було розроблено ГТД потужністю 110 МВт (UGT110000) з ККД у простому циклі 36,5%, призначений для роботи у складі ПГУ-325 (два ГТД і одна парова турбіна утилізації) з ККД в комбінованому циклі понад 51%. На жаль, через відсутність замовлень двигуни UGT2500 і UGT110000 зараз в Україні не випускають, але їх серійне виробництво налагоджено у ВАТ «Сатурн» (Рибінськ, Росія). На сьогодні в «Зоря» — «Машпроект» виготовили дослідні зразки і здійснюють доведення нових однокаскадних двигунів для енергетики потужністю 5 і 60 МВт.

У «Зоря» — «Машпроект» накопичено великий досвід створення не лише ГТД, а й установок складних циклів. Так, на початку 1990-х років був виготовлений і успішно

пройшов випробування дослідний зразок контактної газопарової установки, що працює за циклом STIG (з упорскуванням пари, яку виробляє парогенератор утилізації, у проточну частину турбіни). Цю установку було створено на базі двигуна UGT16000 і призначено як для виробництва електроенергії, так і приводу ГПА. Завдяки впорскуванню пари в проточну частину потужність установки зростає з 16 до 25 МВт, а ККД підвищився з 35 до 44%.

Згодом на підприємстві було створено унікальну установку «Водолій» з упорскуванням пари в проточну частину і подальшим вилученням водяної пари з продуктів згоряння в контактному конденсаторі. Ця установка потужністю 16 МВт, що працює на газокompресорній станції «Ставищенська» (Черкаситрансгаз), має ККД близько 42%, що істотно перевищує ККД всіх інших типів двигунів, застосовуваних на ГТС України та інших країн. Через низку причин, незважаючи на значну економію паливного газу і низький рівень емісії шкідливих викидів, такі установки поки що не набули поширення на ГТС України. Проте накопичений досвід дозволяє розробляти на «Зоря» – «Машпроект» з мінімальним доведенням подібні високоекономічні й екологічно безпечні установки в діапазоні потужностей 4–40 МВт із застосуванням найсучаснішого устаткування. Більш детальні дані наведено в роботах [2, 3], а також у рекламно-інформаційних матеріалах підприємства.

Сьогодні на «Зоря» – «Машпроект» розробляють новий базовий двокаскадний двигун номінальною потужністю 32 МВт і з ККД близько 39% з найсучаснішим компресором і застосуванням перспективних схем охолодження лопаток першого ступеня турбіни [4]. Розроблено також проект однокаскадного двигуна з вільною силовою турбіною потужністю 16 МВт, що працює у складі регенеративної установки ГТУ-16Р з ККД на рівні 40%. Цей двигун розглядають як перспективний високоекономічний привід ГПА. Застосування таких установок дало б

зможу істотно знизити споживання енергоресурсів у різних галузях промисловості.

Основною продукцією, що випускається на сьогодні в «Зоря» – «Машпроект», є двигуни потужністю 16 і 25 МВт різних модифікацій для ГТС і енергетики, крім того, помітну частку в обсязі виробництва становлять різні корабельні ГТУ на основі базових ГТД UGT3000 і UGT6000. Останнім часом близько 100%, а в окремі роки взагалі всю продукцію підприємство поставляє на експорт.

У ДП «Івченко-Прогрес» і ВАТ «Мотор-Січ» виробляють авіаційні ГТД широкою номенклатури, найбільша частка якої припадає на модифікації загальновідомих двигунів АІ-20, АІ-24, АІ-25, ТвЗ-117, Д36, Д436, Д-18т, які поставляють приблизно у 20 країн світу. «Мотор-Січ» поки що залишається основним постачальником вертолітних двигунів для країн СНД, передусім для Росії, що має високорозвинутий газотурбобудівний комплекс. У «Івченко-Прогрес» створено унікальний двигун Д-27, сучасні двигуни АІ-22, АІ-222, розробляють новий двигун Д-28.

Для наземного застосування на базі двигуна АІ-20 впродовж більш як 40 років випускають різні модифікації пересувних електростанцій ПАЕС-2500 (понад 3000 установок) потужністю 2,5 МВт і з ККД у простому циклі 24%, які використовуються як самостійно, так і у складі когенераційних установок. На базі авіадвигуна Д336 розроблено блоково-транспортельні електростанції ЕГ6000, ЕГ7000мс, ЕГ8000мс (ККД за ISO 31,5–32,0%, тривальна схема – двокаскадний газогенератор з вільною силовою турбіною). Для приводу ГПА розроблено приводи АІ-336-1 і АІ-336-2 потужністю 10 МВт [3, 5] і проект нового високоекономічного двигуна АІ-312 потужністю 12 МВт.

