

З КАФЕДРИ ПРЕЗИДІЇ НАН УКРАЇНИ



ЗИНЬКОВСЬКИЙ

Анатолій Павлович – доктор технічних наук, професор, заступник директора Інституту проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України

АКТУАЛЬНІ ПРОБЛЕМИ ДИНАМІКИ ТА МІЦНОСТІ В СУЧАСНОМУ АВІАЦІЙНОМУ ДВИГУНОБУДУВАННІ

**Стенограма наукової доповіді на засіданні
Президії НАН України 15 березня 2017 року**

Доповідь присвячено актуальним і практично значущим, з огляду на пріоритетні напрями розвитку економіки України, результатам наукових досліджень з розроблення методів та засобів підвищення надійності газотурбінних двигунів, насамперед авіаційних, а також підвищення ресурсу конструктивних елементів і вузлів авіаційної техніки.

Шановний Борисе Євгеновичу!

Шановні члени Президії! Шановні запрошені!

Актуальність і практична значущість розвитку наукових досліджень з обговорюваної сьогодні проблеми визначаються трьома основними факторами. По-перше, це сучасні тенденції в проектуванні авіаційних двигунів, які полягають у зростанні їх питомої потужності та відповідної інтенсивності робочих процесів і водночас у прагненні до зниження матеріаломісткості, що зумовлює високий рівень і широкий спектр діючих термосилових навантажень. По-друге, Україна є однією з небагатьох держав світу, які мають замкнутий цикл проектування та виробництва авіаційної техніки. Забезпечення конкурентоспроможності вітчизняної продукції, насамперед авіаційних газотурбінних двигунів (АГТД), на світовому ринку потребує наукового супроводу на всіх етапах створення і життєвого циклу цих високотехнологічних об'єктів: від розроблення, проектування і доведення до виробництва і подальшої їх експлуатації. І по-третє, це вимоги українських державних органів та рекомендації Єврокомісії щодо посилення ролі академічної науки в напрямі наукового забезпечення реалізації пріоритетів економічного розвитку держави.

Слід зазначити, що ще на першому етапі організації Інституту проблем міцності його засновник академік НАН України Георгій Степанович Писаренко одним із пріоритетних напрямів

мів наукових досліджень у галузі міцності матеріалів та конструкцій визначив розроблення методів та засобів підвищення надійності і довговічності елементів та вузлів конструкцій авіаційної техніки, передусім АГТД, в екстремальних умовах експлуатації. Для вирішення цієї важливої науково-технічної проблеми в Інституті було започатковано такі напрями наукових досліджень:

- розроблення методів та експериментальних засобів визначення дисипативних властивостей матеріалів і конструкцій, у тому числі в полі відцентрових сил, аеродемпфірування лопаток та методів підвищення вібраційної надійності лопаткового апарата;

- створення методів і проведення експериментальних досліджень прогнозування повзучості, довготривалої міцності та залишкової довговічності авіаційних матеріалів різних класів;

- розроблення методів та засобів випробувань на довговічність елементів конструкцій двигунів, зокрема з покриттями, в газових потоках і полі відцентрових сил та їх несівної здатності в екстремальних умовах експлуатації;

- створення теорії накопичення втомних пошкоджень металів на основі врахування їх циклічної непружності і розроблення методів втомного граничного стану матеріалів різних класів при мало- та багатоцикловому навантаженні;

- визначення механічних характеристик матеріалів у широкому діапазоні умов навантаження і температур з дотриманням вітчизняних та міжнародних стандартів.

Нові фундаментальні результати, отримані на основі проведених науково-дослідних робіт з комплексного вивчення проблем міцності матеріалів і елементів та вузлів конструкцій АГТД в умовах екстремального термосилового навантаження, було узагальнено в багатьох монографічних виданнях. Ці результати знайшли безпосереднє використання при створенні нових зразків двигунів, їх було відзначено Державними преміями та іншими високими нагородами.

