

В. Панасюк

ЗАДЛЯ МІЦНОСТІ І ДОВГОВІЧНОСТІ

Фізико-механічному інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України — 60 років

Фізико-механічний інститут НАН України засновано у Львові в 1951 р. на базі деяких установ АН УРСР і АН СРСР. Очолив тодішній Інститут машинознавства та автоматики АН УРСР, а з 1964 р. Фізико-механічний інститут (ФМІ) професор М.М. Шумиловський (1951–1952). Під його керівництвом працювали відомі вчені: Г.М. Савін, М.Я. Леонов, В.М. Михайловський. З 1971 р. його змінив чинний директор В.В. Панасюк.

Створення інституту було зумовлено необхідністю формування і розвитку науково-технічного потенціалу в галузі машино- і приладобудування, наукового супроводу промисловості в західних областях України. Відтак науковці зосередилися на фундаментальних і прикладних проблемах матеріалознавства конструкційних матеріалів, механіки матеріалів, міцності конструкцій, на автоматизації виробничих процесів, підготовці фахівців.

За керівництва Г.В. Карпенка (1952–1971) розпочався бурхливий розвиток наукового осередку. Директор цілеспрямовано утверджував новий напрям у науці про міцність і довговічність елементів конструкцій машин, а саме: фізико-хімічну механіку ма-

теріалів, яка охоплювала дослідження міцності матеріалів у різних робочих середовищах, зокрема в корозійних. Георгій Володимирович готував дослідників у цій галузі, створював лабораторії для фундаментальних і прикладних досліджень [1].

У травні 1952 р. проф. Львівської політехніки К.Б. Карандеев очолив відділ автоматизації контролю та виміральної техніки, який зосередився на науковому приладобудуванні, зокрема вітчизняної апаратури для електророзвідки корисних копалин. К.Б. Карандеев разом із В.М. Михайловським започаткували новий напрям наукового приладобудування — фізикометрію.

Дослідження Г.М. Савіна, М.Я. Леонова, інших працівників інституту з концентрації напружень біля гострих концентраторів — надрізів і тріщин [2] уже в перше десятиріччя діяльності ФМІ започаткували нову галузь у науці про міцність деформівних тіл (деталей машин) з дефектами типу тріщин. У 70–80-ті рр. ХХ ст. його взято за основу під час формування наукової проблематики інституту:

— фізико-хімічна механіка руйнування і міцності матеріалів, зокрема вплив на їхні властивості експлуатаційних середовищ;

© ПАНАСЮК Володимир Васильович. Академік НАН України. Директор Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України (Львів). 2011.

— теорія і технології захисту металоконструкцій від корозії та корозійно-механічного руйнування;

— теорія і методи неруйнівного контролю неоднорідних середовищ, створення інформаційно-вимірювальних систем.

У цих галузях інститут посідає провідні позиції в Україні і світі [3–5]. Зокрема, засновано школи з таких проблем:

- механіка руйнування і міцності матеріалів (академік НАН України В.В. Панасюк, член-кореспондент НАН України І.М. Дмитрах);

- корозія і захист від неї металів (член-кореспондент НАН України В.І. Похмурський, д.т.н. Г.М. Никифорчин);

- фізичні поля в неоднорідних середовищах, неруйнівний контроль матеріалів і середовищ (академік НАН України З.Т. Назарчук, д.ф.-м.н. Д.Б. Куриляк);

- структурна механіка і міцність конструкційних матеріалів (член-кореспондент НАН України В.М. Федірко, д.т.н. О.П. Осташ).

З 1965 р. організація регулярно видає міжвідомчий збірник «Відбір та обробка інформації», а також тематичні збірники наукових праць. Вагомим досягненням стала публікація впродовж 1988–2009 рр. серії фундаментальних праць «Механіка руйнування та міцність матеріалів» (12 томів).

Понад 35 років ми друкуємо науково-технічний журнал «Фізико-хімічна механіка матеріалів», який став провідним із проблем фізико-хімічної механіки руйнування і міцності матеріалів, впливу на останню середовища, зокрема корозійного і воденьвмісного, дії дефектності структури матеріалів на їхню міцність, теорії, методів, технологій захисту металів від корозії тощо. Журнал під



Центральний корпус Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України

назвою «Materials Science» перевидане англійською мовою видавництво «Springer».