ВАТ «Турбоатом» випускає в основному енергетичні парові турбіни, а також здійснює ремонт і модернізацію експлуатованих парових турбоагрегатів, переважно для зарубіжних замовників. Наприкінці 1980-х років на цьому підприємстві було розроблено проекти енергетичної газотурбінної установки ГТЕ-115 потужністю 115 МВт, а також парогазової уста-

новки ПГУ-345 потужністю 345 МВт на базі двох ГТЕ-115. На жаль, проект ПГУ-345 так і не було реалізовано. Пізніше у ВАТ «Турбоатом» створили вдосконалений варіант ГТЕ-115М з потужністю в простому циклі 136,4 МВт. Сьогодні на підприємстві розроблено проекти ГТЕ-190 потужністю 190 МВт з ККД за ISO 37% і ПГУ на її основі потужністю 273 МВт з ККД 53,4% [6, 7].

Для порівняння технічного рівня в таблиці наведено основні показники деяких вітчизняних промислових ГТД, найбільш затребуваних на світовому ринку, та їх найближчих зарубіжних аналогів. Усі дані, представлені в таблиці, узято з каталогу [3]. З таблиці видно, що за більшістю показників вітчизняні ГТД відповідають зарубіжним аналогам, проте за ККД і ресурсом уже намічається певне відставання.

Нині газотурбобудування України має чітко виражену експортну спрямованість, що свідчить про його конкурентоспроможність на світовому ринку, а отже, достатньо високий рівень. При цьому розроблення нових двигунів і модернізація тих, що випускаються серійно, здійснюється силами самих підприємств. Однак продукція вітчизняних підприємств газотурбобудування поки що мало затребувана в Україні. Таку ситуацію не можна вважати задовільною, особливо враховуючи те, що сучасні вітчизняні серійні ГТД значно економічніші, ніж наявні в промисловості України двигуни, і ця обставина стає надзвичайно важливою з огляду на високі ціни на природний газ.

Сказане вище можна проілюструвати таким прикладом. Через застосування на ГТС України значної кількості морально застарілих і

Основні технічні показники вітчизняних ГТД та їх зарубіжних аналогів

Показник	Виробник і модифікація двигуна							
	«Зоря»-«Машпроект» UGT16000	GE, США M1600-PE-NGW	«Зоря»-«Машпроект» UGT25000	Pratt-Whitney, США FT8-2	«Івченко-Прогрес» Д-336-2Г	Rolls-Royce, Велика Британія 501-KB7	«Івченко-Прогрес» AI-336-1;-2	Solar Turbines, США Mars 100GS
Потужність, МВт	16,3	14,89	26,7	27,49	6,3	5,8	10,0	10,7
ККД, %	35,0	36,8	36,5	38,0	31,0	32,9	34,0	32,5
Ступінь підвищення тиску	19,6	21,3	21,1	20,2	15,2	13,5	21,3	16,0
Витрата вихлопних газів, кг/с	71,0	49,5	90,0	80,7	32,2	21,1	41,7	41,6
Температура вихлопних газів, °С	420	479	465	466	431	501	436	485
Емісія NO _x , мг/Н·м ³	40	50	50	50	50	50	50	50
Частота обертання вихідного вала, об/хв	5200/ 3000	7900	3000/ 3800/ 5000	3000	8200	14600	4800/ 6500	8625
Габарити, мм	6100× 2200× 2500	4240× 1300× 2030	6400× 2500× 2700	7000× 2400× 2400	5530× 2510× 2150	3912× 1200× 1905	3820× 2120× 1920	14520× 2930× 3660
Маса, кг	12800	3720	16000	45000	4200	3000	5200	62480
Ресурс до кап. ремонту / призначений, год	33000/ 100000	40000/ 160000	25000/ 100000	50000/ 240000	25000/ 100000	25000/ 100000	25000/ 100000	40000/ 200000