Враховуючи вимоги сьогодення щодо формування планів наукових досліджень та відповідно до положень Концепції розвитку НАН України на 2014–2023 роки, а також рекомендацій міжнародної комісії щодо підвищення ефективності діяльності НАН України, важлива роль відводиться координації науково-технічного співробітництва академічних установ з промисловими підприємствами. Слід зазначити, що Інститут проблем міцності разом з іншими академічними установами, зокрема Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона, Інститутом проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича, Інститутом проблем машинобудування ім. А.М. Підгорного, Фізико-механічним інститутом ім. Г.В. Карпенка, багато уваги приділяв вирішенню цих питань у галузі двигунобудування. Як приклад можна згадати виконання комплексної науково-технічної програми «Підвищення надійності та довговічності газотурбінних двигунів», затвердженої наказом Міністра авіаційної промисловості СРСР від 17 липня 1986 р. за підтримки президента АН УРСР академіка Б.Є. Патона, керівником якої від Академії було призначено академіка В.Т. Троценка. В 1992–1996 рр. вже в незалежній Україні діяла Державна науково-технічна програма «Підвищення надійності, ресурсу та виключення катастрофічних руйнувань транспортних газотурбінних двигунів», керівником якої був академік НАН України В.Т. Троценко. В останнє десятиліття на замовлення ПАТ «Мотор Січ» та ДП «Івченко–Прогрес» у рамках двостороннього співробітництва виконано майже 20 господарських договорів.

З метою подальшого зміцнення творчих зв'язків та розвитку науково-технічної співпраці у вирішенні актуальних проблем динаміки та міцності в авіаційному газотурбобудуванні, підвищення надійності і ресурсу двигунів, а також надання науково-експертної допомоги та підготовки висококваліфікованих інженерних і наукових кадрів укладено договори про науково-технічне співробітництво з такими підприємствами та організаціями, як ДП «Івченко–Прогрес», ПАТ «Мотор Січ»,

ДП НВКГ «Зоря»–«Машпроект», що є підтвердженням значущості науково-технічного співробітництва у вирішенні актуальних прикладних завдань у галузі авіаційного двигунобудування.

За підтримки провідних підприємств та інших проектно-конструкторських організацій і наукових установ, а також за сприяння Наукової ради з проблеми «Механіка деформівного твердого тіла» Інститут проблем міцності регулярно проводить міжнародні науково-технічні конференції «Проблеми динаміки і міцності в турбомашинобудуванні», що допомагає узагальнити результати фундаментальних і прикладних наукових досліджень, обговорити їх і сприяє формуванню актуальних напрямів подальшого розвитку, координації співробітництва із зацікавленими підприємствами. На жаль, через тяжке фінансове становище та з інших об'єктивних причин заплановану на цей рік конференцію довелося перенести.

У своєму виступі я зупинюся на найважливіших результатах прикладних досліджень лише за двома напрямками, а саме: визначення механічних властивостей сучасних авіаційних матеріалів з урахуванням конкретних технологій їх одержання та обробки, а також температури і видів експлуатаційного навантаження; вивчення динамічної напруженості елементів та вузлів конструкцій і розроблення методів діагностики їх пошкоджень, що виникають під час експлуатації. Приклади використання цих результатів у галузі вітчизняного авіадвигунобудування наочно спростовують деякі хибні думки про недостатню ефективність академічної науки.

Розроблення методологій та проведення кваліфікаційних досліджень сучасних авіаційних матеріалів з визначення їхніх механічних властивостей з урахуванням конкретних технологій одержання таких матеріалів та умов експлуатації. Актуальність цього напрямку полягає в тому, що вирішення завдання з істотного підвищення надійності і ресурсу АГТД, враховуючи нагальну вимогу щодо забезпечення їх конкурентоспроможності на світовому ринку, неможливе без

застосування нових турболопаткових матеріалів з поліпшеними експлуатаційними властивостями, до яких належать жароміцні сплави з напрямленою кристалізацією та гранульовані композиційні матеріали. Достовірне знання їхніх механічних властивостей — ключова проблема визначення ресурсу двигуна.