Науковці ФМІ з колегами із Львівського національного університету ім. Івана Франка, Національного університету «Львівська політехніка», Івано-Франківського національного інституту нафти і газу, Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України, інших організацій упродовж 2001–2010 рр. підготували 8 науково-технічних посібників «Механіка руйнування та міцність матеріалів».

За 60 років діяльності інституту його співробітники захистили 84 докторських і 587 кандидатських дисертацій, у тому числі 17 і 60 відповідно — за останні десять років. Працівники ФМІ опублікували 274 монографії, отримали понад 1600 авторських свідоцтв на винаходи. За вагомі наукові і прикладні розробки науковців відзначено двома Державними преміями СРСР, вісьмома Державними преміями України, 17 преміями Академії наук України [3].

У 1980 р. ФМІ присвоєно ім'я академіка Г.В. Карпенка задля вшанування його заслуг перед наукою й інститутом з нагоди 90-річчя від дня народження дослідника.

В інституті ґрунтовно досліджують проблеми фізико-хімічної механіки руйнування і міцності матеріалів. Г.В. Карпенко утвердив новий напрям із досліджень впливу робочих середовищ на міцність матеріалів, який дістав назву «фізико-хімічна механіка матеріалів». Упродовж 50–70-х рр. наш заклад досяг у ній вагомих результатів [1, 3], зокрема у вивченні корозійної втоми і корозійного розтріскування металів (Г.В. Карпенко, І.І. Василенко, В.І. Похмурський, В.Т. Степуренко, А.І. Яцюк та ін.), високотемпературної роботоздатності конструкційних матеріалів (Г.Г. Максимович, М.Й. Чаєвський та ін.), водневого окрихчення металів і сплавів (Г.В. Карпенко, Р.І. Крип'якевич та ін.). Ці дослідження стали основою технологій зміцнення мате-

ріалів: термомеханічного і поверхневого (Ю.І. Бабей, О.М. Романів та ін.).

У цей період розпочалися дослідження з теорії граничної рівноваги твердих тіл з тріщинами [6] (М.Я. Леонов, В.В. Панасюк, П.М. Витвицький), з концентрації напружень біля отворів, з термопружності (Г.М. Савін, Я.С. Підстригач, С.Я. Ярема). У 1968 р. побачила світ монографія «Гранична рівновага крихких тіл з тріщинами» [6], у 1971 р. її перевидали в США англійською мовою, що підняло авторитет інституту у світовій науковій спільноті.

Стандартизовано характеристики тріщиностійкості матеріалів, розроблено методи оцінювання статичної тріщиностійкості на циліндричних зразках із круговою тріщиною (О.Є. Андрейків, Л.Т. Бережницький, С.Є. Ковчик, М.С. Когут, В.В. Панасюк, С.Я. Ярема).

У 60–80-ті рр. ХХ ст. в інституті масштабно розглядали швидкість росту втомних тріщин у сталях, алюмінієвих, магнієвих, титанових сплавах, конструкційній кераміці в газових середовищах, вакуумі за нормальних і низьких температур (О.М. Романів, С.Я. Ярема, О.П. Остах). На цій основі створено нормативні документи на методи випробувань конструкційних матеріалів на циклічну тріщиностійкість, які затвердив Держстандарт СРСР.

Упродовж 1980–1990 рр. отримано фундаментальні результати про вплив агресивних середовищ на тріщиностійкість металів і сплавів (І.М. Дмитрах, В.В. Панасюк, Л.В. Ратич, Г.М. Никифорчин). Запропоновано концепцію механіки втомного руйнування конструкційних матеріалів з тріщинами в корозійних середовищах [7, 8]. Г.М. Никифорчин розвинув методологію оцінення коефіцієнтів інтенсивності напружень біля корозійних тріщин з урахуванням їх закриття через пластичні деформації біля вершини [3]. На цих осягах ґрунтуються сучасні методи побудови основних

діаграм втомної тріщиностійкості для прогнозування довговічності конструкційних елементів у корозивних середовищах.

