



ЛОБАНОВ

Леонід Михайлович — академік НАН України, академік-секретар Відділення фізико-технічних проблем матеріалознавства НАН України, заступник директора Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, заступник голови Наукової ради цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин»

ПРО ВИКОНАННЯ ЦІЛЬОВОЇ КОМПЛЕКСНОЇ ПРОГРАМИ НАУКОВИХ ДОСЛІДЖЕНЬ НАН УКРАЇНИ «ПРОБЛЕМИ РЕСУРСУ І БЕЗПЕКИ ЕКСПЛУАТАЦІЇ КОНСТРУКЦІЙ, СПОРУД ТА МАШИН»

Стенограма наукової доповіді на засіданні Президії НАН України 16 грудня 2015 року

У доповіді підбито підсумки виконання в 2013–2015 рр. цільової комплексної програми наукових досліджень НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин», розглянуто найважливіші отримані науково-технічні та практичні результати, визначено науково-технічні проблеми безпеки експлуатації відповідальних об'єктів, що потребують подальшого вирішення.

Шановний Борисе Євгеновичу! Шановні учасники засідання! Зараз у багатьох країнах світу простежується тенденція наближення значної кількості конструкцій, споруд, інженерних мереж до свого критичного терміну експлуатації. Особливого значення ця проблема набула в Україні. У зв'язку з цим питання безпеки функціонування основних об'єктів промисловості, енергетики, транспорту, будівництва з кожним роком стають дедалі актуальнішими. Важливими є завдання, пов'язані з управлінням експлуатаційною надійністю та довговічністю складних об'єктів шляхом визначення їхнього технічного стану і залишкового ресурсу, встановлення науково обґрунтованих термінів і регламентів експлуатації.

Вирішенню цих питань присвячено цільову комплексну програму НАН України «Проблеми ресурсу і безпеки експлуатації конструкцій, споруд та машин», яка виконувалася упродовж 2013–2015 рр. Науковим керівником Програми є Борис Євгенович Патон. Мета Програми — розроблення методологічних основ прогнозування залишкового ресурсу, створення методів,

технологічних засобів і технологій для оцінювання технічного стану і подовження термінів експлуатації техногенно та екологічно небезпечних об'єктів.

Програма складалася з 9 розділів, які очолювали академіки НАН України З.Т. Назарчук, І.М. Неклюдов, А.А. Долінський, Л.М. Лобанов, К.А. Ющенко, В.В. Панасюк, члени-кореспонденти НАН України В.В. Харченко, В.І. Похмурський, А.Я. Красовський. Програма включала 126 проектів, до виконання яких було залучено 25 інститутів 8 відділень НАН України. У процесі виконання проектів Програми отримано важливі наукові, науково-технічні і практичні результати. Дозвольте навести лише деякі з них.

Для галузі залізничного транспорту в межах комплексного проекту, який виконували Інститут чорної металургії ім. З.І. Некрасова, Фізико-технологічний інститут металів і сплавів та Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка, розроблено нову зносостійку сталь для залізничних коліс і методи визначення їх експлуатаційного ресурсу за наявності пошкоджуваності поверхні кочення дефектами типу вищербина. Проведені дослідження підтвердили, що нова сталь відповідає вимогам промислового виробництва коліс і забезпечує істотне підвищення їх експлуатаційного ресурсу та надійності.

Відомо, що останнім часом різко збільшилася кількість аварій, пов'язаних з руйнуванням візків вантажних вагонів. Причиною аварій у більшості випадків є дефекти лиття несучих конструкцій. Розроблено зварні конструкції бічної рами і надресорної балки найбільш поширеного візка вантажних залізничних вагонів на заміну литих несучих конструкцій. Крім того, виконано дослідження динамічних якостей вагона з візками зварної конструкції з компонентами обладнання подовженого ресурсу та запропонованими додатковими пружно-дисипативними зв'язками. За результатами цих досліджень надано рекомендації щодо оптимізації конструкції всього візка.

Розроблено та впроваджено технологію ремонту зварюванням рам візків локомотивів.