Відповідно до чинних нормативних документів сертифікації авіаційних газотурбінних двигунів, обов'язковою умовою є проведення спеціальної кваліфікації матеріалів, які використовуються при їх створенні, за результатами випробувань зразків із заготовок відповідних деталей двигуна, отриманих за серійною технологією, на розтяг, повзучість і довготривалу міцність, мало- та багатоциклову втому, а також визначення швидкості росту тріщини втоми згідно з чинними міжнародними стандартами та у сертифікованих лабораторіях.

Інститут має значний досвід вирішення завдань за цим науковим напрямом, а також унікальний комплекс випробувальних стендів та сучасного обладнання. Важливу роль у сучасному оснащенні лабораторій Інституту відіграло рішення Президії НАН України про створення при Інституті Центру колективного користування науковим обладнанням, а також придбання власним коштом окремих видів випробувальних машин. Це насамперед сервогідравлічні машини Instron 8802 (Велика Британія) та Biss-10 (Індія), резонансна машина Rumul Testronic 50kN (Швейцарія).

У співпраці з провідними підприємствами України в галузі авіаційного двигунобудування ДП «Івченко–Прогрес» та ПАТ «Мотор Січ» в Інституті на основі результатів виконаних експериментальних досліджень створено банк даних механічних характеристик широкого класу нових авіаційних матеріалів з урахуванням конкретних технологій їх одержання та обробки, а також температур і видів експлуатаційного навантаження. Наповнення цієї бази даних триває. Зазначену роботу включено до затверджених Президією НАН України оперативних заходів НАН України з наукового забезпечення реалізації пріоритетів економічного розвитку держави.

Результати проведених в Інституті випробувань показали, що довідкові дані про механічні властивості матеріалу потребують постійного уточнення, оскільки змінюються технології та способи виробництва досліджуваних матеріалів. Так, при проведенні ресурсних розрахунків у процесі створення нового двигуна було використано довідкові дані про модуль пружності одного з титанових сплавів. За нашими ж даними, він виявився на 20 % нижчим від довідкового, що й спричинило необхідність внесення коректив у розрахунок ресурсу.

Підсумовуючи викладене, слід відзначити сильні та слабкі сторони Інституту в цьому напрямі. Сильні сторони:

- значний досвід у вивченні механічних властивостей конструкційних матеріалів з урахуванням конкретних технологій їх одержання та обробки, а також температури і видів експлуатаційного навантаження;

- наявність сучасного випробувального обладнання та акредитація лабораторії механічних випробувань у Національному акредитаційному агентстві.

Слабкі сторони:

- необхідність дооснащення лабораторій Інституту сучасними засобами випробувань та модернізації наявного обладнання, що ускладнюється недостатніми обсягами фінансування наукових досліджень;

- необхідність акредитації випробувальних лабораторій Інституту в міжнародних центрах.

Що стосується вирішення цих питань, то, по-перше, вже проведено велику роботу з акредитації лабораторії в Міждержавному авіаційному комітеті, але відомі події призупинили цей процес, а по-друге, передбачається реорганізація лабораторії механічних випробувань у напрямі створення цілісної структури для проведення кваліфікаційних випробувань матеріалів, як це зроблено в провідних європейських інституціях, а також в Інституті дослідження металів Академії наук КНР.

Розроблення методів зниження динамічної напруженості елементів та вузлів конструкцій авіаційних газотурбінних двигунів і діагностики їх пошкоджень. Цей науковий

напрямок був започаткований Г.С. Писаренком, засновником української наукової школи в галузі теорії коливань неконсервативних механічних систем, а зараз його розвиток продовжується за активної участі академіка НАН України В.В. Матвєєва. Актуальність і практична значущість цього напрямку пояснюється тим, що при експлуатації сучасних АГТД трапляються втомні руйнування робочих лопаток, причинами яких є їх резонансні коливання внаслідок колової стаціонарної нерівномірності потоку, зумовленої газодинамічними слідами від лопаток статора, стояками тощо; нерезонансні коливання, спричинені обертовим зривом і турбулентними пульсаціями потоку; флатер — самозбуджувані коливання лопаток під впливом потоку рідини або газу. Витрати на забезпечення вібраційної надійності лопаткового апарата становлять значну частку в загальному балансі часу та коштів, які витрачаються на доводку та впровадження у виробництво АГТД. Так, відомо, що під час доводки виявляють і ліквідують близько 90 % причин можливих поломок і тільки решту — у процесі експлуатації.