У 1995 р. групу науковців ФМІ (В.В. Панасюк, О.Є. Андрейків, О.М. Романів, М.П. Саврук, З.Т. Назарчук, С.Є. Ковчик, Г.М. Никифорчин, О.П. Дацишин) відзначено Державною премією України в галузі науки і техніки за цикл праць (12 монографій) «Фізико-хімічна механіка руйнування матеріалів і цілісність конструкцій».

Починаючи з 2001 р., зроблено вагомі здобутки у визначенні періоду зародження втомної макротріщини біля заданого концентратора напружень мінімальної довжини під час циклічного деформування тіла (О.П. Осташ та ін.) [9]. Досліджено вплив водню і корозійних середовищ залежно від типу системи «метал–середовище» на корозійне розтріскування металів (Р.К. Мелехов). Розроблено низьколеговані сталі з підвищеною тривкістю до розтріскування в сірководні (І.І. Василенко), встановлено умови роботоздатності високоміцних металів у рідкометалевих теплоносіях АЕС (Г.Г. Максимович, М.Й. Чаєвський, Є.М. Лютий, В.В. Попович). Докладно проаналізовано водневу деградацію сталей у воденьвмісних середовищах (Г.М. Никифорчин, О.З. Студент) [3], зокрема розроблено нормативні документи для оцінювання роботоздатності сталей парогонів ТЕС з урахуванням пусків–зупинок блоків ТЕС, які базуються на різному характері впливу наводнювання сталей на тріщиностійкість. Це стало основою нормативного документа, затвердженого Мінпаливенерго [3], який визначає порядок оцінювання технічного стану металу паропроводів ТЕС.

Упродовж 2000–2010 рр. вироблено технології зміцнення поверхневих шарів деталей машин і виробів для підвищення довговічності елементів авіаконструкцій. Сформульовано теоретичні й технологічні прин-

ципи інженерії поверхні титанових сплавів, зокрема запропоновано способи термообробітку і поверхневого насичення титанових і алюмінієвих сплавів у контрольованих киснево-нітридних середовищах (В.М. Федірко, І.М. Погрелюк та ін.). Їх упроваджено на авіапідприємствах України, зокрема на ДП ім. Антонова [3, 10, 11].

Знайдено підходи для розв'язання динамічних задач механіки руйнування твердих тіл з дефектами типу тріщин (М.П. Саврук) [12, 13]. На їх основі підготовлено нормативні документи (стандарти України) для визначення такої технічної характеристики конструкційних матеріалів, як динамічна тріщиностійкість (Я.Л. Іваницький та ін.) [14].

У фізико-хімічній механіці руйнування і довговічності елементів конструкцій по-важне місце займає контактна взаємодія твердих тіл за умов кочення чи проковзування одного тіла по поверхні іншого (партертя), викришування поверхні, утворення пітингів (ямок на поверхні кочення) тощо. Тут здійснено фундаментальні кроки щодо моделей розрахунку довговічності контактних тіл (трибоспряжень) (О.П. Дацишин та ін.) [15, 16].

Водневе окрихчення металів набуло в ХХІ ст. особливої актуальності у зв'язку з поступом водневої енергетики і водневих технологій. Від 2000 р. О.Є. Андрейків, І.І. Булик, І.М. Дмитрах, І.Ю. Завалій, Г.М. Никифорчин, В.І. Похмурський, Я.Л. Іваницький, О.З. Студент, В.В. Федоров та ін. домоглися низки прикладних результатів у цьому плані [3, 17–20].

Групі науковців та інженерів ФМІ і пов'язаного з ним Державного інженерного центру «Техноресурс» (керівники робіт: В.І. Маруха, В.П. Силованюк) належать підходи для оцінювання міцності конструкцій із заповненими пошкодженнями, а також для оптимізації відновлення роботоздатності дефектних об'єктів за програмою

«Ін'єкційні технології для відновлення роботоздатності пошкоджених будівельних споруд тривалої експлуатації». Ці технології та мобільний комплекс устаткування для комунальних підприємств України застосовують у ДПЦ «Техноресурс» [21].