фізично зношених привідних ГТД з фактичним ККД на рівні 18–27% у 2006 р. витрати газу на транспортування становили 4,9 млрд м³ [8, 9]. Якби середній ККД привідних ГТД на ГТС України вдалося підвищити до 34% (ККД сучасних ГТД потужністю від 6 до 25 МВт дорівнює 34–38%), це дозволило б заощадити близько 1,2 млрд м³ паливного газу, що за його нинішньої ціни (420 дол. США за 1000 м³) еквівалентне вартості 100 нових українських серійних ГТД (5 млн дол. США за одиницю). Незважаючи на зниження останнім часом обсягів прокачування газу через ГТС України, ця проблема не втратила своєї актуальності. Введення в експлуатацію такої кількості двигунів дало б змогу кардинально модернізувати ГТС України й істотно скоротити витрати на транспортування газу в майбутньому (на сьогодні ГТС України налічує 469 газотурбінних приводів, щороку потрібна заміна не менш як 20 ГТД).

Аналогічні проблеми характерні й для теплової енергетики України. По-перше, майже всі енергоблоки вітчизняних ТЕС і ТЕЦ, що працюють як на вугіллі, так і на природному газі, характеризуються надто низьким ККД, на рівні 30% і менше. По-друге, більшість із них або вже давно виробили свій ресурс, або мають бути виведені з експлуатації найближчим часом. Впровадження сучасних ГТД могло б досить швидко вирішити чимало проблем енергетики України.

Вдалим прикладом застосування ГТД в енергетиці в процесі модернізації енергоблоків потужністю 200 і 300 МВт на докритичних параметрах пари є реалізація газотурбінної надбудови. Під час реконструкції Березовської ГРЕС (Білорусь) паротурбінні блоки ПТУ-160 (потужністю по 160 МВт) було перетворено на ПГУ-215 (потужністю по 215 МВт) з використанням двох двигунів Дг-80 виробництва «Зоря» — «Машпроект» потужністю 25 МВт. Після реконструкції ККД енергоблоків збільшився з 33% до 39–40%, сумарна витрата паливного газу зросла приблизно на 5%, проте його питома витрата з розрахунку на 1 кВт·год електроенергії

зменшилася на 15%. Розрахунковий термін експлуатації станції було збільшено на 20 років. Вартість модернізації енергоблока за цінами 2003 р. становила 34 млн дол. США, або всього близько 100 дол. США з розрахунку на 1 кВт встановленої потужності. Це в кілька разів нижче, ніж у разі реконструкції та модернізації вугільних ТЕС, яку проводять нині в Україні (400–600 дол. США). У результаті застосування газотурбінної надбудови поліпшилися також маневрені й екологічні характеристики електростанції [1].

У роботі [1] детально висвітлено різні варіанти застосування ГТУ в енергетиці, металургії, нафтохімії, розглянуто економічну доцільність їх використання. Показано, що основна причина відставання України від провідних країн з упровадження газотурбінної техніки полягає в нестачі коштів на реконструкцію цих галузей. Тобто використання потенційними українськими споживачами продукції вітчизняного газотурбобудування забезпечить реальне енергозбереження, зростання обсягів виробництва підприємств, збільшення можливостей їх удосконалення та підвищення рівня вітчизняного газотурбобудування.

Загалом переваги, отримані в результаті масштабнішого розвитку газотурбобудування в Україні, можуть сприяти:

- широкому впровадженню сучасних економічних і екологічно безпечних ГТУ і ПГУ в енергетику, ГТС і ЖКГ, що зумовить зниження споживання енергоресурсів;
- подальшому розвитку суміжних галузей, таких як металургія, енергетичне машинобудування тощо;
- експортній орієнтації галузі, яка й надалі буде істотним джерелом валютних надходжень;
- підвищенню тактико-технічних характеристик авіації і флоту, обороноздатності держави;
- ширшому продажу техніки подвійного призначення на міжнародному ринку.

Викладене вище свідчить про **доцільність і необхідність усебічної державної підтримки газотурбобудування** як однієї з пріоритетних і передових галузей промисловості.

Незважаючи на явні успіхи на світовому ринку і високий потенціал галузі, останніми роками в газотурбобудуванні України спостерігаються негативні тенденції. Насамперед це виявляється в уповільненні темпів створення нових двигунів і модернізації наявних, впровадження у виробництво нових конструкторських рішень і технологічних процесів, що впливає на конкурентоспроможність продукції.