Враховуючи отримані в попередні роки результати фундаментальних і прикладних досліджень з вивчення динамічного напружено-деформованого стану найбільш напружених конструктивних елементів та їх систем газотурбінних двигунів, а також конструктивно-технологічні й експлуатаційні чинники та сучасні тенденції в проектуванні АГТД, можна визначити такі напрями подальших досліджень:

1. *Продовження робіт з розроблення методик для дослідження дисипативних властивостей матеріалів та демпфірування коливань елементів конструкцій при різних видах деформації і температурах, у тому числі в полі відцентрових сил.* Для вирішення цього завдання в Інституті є унікальне експериментальне обладнання, з використанням якого було створено банк даних дисипативних характеристик широкого класу матеріалів, що узагальнено в довіднику, який широко використовується дотепер та перевиданий за кордоном. Слід зазначити,

що тільки минулого року стало відомо, що цей довідник було видано науково-технологічним центром Міністерства оборони США без відомості авторів.

Розроблення нових конструкційних матеріалів зумовлює необхідність подальшого проведення досліджень з визначення їх дисипативних властивостей. Однак проведення цих досліджень гальмується внаслідок застарілості наявного випробувального обладнання, особливо в частині автоматизації експерименту.

Отримані в Інституті фундаментальні результати досліджень із забезпечення оптимальної демпфівальної здатності робочих лопаток стали класикою при проектуванні бандажованих робочих лопаток.

Одним із можливих способів підвищення демпфівальної здатності лопаткового апарата АГТД є нанесення покриттів на перо лопаток. У співпраці з Інститутом електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України було проведено комплексні експериментальні дослідження з визначення можливостей наноструктурованих покриттів, нанесених електронно-променевим способом, впливати на підвищення демпфівальної здатності та зниження вібронапруженості стрижневих моделей конструктивних елементів і робочих лопаток компресорів АГТД, виготовлених з титанових сплавів. Встановлено, що демпфівальна здатність таких об'єктів техніки суттєво залежить від структури покриття і параметрів його отримання, насамперед від температури осадження покриття, а також від частоти коливань.

Слід зазначити, що вказані роботи виконувалися в рамках цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Проблеми ресурсу та безпеки експлуатації конструкцій, споруд і машин (РЕСУРС)» і були свого часу підтримані генеральним конструктором авіаційних двигунів членом-кореспондентом НАН України Ф.М. Муравченком.

2. *Розроблення методів прогнозування та дослідження стійкості до дозвукового флатера лопаткових вінців компресорів.* Стрімке зростання амплітуд лопаток при флатері може призвести якщо не до миттєвої відмови

двигуна, то до значної втрати його ресурсу. У зв'язку з цим визначення режимів роботи, за яких можлива поява флатера, є важливою і необхідною складовою забезпечення вібраційної надійності лопаткового апарата. Тому при розробленні конкурентоспроможних двигунів та освоєнні їх серійного виробництва, зокрема при проведенні сертифікаційних випробувань, обов'язковою умовою є визначення критичних умов виникнення флатера або границі динамічної стійкості лопаткових вінців з урахуванням характерних для них конструктивно-технологічних і експлуатаційних факторів.

Натурні випробування двигуна на стійкість лопаток до флатера є надто дорогими. Скоротити їх обсяг дозволяють лабораторні дослідження. В Інституті розроблено експериментально-розрахунковий комплекс з прогнозування стійкості до дозвукового флатера лопаткових вінців компресорів, який дає змогу достовірно визначити аеродинамічні навантаження (сили та моменти), які діють у потоці на робочі лопатки, і на основі їх використання здійснити прогнозування стійкості до дозвукового флатера вінців у широкому діапазоні зміни їх механічних параметрів та характеристик потоку. При цьому створений комплекс є повністю автоматизованим з використанням сучасної вимірювальної та обчислювальної техніки. Це стало можливим завдяки виконанню в 2011 р. науково-технічного проекту, який фінансувався НАН України, а також співробітництву з ПАТ «Мотор Січ».