Досліджено особливості пошкоджуваності металу в процесі тривалої експлуатації та закономірності впливу технологічних параметрів ремонтного зварювання на напружено-деформований стан, структуру та опір крихкому і уповільненому руйнуванню зварних з'єднань. Технологія ремонту зварних елементів з тріщинами втомі забезпечує підвищену опірність крихкому руйнуванню відновлених зварних вузлів в умовах експлуатації.

Фахівці Фізико-технологічного інституту металів і сплавів довели, що збільшення ресурсу сильнострумового ковзаючого контакту ґрунтується на застосуванні вставок на основі міді з легуючими добавками заліза, хрому і вуглецю, які забезпечують підвищені трибологічні властивості при меншому зносі контактного дроту. Створено технологічне обладнання, виготовлено дослідні зразки вставок і проведено дослідження їх властивостей відповідно до потреб Укрзалізниці. Розроблено технологічні рекомендації для промислового освоєння виробництва запропонованих контактних деталей, що використовуються на залізничному транспорті.

Розроблено нову енергоощадну технологію надзвукового електродугового напилювання для подовження ресурсу великогабаритних деталей рухомого складу залізничного транспорту. Створено електродуговий металізатор з підвищеною продуктивністю для напилювання покриттів. Проведено випробування технологічного процесу і обладнання при нанесенні покриттів на поверхні шийок колінчастих валів дизельних потягів. Технологія і устаткування використовуються на ремонтному підприємстві Укрзалізниці.

Розроблено технологічний процес формування внутрішньої шліцьової поверхні втулок карданного валу дизель-потягів з використанням методу інтенсивної поверхневої пластичної деформації для створення градієнтної структури. За результатами проведених випробувань встановлено, що формування сильно деформованих поверхонь значно підвищує опір втомі та покращує характеристики зносостійкості. Ресурс роботи втулок подовжено до 10

років експлуатації рухомого складу. Створена технологія використовується в промислових умовах при відновленні валів дизель-потягів.

В Інституті проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича розроблено технологію виготовлення елементів фрикційних пар з порошкових композиційних матеріалів з підвищеним експлуатаційним ресурсом для гальмівних пристроїв рухомого складу залізничного транспорту. Виконано комплекс лабораторних та стендових випробувань фізико-механічних і триботехнічних характеристик отриманих матеріалів системи метал—скло і проведено дослідно-промислово апробацію розробленої технології в заводських умовах. Розпочато підготовку до серійного виробництва фрикційних елементів.

Створено систему керування процесом контактного зварювання оплавленням рейок у стаціонарних і польових умовах, що забезпечує підвищення експлуатаційного ресурсу та надійності залізничних колій. Вона дає змогу виявляти відхилення параметрів і запобігати їх виходу за нормативні допуски, що стабілізує процес зварювання і поліпшує якість та довговічність з'єднань. Система пройшла випробування в промислових умовах і впроваджується на рейкозварювальних підприємствах Укрзалізниці.

Створено комплекс технічних засобів для автоматизованої ультразвукової дефектоскопії залізничних рейок. Розроблено математичне забезпечення мікропроцесорних вузлів та засобів інтерактивної взаємодії оператора з органами управління дефектоскопа. Дослідний зразок автоматизованого дефектоскопа застосовується у колійному господарстві України.

Для галузі трубопровідного транспорту досліджено причини руйнування кільцевих зварних з'єднань магістральних газонафтопроводів. Встановлено, що руйнування зумовлені наявністю технологічних дефектів та експлуатаційних пошкоджень, переважно корозійного походження. Рівень механічних властивостей металу зварних з'єднань, зокрема після тривалої експлуатації газонафтопроводів, є достатнім і його не можна розглядати як причину

руйнування. Надано рекомендації щодо усунення причин виникнення дефектів та запобігання руйнуванню кільцевих з'єднань під час експлуатації.