Для сучасних енергетичних ГТУ великої потужності (250 МВт на один агрегат і більше) вже досягнуто ККД у простому циклі 40–41%, а у складі ПГУ — 60–61%, і продовжуються роботи з його підвищення [10]. З'явилися ГТД потужністю 25–50 МВт з ККД у простому циклі 40,0–41,5%. Це двигуни типу LM6000 (General Electric), Trent-60 (Rolls-Royce), Titan-250GS (Solar Turbines) та інші [3, 11]. При використанні таких двигунів, оптимізованих для роботи в простому циклі, ККД ПГУ на їх базі може становити 54–55% [1]. Деякі зарубіжні ГТД вже зараз мають призначений ресурс 200–240 тис. год і ресурс до капітального ремонту 50–66 тис. год [3].

У газотурбобудуванні, як у будь-якій наукоємній і високотехнологічній галузі промисловості, створення сучасних ГТД ґрунтується на глибоких наукових дослідженнях і розробках у галузі термогазодинаміки, горіння палив, матеріалознавства, технології металів тощо. Основна причина відставання — недостатній обсяг прикладних науково-дослідних, дослідно-конструкторських і дослідно-технологічних робіт (ДТР), які сприяють впровадженню нових, передових технологій. Державне фінансування ряду перспективних НДДКР і ДТР було припинено ще наприкінці 1980-х років. Накопичений на підприємствах галузі та в інститутах НАН України науково-технічний «добробок» поки ще дозволяє підтримувати високий рівень продукції. Проте цей «добробок» вже практично вичерпано, що не дає змоги створювати ГТД з вищими технічними характеристиками, на рівні кращих світових зразків, а підтримання конкурентоспроможності ГТД

на світовому ринку через зниження вартості продукції сьогодні вже неможливе.

Для створення конкурентоспроможних ГТД і ГТУ з високими техніко-економічними показниками, великим експлуатаційним ресурсом і відповідними експлуатаційними якостями необхідне відновлення в Україні масштабних НДДКР і ДТР у галузі газотурбобудування. Аналіз світової практики свідчить, що незалежно від призначення підвищення технічних характеристик ГТД і ГТУ досягається в основному завдяки:

- підвищенню ККД основних вузлів, насамперед компресорів і турбін;
- зменшенню непродуктивних перетікань повітря і газу;
- освоєнню та впровадженню монокристалічного лиття лопаток;
- застосуванню більш жароміцних матеріалів;
- використанню надійних і ефективних теплозахисних покриттів;
- підвищенню основних теплотехнічних параметрів;
- застосуванню ефективніших технологій охолодження;
- впровадженню ефективніших (складних) термодинамічних циклів;
- вдосконаленню процесів спалювання палива для поліпшення екологічних показників.

Для аналізу шляхів і проблем розвитку вітчизняного газотурбобудування надзвичайно важливим є й технологічний аспект. Крім впровадження найсучаснішого високопродуктивного технологічного устаткування, особливо велике значення мають роботи зі зменшення витрат на виробництво і ремонт пошкоджених деталей.

Реалізація кожного з перелічених вище напрямів передбачає проведення наукових досліджень і вирішення широкого кола складних, взаємопов'язаних технічних проблем, подолати які можна тільки в рамках комплексних дослідницьких програм за фінансової підтримки держави. Усі провідні зарубіжні фірми — розробники ГТД, такі як General Electric, Rolls-Royce, Pratt-Whitney, Mitsubishi, Siemens та інші, йдуть саме цим

шляхом. Як приклад можна навести такі програми: ЕЗ (1980-ті роки), АТС (1992–2000 рр.), NGGT (2001–2015 рр.), що фінансувалися і продовжують фінансуватися коштами державного бюджету, міністерств оборони та енергетики США. До цих проєктів широко залучають університети й дослідницькі центри.

На думку авторів, за умови правильної організації робіт підвищення параметрів вітчизняних ГТД і ГТУ до рівня найкращих зарубіжних аналогів можна досягти навіть у нинішніх економічно несприятливих умовах. Цьому, по-перше, сприяє відносно високий виробничо-технічний потенціал і задовільна експериментальна база підприємств галузі, які на сьогодні забезпечені замовленнями. По-друге, в Україні збереглися академічні інститути й наукові центри університетів з кваліфікованими кадрами, здатними вирішувати майже всі названі проблеми. По-третє, енергомашинобудівний комплекс України має змогу виробляти практично все устаткування, необхідне для створення сучасних ГТУ і ПГУ середньої потужності: турбогенератори, парові турбіни, котли-утилізатори, системи керування, пускові пристрої тиристорів і т.ін.