Слід зазначити, що розроблений експериментально-розрахунковий комплекс можна також пристосувати для прогнозування динамічної стійкості трубних пучків пароконденсаторів і теплообмінників атомних електростанцій.

З використанням цього комплексу було проведено дослідження з прогнозування динамічної стійкості до флатера лопаткових вінців практично всіх авіаційних двигунів, створених в Україні.

У рамках виконання робіт інвестиційного проекту «Розробка та серійне виробництво турбореактивного двоконтурного двигуна АІ-28 для перспективних модифікацій літаків» на за-

мовлення ДП «Івченко–Прогрес» проводяться дослідження з розроблення методики експрес-оцінки аеродинамічної стійкості консольних лопаток осьового компресора до дозвукового флатера на різних режимах роботи ГТД.

3. *Розроблення теорії коливань регулярних систем та її застосування для аналізу коливань лопаткового апарата робочих коліс.* Робочі лопатки проектується як однотипні конструктивні елементи, які мають однакові геометричні, пружні та інерційні характеристики. Через причини технологічного та експлуатаційного характеру на практиці спостерігається певна відмінність зазначених характеристик лопаток, що зумовлює порушення регулярності їх пакетів і поворотної або циклічної симетрії вінців. Як встановлено в результаті численних досліджень, у цьому випадку для систем з поворотною симетрією можливі такі явища, як розщеплення частот та спотворення синусоїдальності взаємноортогональних форм коливань, виникнення розкиду амплітуд резонансних напружень.

Використовуючи фундаментальні властивості систем з конструктивною поворотною симетрією, розроблено наукові засади вивчення напружено-деформованого стану лопаткового апарата робочих коліс турбомашин як пружно-дисипативної системи з порушеною поворотною симетрією з урахуванням конструктивно-технологічних і експлуатаційних чинників.

Прикладом практичного використання запропонованих теоретичних підходів до аналізу коливань лопаткового вінця як системи з порушеною поворотною симетрією є результати проведеної експертної оцінки причин обриву лопатки при ресурсних випробуваннях маршового вертолітного двигуна. На основі аналізу спектра власних частот коливань комплекту лопаток робочого колеса та отриманих з використанням розроблених їх скінченноелементних моделей частотних діаграм було встановлено, що причиною обриву лопатки було порушення її геометрії в процесі виробництва. Саме підготовлена Інститутом експертна оцінка була прийнята авіарегістром Міждержавного авіаційного комітету за основу при ухваленні

позитивного рішення про визнання результатів випробувань. Це дозволило зберегти значні матеріальні ресурси, оскільки відпала необхідність у проведенні повторних ресурсних випробувань.

4. *Визначення закономірностей впливу кристалографічної орієнтації монокристалічних матеріалів на напружений стан робочих лопаток турбін з урахуванням експлуатаційних режимів навантаження.* Широке використання в турбінах АГТД робочих лопаток з монокристалічних жароміцних нікелевих сплавів, які характеризуються суттєвою анізотропією як фізичних, так і механічних властивостей, зумовлює необхідність підвищення достовірності визначення характеристик їх напружено-деформованого стану і створення ефективних методів оцінки міцності.

У співдружності з ДП «Івченко–Прогрес» проводяться комплексні дослідження з удосконалення розрахунково-експериментальних методів аналізу статичного і динамічного станів монокристалічних робочих лопаток турбін і визначення закономірностей впливу кристалографічної орієнтації монокристалічних матеріалів на напружений стан таких лопаток з урахуванням експлуатаційних режимів навантаження.

На підставі встановлених закономірностей впливу конструктивно-технологічних і експлуатаційних факторів на напружено-деформований стан лопаток розроблено рекомендації з раціонального вибору кристалографічної орієнтації матеріалу, які дозволяють обґрунтовано призначати гранично допустимі її відхилення з точки зору забезпечення міцності лопаток. Використання розробленого розрахунково-експериментального методу з визначення границі витривалості лопаток дозволяє істотно скоротити матеріальні витрати і час випробувань.