Для оцінки технічного стану та подовження ресурсу повітряних переходів магістральних трубопроводів в Інституті проблем міцності ім. Г.С. Писаренка розроблено алгоритм розрахунку розгалужених канатних систем з урахуванням їх взаємодії з трубопроводом. Алгоритм дозволяє визначити переміщення і напружено-деформований стан системи, а також знаходити її власні частоти і форми коливань. Надано рекомендації щодо оптимізації 20 надземних переходів газопроводів, розташованих у Карпатському регіоні України.

Створено перше вітчизняне обладнання для безсканівного низькочастотного ультразвукового контролю стану технологічних трубопроводів. Його значною перевагою є далекодіяльність і ефективність діагностики протяжних об'єктів у місцях, де інші методи є непридатними. Здійснено випробування та проведено адаптацію розробленої апаратури для застосування у виробничих умовах. Встановлено, що вона забезпечує підвищену чутливість до корозійно-ерозійних пошкоджень і за точністю визначення відстані до дефектів відповідає найкращим зарубіжним аналогам.

Інститут надтвердих матеріалів ім. В.М. Бакуля і Фізико-механічний інститут ім. Г.В. Карпенка виконали комплексний проект щодо підвищення довговічності пар тертя насосів спеціального призначення та інших вузлів, що експлуатуються в екстремальних умовах. Розроблено технологію виготовлення нових зносо- та корозійностійких матеріалів, легованих карбідом хрому. Технологію та матеріали впроваджено на комунальному підприємстві «Львівводоканал».

Розроблено вібродіагностичну систему «Пульс» для визначення дефектів промислового обладнання з використанням методів нестационарної статистичної обробки вібраційних та акустичних коливань. Вона призначена для відбору та опрацювання вібраційних сигналів обертових механізмів з метою виявлення де-

фектів на ранніх стадіях їх зародження і запобігання аварійним ситуаціям. Систему «Пульс» застосовано при обстеженні технічного стану низки промислових об'єктів України, таких як газоперекачувальні агрегати Львівтрансазу, турбогенератори Бурштинської ТЕС, редуктори вугільних конвеєрів на державному підприємстві «Морський торговий порт Південний».

У Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка розроблено метод ефективного виділення екстрактів з відходів деревообробної промисловості й технологію синтезу композицій на їх основі, які захищають середньовуглецеві сталі від корозії. Здійснено випуск та апробацію дослідної партії інгібітора корозії. Розроблений інгібітор впроваджено для підвищення довговічності великогабаритних конденсаторів.

Розроблено метод відновлення та подовження ресурсу штоків гідроциліндрів шахтного і комунального обладнання, що експлуатуються в умовах корозійно-абразивного зношування. Відновлення здійснюється засобами газотермічного напилення і наплавки. Розроблено спеціалізовані порошкові дроти для формування покриттів з підвищеною корозійною тривалістю. Дослідно-промислова перевірка їх ефективності показала, що вартість відновлення штока гідравлічних систем становить лише 20–30 % від вартості нового.

Проведено комплекс експериментальних досліджень з наплавлення тертям з перемішуванням нержавіючих сталей на мідні плити кристалізаторів. Створено спеціалізований інструмент підвищеної жароміцності та зносостійкості. Розроблена технологія є основою для отримання різних біметалічних з'єднань для відновлення роботоздатності та подовження ресурсу кристалізаторів безперервного розлиття заготовок.

Для галузі атомної енергетики в Інституті проблем міцності ім. Г.С. Писаренка розроблено методологічні основи оцінки опору руйнування і ресурсу елементів обладнання першого контуру атомних електростанцій з урахуванням дефектності, залишкової спадковості та повторних режимів експлуатаційних навантажень. За результатами розрахунків доведено,

що поглиблені пружно-пластичні оцінки кінетики напружено-деформованого стану корпусу реактора в разі термошоку дають змогу обґрунтувати додаткові резерви міцності та ресурсу. Зараз з використанням розробленої методології виконуються роботи щодо обґрунтування подовження строку експлуатації парогенераторів енергоблока № 3 Рівненської АЕС.