Винятково важливою є проблема наукових кадрів. Після розпаду колишнього СРСР в Україні не залишилося спеціалізованих інститутів, таких як ЦІАМ і ВІАМ (Москва), які займаються не лише поточними проблемами підтримки газотурбобудування, а й перспективними питаннями його розвитку. Разом з тим в Україні зосереджено багато великих академічних та інших науководослідних інститутів, які могли б успішно працювати за цією тематикою. Серед них у системі НАН України – Інститут проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного, Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка, Інститут технічної теплофізики, Інститут електрозварювання ім. Є.О. Патона, Фізико-технологічний інститут металів і сплавів.

Отже, **Національна академія наук України може успішно проводити координацію науково-дослідних робіт у галузі газотур-**

бобудування із залученням інших наукових центрів до вирішення прикладних проблем.

Перший крок у цьому напрямі вже зроблено: при Відділенні фізико-технічних проблем енергетики НАН України в 2009 р. створено Комісію з промислових газових турбін і електроприводів, яка об'єднала у своєму складі провідних представників академічної науки, вищих навчальних закладів і виробництва. За період роботи Комісія розробила Концепцію Державної програми створення промислових газотурбінних двигунів нового покоління на період 2010–2013 рр. [8, 9], на основі якої у «Зоря» – «Машпроект» і «Івченко-Прогрес» розроблено проєкти ГТД потужністю 16 і 12 МВт для ГТС України. Комісією також підготовлено перелік першочергових науково-технічних проєктів у сфері промислового газотурбокомпресоробудування України [9]. За ініціативою Комісії Президія НАН України на своїх засіданнях двічі розглядала проблеми і завдання розвитку газотурбобудування України.

Проте сама лише Комісія за своїм статусом не може впливати на формування державної науково-технічної політики в галузі газотурбобудування, оскільки вона має обмежені функції і за своєю суттю є фактично громадським органом. Для координації науково-технічних робіт інститутів Академії, університетів, проєктних організацій, заводів – виробників продукції газотурбобудування, виконання поточних і перспективних НДДКР і ДТР, проведення експертизи державних проєктів назріла необхідність у створенні **Науково-технічного центру з проблем газотурбобудування України**, цілком можливо, в структурі НАН України.

Одним із основних завдань Центру може стати розроблення спільно з Комісією науково-технічної програми розвитку газотурбобудування України на найближчі 10 років, яка визначить найпріоритетніші напрями наукових досліджень, інноваційні рішення і технології, що дадуть змогу істотно підвищити конкурентоспроможність продукції, поліпшити структуру і якість виробництва,

експлуатаційні й екологічні показники виробів. Навіть за умов обмеженого фінансування можна визначити першорядні науково-технічні напрями, які за мінімальних витрат дадуть максимальну віддачу в найкоротші строки. Програма передбачатиме також виконання комплексу спеціальних НДДКР, спрямованих на зниження витрат виробництва і здешевлення ремонту деталей завдяки впровадженню передових інноваційних технологій. Особливе місце у Програмі має бути відведено дослідженням з підвищення надійності та експлуатаційного ресурсу газотурбінної техніки.

На думку авторів, загальний термін виконання Програми має становити близько 10 років. З огляду на це її доцільно поділити на три етапи. До першого етапу слід віднести найважливіші роботи, які можна завершити впродовж 1–2 років, а віддача від їх реалізації почнеться не пізніше ніж через 3 роки. До другого етапу потрібно включити роботи, що будуть завершені за 3–4 роки, а віддача від їх реалізації розпочнеться через 4–5 років. Третій етап має охоплювати роботи, які можуть бути завершені протягом 5–7 років, а віддача від їх реалізації почнеться не пізніше ніж через 8 років. На цьому етапі рівень основних показників вітчизняних ГТД і ГТУ може відповідати найвищому рівню світових зразків. Одночасно буде накопичено вагомий науково-технічний напрацювання, що дозволять створювати ГТД і ГТУ наступного покоління. Програма може стати основою реалізації довгострокових науково-дослідних програм інститутів НАН України та інших установ з цього напрямку, програм НДДКР та модернізації підприємств галузі, що сприятиме тіснішій співпраці науки і виробництва з питань створення газотурбінної техніки нового покоління.