5. *Розроблення методик раціонального вибору параметрів поличного бандажування і визначення їх впливу на статичний і вібраційний стани робочих лопаток турбін.* Поличне бандажування робочих лопаток турбін у практиці проектування турбін АГТД, поряд з його осно-

ним призначенням, а саме, зменшенням перетікання газу через радіальний зазор і кінцевих втрат, використовується як засіб зниження напруженості вінців при небезпечних режимах їх експлуатації. При цьому застосовуються як різні типи бандажних полиць — беззигові та Z-подібні, так і різні способи бандажування — кільцеве, пакетне, попарне. Обґрунтування вибору того чи іншого типу полиць і способу бандажування лопаток неможливе без використання сучасних способів комп'ютерного моделювання досліджуваних об'єктів, які дозволяють більш адекватно описати умови взаємодії контактних поверхонь полиць з урахуванням діючих навантажень на характерних режимах експлуатації двигуна.

Для розглянутих лопаток, незалежно від типу бандажних полиць, характерний високий рівень діючих навантажень і температур, що спричинює активацію процесів повзучості матеріалу. З використанням запропонованої моделі повзучості матеріалу досліджуваних лопаток визначено закономірності її впливу на динаміку зміни напружено-деформованого стану і геометрії лопаток, рівень максимальної їх напруженості, втрату натягу по контактних поверхнях бандажних полиць у процесі вироблення ресурсу, величину залишкових напружень, які дають можливість прогнозувати процес розвитку залишкового розвороту пера розглянутих лопаток. Це дозволяє уникнути небезпечних ситуацій в експлуатації завдяки своєчасному ремонту лопаток. При цьому встановлено, що використання беззигових бандажних полиць дає змогу значно зменшити напруженість робочих лопаток та досягти необхідного їх ресурсу.

За результатами проведених розрахунків та їх порівняння з даними експлуатації робочих лопаток турбіни середнього тиску та першого ступеня турбіни вентилятора встановлено, що виробіток контактних поверхонь бандажних полиць спричинений зменшенням нормальної сили, що діє на ці поверхні, внаслідок повзучості матеріалу лопаток. Підвищити довговічність полиць можна завдяки зменшенню кута пружної закрутки пера як способу зниження

його напруженості, що сповільнює процес повзучості, а необхідна нормальна сила на контактних поверхнях забезпечується підвищенням кута їх нахилу.

Отримані результати досліджень використовуються на провідних двигунобудівних підприємствах України — ДП «Івченко–Прогрес» і ПАТ «Мотор Січ» для встановлення і подовження ресурсу робочих лопаток серійних двигунів Д-18Т, Д-436, ТВЗ-117ВМА-СБМ1, а також створюваних перспективних двигунів Д-27, АІ-222-25, АІ-450, АІ-22. За результатами цих досліджень захищено кілька дисертаційних робіт.

6. *Дослідження впливу поверхневих експлуатаційних пошкоджень лопаток на характеристики їх напружено-деформованого стану.* У процесі експлуатації двигунів у лопатках під впливом обтікаючого потоку та різного роду сторонніх предметів, таких як лід, птахи та ін., виникають раковини, забоїни та інші пошкодження. При циклічному деформуванні лопаток можливе виникнення тріщин втоми, що може призвести до їх обриву.

Наявність пошкоджень у конструкції насамперед впливає на пружні властивості системи і, як наслідок, на її вібраційні характеристики, змінення яких широко використовується для виявлення таких пошкоджень.

Питанням пошуку надійних діагностичних параметрів наявності пошкоджень у робочих лопатках приділяється значна увага. Виконано великий обсяг обчислювальних досліджень впливу параметрів поверхневих пошкоджень на характеристики коливань стрижневих конструктивних елементів з використанням спрощених та скінченноелементних моделей, розроблених в Інституті.