У Харківському фізико-технічному інституті проведено комплекс досліджень з подовження ресурсу одного з найвразливіших місць в атомних енергоблоках з реакторами ВВЕР-1000 — зварного з'єднання колектора з корпусом парогенератора. Установлено, що зародження і розвиток тріщин починається з вкраплень карбіду кремнію при охолодженні енергоблока з високою швидкістю. Важливу роль при цьому відіграє водень, який накопичується в зоні кореня шва, що межує з теплоносієм. За результатами досліджень надано рекомендації щодо зменшення експлуатаційних дефектів.

Розроблено технологію отримання методом електронно-променевого осадження покриттів на основі карбіду кремнію на цирконієві оболонки ТВЕЛів, здатних запобігати виникненню пароцирконієвої реакції в умовах аварійної роботи атомного енергетичного реактора, як це відбулося на АЕС Фукусіма в Японії. Визначено оптимальний склад та структуру покриттів, що витримують нагрівання до температури 1200 °С в атмосфері водяної пари. Використання ТВЕЛів із захисним покриттям сприятиме підвищенню надійності та довговічності роботи атомних реакторів.

В Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона розроблено систему безперервного акустико-емісійного моніторингу технічного стану високотемпературних компонентів енергетичного обладнання, яка дозволяє на основі даних акустоемісії в реальних умовах експлуатації конструктивних елементів визначити передруйнівне навантаження матеріалу в будь-який момент часу і незалежно від терміну напруження та коливань температури. Систему впроваджено в промислову експлуатацію для моніторингу паропроводів гарячого перегріву

пари енергоблока київської ТЕЦ-6. Проводяться також роботи щодо її застосування для безперервного моніторингу компонентів обладнання на київській ТЕЦ-5.

Створено комплекс технічних заходів для високочастотної та оптико-акустичної діагностики композитних елементів конструкцій авіакосмічної техніки. Комплекс включає надвисокочастотний рефлектометр міліметрового діапазону довжин хвиль, оптико-акустичний інтерференційний корелятор і програмне забезпечення для виявлення у реальному часі розшарувань та інших внутрішніх дефектів у композитах. Випробування розробленого комплексу технічних засобів заплановано провести найближчим часом на ДП «АНТОНОВ» і КБ «Південне».

Розроблено технологію діагностики методом електронної широкорафії елементів авіаційних конструкцій з металевих та композиційних матеріалів. Її ефективність підтверджено дослідженнями як на тестових зразках, так і на натурних елементах обшивки фюзеляжу крила літака. Вона може використовуватися при виробництві конструкцій, а також у процесі їх експлуатації та ремонту. Технологія впроваджується для діагностики компонентів авіаційного обладнання на ДП «АНТОНОВ».

В Інституті електрозварювання ім. Є.О. Патона та в Інституті електродинаміки проведено комплекс досліджень щодо створення електроімпульсного методу і відповідного обладнання для регулювання напруженого стану зварних з'єднань транспортних конструкцій. Доведено, що електроімпульсна обробка зварних швів дозволяє істотно зменшити залишкові напруження в зварних з'єднаннях, підвищити їх опір втомленості і виправити залишкові жолоблення. Для підвищення ресурсу елементів авіаційних конструкцій проведено електроімпульсну обробку зварних швів проміжного корпусу авіадвигуна з магнієвого сплаву, отворів для перетікання палива в панелях крила літака з алюмінієвого сплаву тощо.

У результаті виконання комплексного проекту розроблено алюмінієвий сплав з підвищеним рівнем механічних і ливарних властивос-

тей. Створено технологію лиття нового сплаву під електромагнітним тиском на основі магнітодинамічної установки та визначено режими його термообробки. Виготовлено виливки відповідальних авіаційних деталей і передано на ДП «АНТОНОВ» для дослідження їх ресурсних властивостей. Розроблено технологічні інструкції щодо промислового виготовлення запропонованого сплаву.