Щодо фінансової підтримки Програми, то, спираючись на зарубіжний досвід, найоптимальнішим слід вважати спільне фінансування проектів підприємствами галузі, НАН України та іншими зацікавленими організаціями.

У другій половині ХХ ст., в період найбільш динамічного розвитку науки і техніки, за централізованої системи планування в колишньому СРСР під час розроблення нової газотурбінної техніки найчастіше підтверджувалося правило співвідношення витрат на науково-дослідні, дослідно-конструкторські роботи та освоєння у виробництві як 1:10:100. П'ятирічний термін розроблення і початку серійного виробництва нових ГТД, як правило, виконувався. Скорочення термінів розроблення реалізовувалося за допомогою перерозподілу витрат на користь НДДКР, так щоб їх загальний обсяг, виходячи з наведеного правила, перевищував частку 0,11 від обсягу коштів на виробництво. З цього випливає, що витрати на НДДКР, особливо на наукові дослідження, невеликі порівняно із суто виробничими витратами, однак віддача від них може бути досить вагомою. Нині витрати на НДДКР скорочено до 0,03–0,05, і тому терміни освоєння серійного виробництва нової техніки перевищують п'ять років.

Розроблення Програми може стимулювати залучення в галузь додаткових інвестицій, що дасть змогу:

- збільшити обсяги виробництва й істотно підвищити прибутки від реалізації серійної продукції;
- розширити традиційні та освоїти нові ринки збуту продукції, збільшити валютні надходження;
- знизити споживання енергоресурсів і освоїти енергоощадні технології завдяки впровадженню більш досконалих ГТД і ГПУ, ПГУ на їх основі;
- вирішити проблеми з тепло- та енергопостачанням промислових підприємств і населених пунктів;
- сприяти розвитку суміжних галузей промисловості, таких як металургія, промислове приладо- та енергомашинобудування тощо.

Підбиваючи підсумки, слід підкреслити, що сьогодні газотурбобудування ще зберігає свої передові позиції і є однією з небагатьох галузей промисловості України, яка успішно працює і є важливим джерелом надходження валюти в країну. Розвиток цієї

галузі уможливить вирішення цілої низки найважливіших проблем державного масштабу, проте сама галузь потребує інвестицій і державної підтримки. Інакше через 3–5 років можна чекати різкого зниження конкурентоспроможності вітчизняної продукції газотурбобудування і втрати значної частини ринків збуту внаслідок виходу на світовий ринок нової, більш високотехнологічної продукції провідних компаній, а також появи на ринку виробників із країн, що розвиваються.

Як свідчить світовий досвід, відновлення втрачених позицій на ринку збуту або взагалі неможливе, або потребуватиме у багато разів більших витрат, ніж ті, які необхідні сьогодні для підтримки галузі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Халатов А.А., Ющенко К.А. Современное состояние и перспективы использования газотурбинных технологий в тепловой и ядерной энергетике, металлургии и ЖКХ Украины // Промышленная теплотехника. — Ч. 1. — 2012. — Т. 34, № 6. — С. 30–45; Ч. 2. — 2013. — Т. 35, № 1. — С. 18–29.
2. Mouchan S., Romanov V., Chobenko V., Shevtsov A. Contact steam-and-gas turbine units of the «AQUARIUS» type. The present status & future prospects // Proc. ASME Turbo-Expo 2009: GT 2009-60339.
3. Каталог энергетического оборудования — 2011. Турбины и дизели. — ГОУ СПО Рыбинский политехнический колледж, 2011.
4. Халатов А.А., Романов В.В., Дашевский Ю.Я., Письменный Д.Н. Тенденции развития систем охлаждения лопаток высокотемпературных энергетических ГТД. Ч. 2. Перспективные схемы охлаждения // Промышленная теплотехника. — 2010. — Т. 32, № 2. — С. 60–72.
5. Богуслаев В.А. От газотурбинной установки до теплоэнергетического комплекса // Газотурбинные технологии. — 2012. — № 7. — С. 14–15.
6. Акерман Д.Ш., Зарубин Л.А., Решитько В.П., Росинская А.В. Газотурбинная установка ГТЭ-115М // Вестн. НТУ ХПИ. — 2009. — № 3. — С. 105–109.
7. Субботин В.Г., Швецов В.Л., Решитько В.П., Росинская А.В. Газотурбинная установка ГТЭ-190 // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. — 2009. — № 4/6(40). — С. 53–58.
8. Патон Б.С., Халатов А.А., Білека Б.Д. та ін. Концепція (проект) державної науково-технічної програми «Створення промислових газотурбінних

двигунів нового покоління для газової промисловості та енергетики» // Вісн. НАН України. — 2008. — № 4. — С. 3–9.