Розроблено наукові основи вібродіагностики наявності локальних поверхневих недосконалостей за зміною спектра власних частот коливань і дихаючих тріщин втоми за характеристиками супер- і субгармонічного резонансів досліджуваних пружних тіл як необхідної умови забезпечення функціональної робоздатності високонантажених вузлів сучасних газотурбінних двигунів.

Підтвердженням наукової значущості досліджень з цього наукового напрямку є відзначення їх окремих результатів преміями НАН України. Так, у 2015 р. за цикл праць «Міцність і надійність лопаткового апарата робочих коліс сучасних авіаційних газотурбінних двигунів та забезпечення його ресурсу» присуджено премію імені С.П. Тимошенка НАН України (у співавторстві зі співробітниками ДП «Івченко–Прогрес» В.М. Меркуловим та О.В. Шереметьєвим). Премією НАН України для молодих учених і студентів вищих навчальних закладів за кращі наукові роботи у 2016 р. відзначено цикл праць «Закономірності впливу орієнтації контактних поверхонь полиць бандажованих лопаток на напружено-деформований стан їх вінців» (автори — Я.Д. Круглій, К.В. Савченко).

Окремо слід зупинитися на питанні міжнародного співробітництва в галузі авіаційної техніки. Незважаючи на обмежені фінансові можливості, Інституту вдалося налагодити творчу і виробничу співпрацю із зарубіжними науковими установами, університетами та іншими організаціями. У рамках безвалютного обміну проводилися роботи за двома спільними проектами з Інститутом термомеханіки АН Чеської Республіки. Уже багато років Інститут співпрацює з Інститутом проточних машин ім. Р. Шевальського Польської АН. Зараз готуються матеріали для участі в конкурсі українсько-польських проектів та для стажування молодого вченого у польських колег. Інститут набув статусу колективного члена Міжнародного товариства з діагностичного контролю (International Society for Condition Monitoring, Велика Британія). Триває інтенсивна робота з визначення напрямів наукового співробітництва. Укладено договір про науково-технічне співробітництво з Міжнародним інститутом акустики і вібрації (США). Минулого року ця інституція видала гранти двом молодим ученим нашого Інституту для участі в 23-му Міжнародному конгресі в Греції. Продовжується співробітництво з фірмою-виробником випробувального облад-

нання BISS (Індія). Важливою для подальшої інтеграції в європейський науковий простір є участь Інституту в проекті AERO-UA програми «Горизонт-2020». Інститут вибрано виконавцем проекту 3.3a Manufacturing Joints, де координатором є Fraunhofer Institute for Factory Operation and Automation (Німеччина).

ДП «Івченко–Прогрес» як виконавець проекту 3.2a Engine Health Management System вважає доцільним залучити Інститут до його виконання за такими напрямками співробітництва з партнерами проекту:

- методи розрахункового та експериментального вивчення коливань елементів конструкцій типу лопаток турбомашин та їх систем (вінців і пакетів) з урахуванням можливих експлуатаційних пошкоджень та впливу відцентрових сил і температури;
- методи діагностування наявності тріщин втоми та інших пошкоджень елементів конструкцій при їх вимушених коливаннях;
- експериментально-розрахункові методи зниження вібронпруженості лопаток турбомашин при резонансних режимах експлуатації за рахунок підвищення демпфірувальної здатності та визначення границі їх динамічної стійкості до флатера.

Протягом 2017–2018 рр. разом із ДП «Івченко–Прогрес» за результатами комплексних експериментально-розрахункових досліджень планується підготовка до друку монографії «Підвищення ресурсу бандажованих робочих лопаток турбін авіаційних газотурбінних двигунів».

На завершення хотів би запевнити Президію НАН України, що Інститут буде і надалі на високому рівні проводити наукові дослідження з розроблення методів і засобів підвищення міцності і надійності авіаційних газотурбінних двигунів з урахуванням пріоритетних напрямів розвитку економіки України та з метою більш широкого залучення до європейського дослідницького простору.

Дякую за увагу!

За матеріалами засідання підготувала О.О. МЕЛЕЖИК