Розроблено гібридну технологію, що поєднує електронно-променеве зварювання і зварювання тертям з перемішуванням для відновлення ресурсу конструкцій авіаційної та космічної техніки з алюмінієвих і магнієвих сплавів. Розроблено типорозмірний ряд інструментів і методологію попередньої обробки тертям з перемішуванням поверхневих шарів, що дозволяє отримати дрібнозернисту структуру сплавів і значно підвищити міцність з'єднань після електронно-променевого зварювання. Гібридну технологію впроваджено на підприємстві «Мотор-Січ».

У рамках розділу, науковим керівником якого є академік Володимир Васильович Панасюк, підготовлено низку науково-технічних посібників і нормативних документів.

Під час виконання Програми одержано багато інших корисних результатів. За браком часу у звітній доповіді неможливо сказати про всі з них, їх наведено в підсумковому збірнику праць з програми «Ресурс». До цієї книги ввійшли статті про основні результати за останні 3 роки за кожним із проектів Програми та оглядові статті наукових керівників розділів. Фахівці вважають такі збірники енциклопедією з питань ресурсу. Вони є вагомим внеском у підвищення рівня науково-інженерної культури в нашій країні.

Загалом за 2013–2015 рр. за результатами виконання Програми опубліковано 495 друкованих праць, з яких 34 монографії та збірники, отримано 49 патентів України на винаходи.

Шановні колеги! Дозвольте нагадати, що цього року завершується термін виконання чергового трирічного циклу програми «Ресурс». Зважаючи на важливість отриманих результатів та актуальність проблеми зноше-

ності основних фондів усіх галузей промисловості України, доцільно започаткувати нову цільову програму наукових досліджень НАН України «Надійність і довговічність матеріалів, конструкцій, обладнання та споруд». Мета цієї Програми — створення нових матеріалів з подовженим ресурсом роботи, розроблення наукових положень управління надійністю і довговічністю відповідальних об'єктів, створення ефективних методів, технічних засобів і технологій для оцінки і подовження ресурсу обладнання провідних галузей промисловості. Пріоритетні наукові напрями Програми:

- нові матеріали з високими механічними, термічними, триботехнічними характеристиками для екстремальних умов експлуатації;
- розвиток наукових підходів для оцінки технічного стану та обґрунтування безпечного терміну експлуатації об'єктів підвищеної небезпеки на території України;
- розроблення методів і нових технічних засобів неруйнівного контролю матеріалів і виробів, а також створення систем діагностики особливо небезпечних об'єктів тривалої експлуатації;
- створення ефективних технологій для підвищення надійності та довговічності обладнання атомної і теплової енергетики, трубопроводів, мостів, будівельних, промислових і транспортних конструкцій;
- підготовка нормативних документів і технічних рекомендацій з питань оцінки і подовження ресурсу об'єктів тривалої експлуатації.

Ми готові розпочати підготовку проектів для включення їх у нову Програму. Розроблено концепцію і структуру Програми, сформовано склад Наукової ради. Виконання програми робіт зумовить зменшення випадків аварій і надзвичайних ситуацій у техногенній сфері, а також дасть значний економічний ефект за рахунок подовження термінів безпечної експлуатації відповідальних об'єктів великої вартості, особливо атомних і теплових станцій, трубопроводів, мостів, будівельних споруд, конструкцій авіаційної та космічної техніки.

На завершення доповіді дозвольте зазначити, що Інститут проблем матеріалознавства ім. І.М. Францевича зробив перспективну пропозицію щодо формування в межах європейської програми досліджень та інновацій «Горизонт-2020» матеріалознавчої платформи «Ресурс». Проекти цієї Платформи доцільно спрямувати на створення ресурсних матеріалів, які забезпечують тривалий і прогнозований термін експлуатації об'єктів різного призначення та набір необхідних службових властивостей для роботи в екстремальних умовах. До таких матеріалів належать композиційні і наноструктуровані матеріали, конструкційні та функціональні матеріали для сучасних галузей промисловості, матеріали біомедичного призначення. Зараз розробляється концепція цієї Платформи, яку буде подано на розгляд європейським партнерам.

Дякую за увагу.

За матеріалами засідання підготувала О.О. МЕЛЕЖИК