9. Халатов А.А., Костенко Д.А., Парафейник В.П. и др. Компрессорные станции ГТС Украины: Концепция модернизации газотурбинного привода газоперекачивающих агрегатов. — К.: ИТТФ НАН Украины, 2009. — 52 с.
10. de Biasi V. 1600°C-class M501J CC plant rated at 460 MW and over 61% efficiency // Gas Turbine World. — 2010. — V. 40, N 5. — P. 10–14.
11. Farmer R. LM6000PH can deliver 47.9 MW within 5 minutes of a cold start // Gas Turbine World. — 2012. — V. 42, N 2. — P. 8–12.

Стаття надійшла 23.05.2013 р.

А.А. Халатов¹, К.А. Ющенко²,
Б.В. Исаков³, Ю.Я. Дашевский³, А.П. Швецов⁴

¹Институт технической теплофизики
Национальной академии наук Украины
ул. Желябова, 2а, Киев, 03057, Украина

²Институт электросварки им. Е.О. Патона
Национальной академии наук Украины
ул. Боженко, 11, Киев, 03680, Украина

³ГП «Научно-производственный комплекс
газотурбостроения «Зоря» — «Машпроект»
просп. Октябрьский, 42а, Николаев, 54018, Украина

⁴Национальный университет кораблестроения
им. адмирала Макарова
просп. Героев Сталинграда, 9, Николаев, 54025, Украина

ГАЗОТУРБОСТРОЕНИЕ В УКРАИНЕ: СОВРЕМЕННОЕ СОСТОЯНИЕ И ПЕРСПЕКТИВЫ РАЗВИТИЯ

Газотурбостроение — одна из наиболее высокотехнологичных отраслей промышленности, которая использует большое количество передовых и наукоемких технологий, способствуя тем самым развитию новых научных направлений и смежных отраслей промышленности. В статье приведена структура газотурбостроения Украины, дано сравнение основных характеристик отечественных газотурбинных двигателей и их зарубежных аналогов, показана эффективность их применения в энергетике и ГТС Украины. Проанализированы основные направления НИОКР, необходимые для совершенствования газотурбинных двигателей, и перспективы участия институтов НАН Украины в этих работах, предложена разработка программы НИОКР по вопросам создания газотурбинной техники нового поколения.

Ключевые слова: газотурбостроение, газотурбинный двигатель, экономичность, энергетическая установка, энергоблок.

*A.A. Khalatov¹, K.A. Yuschenko², B.V. Isakov³,
Yu.Ya. Dashevskiy³, A.P. Shevtsov⁴*

¹ Institute of Engineering Thermophysics of NAS of Ukraine
2a Zhelyabova St., Kyiv, 03057, Ukraine

² Paton Institute of Electrowelding of NAS of Ukraine
11 Bozhenka St., Kyiv, 03680, Ukraine

³ State Enterprise Scientific and Production Complex
of Gas Turbine Engineering «Zorya» – «Mashproekt»
42a Oktyabrskiy Pr., Mykolaiv, 54018, Ukraine

⁴ Admiral Makarov National University of Ship Building
9 Geroev Stalingrada Pr., Mykolaiv, 54018, Ukraine

GAS TURBINE ENGINEERING IN UKRAINE:
THE CURRENT STATE AND PROSPECTS
OF DEVELOPMENT

The gas turbine engineering is one of the high technology industry branches, employing many advanced

and knowledge-capacious technologies, thus providing the progress in fundamental science and related industry branches. In this paper the structure of Ukrainian gas turbine industry is given, the comparison of basic characteristics of national gas turbine engines and foreign prototypes is presented; the effectiveness of national gas turbine engines application in power engineering and mechanical drive systems is shown. The basic directions of fundamental and applied studies required for improvement of national gas turbine engines is analyzed. The prospects of National Academy of Sciences institutes involvement into these investigations are considered, the fundamental and applied research program related to development of new generation of gas turbine technique is presented.

Keywords: gas turbine engineering, gas turbine engine, efficiency, energy plant, energy block.