Захист металевих конструкцій від корозії — один з пріоритетних напрямів у ФМІ. Започаткував його Г.В. Карпенко, а розвиває група науковців під керівництвом В.І. Похмурського. Їхні теоретико-експериментальні дослідження мають важливе теоретичне і практичне значення. Вони входять у комплексну роботу «Наукові основи та технічні засоби електрохімічних методів систем контролю екологічної безпеки і корозійної активності техногенних середовищ», котру в 2002 р. відзначено Державною премією України в галузі науки і техніки. Науковці ФМІ (В.І. Похмурський, Г.М. Никифорчин, І.М. Зінь, М.С. Хома та ін.) розробляють методи оцінювання роботоздатності конструкцій у корозійних середовищах, використовуючи нові фізико-хімічні підходи, а також нові покриття, інгібітори, інші засоби захисту металів від корозії [3, 22].

ФМІ — базова організація Республіканської міжвідомчої науково-технічної ради з проблем корозії та протикорозійного захисту металів, яка координує фундаментальні і прикладні дослідження, проводить науково-технічні конференції, аналізує роботи в галузі протикорозійного захисту металофонду України.

Діагностика фізичних властивостей матеріалів і середовищ — профільний напрям, який поєднує теоретичні і прикладні студії щодо застосування різних фізичних полів для діагностики стану інженерних об'єктів і середовищ, створення методів і засобів неруйнівного контролю стану об'єктів, матеріалів, середовищ (М.М. Шумиловський, В.М. Михайловський, К.Б. Карандєєв та ін.). У 70-ті рр.

інститут визнано однією з головних організацій з науково-технічної проблеми «космічне приладобудування».

Для вивчення космічного простору сконструйовано швидкодійні бортові процесори, а також вимірювачі для експериментів (Б.І. Блажкевич, В.В. Грицик, М.А. Раков). Використовуючи їх, наші вчені брали участь в експерименті «ВЕГА», заміряли електричне поле в космічній плазмі (П.М. Сопрунюк, В.С. Цибульський та ін.), розробили і запровадили низку геофізичних пристроїв для пошуку й оцінення об'ємів корисних копалин (Л.Я. Мізюк, В.І. Гордієнко, Р.Ф. Федорів та ін.), сформуvalи унікальну експериментальну базу для космічних досліджень у декаметровому діапазоні радіохвиль (В.В. Кошовий, О.М. Свенсон та ін.), Р.М. Джала, З.Т. Назарчук, І.М. Яворський, П.П. Драбич створили теорію визначення і математичні моделі електромагнітного й акустичного полів у неоднорідному середовищі, апаратуру для знаходження й реєстрації стану різних підземних комунікацій [3].

Особливого розвитку набули акустичні і вихрострумові методи неруйнівного контролю. Розроблено оригінальні вихрострумові дефектоскопи й аналізатори для виявлення приповерхневих тріщин та ін. дефектів у металевих виробках, які використовують в інженерній практиці, зокрема на підприємствах авіаційної техніки (А.Я. Тетерко, В.М. Учанін). Запущено спеціальні системи сенсорів і програмне забезпечення для розпізнавання образів і аналізу зображень зондувального об'єкта (В.В. Кошовий, Б.О. Попов, О.М. Свенсон, Р.А. Воробель). З'явилися гібридні (електронно-оптичний, цифровий) способи оброблення інформації (Р.С. Бачевський, Л.І. Муравський). На цій основі постали технології та спецпроцесори для розпізнавання й аналізу складноструктурованих зображень (Б.П. Русин).

Починаючи з др. пол. 80-х рр., інтенсифікуються міжнародні контакти. Силами наших науковців засновано Українське товариство з механіки руйнування матеріалів (1992), Україна стала членом Європейського товариства з цілісності конструкцій (European structural integrity society — ESIS) (1992), Міжнародного конгресу з руйнування (ICF) (1993). Інститут організував 8-у Міжнародну (світову) конференцію з механіки руйнування (ICF-8, Київ, 1993) — найвищий форум у галузі механіки руйнування і міцності матеріалів [24].

За останні десять років інституція влаштувала понад 20 конференцій, симпозіумів, зустрічей, включаючи міжнародні. Найбільш представницькі — Шоста міжнародна конференція з математичних методів в електромагнітній теорії, Друга, Третя, Четверта міжнародні конференції з механіки руйнування і міцності конструкцій у Львові [25]. Починаючи з 1992 р., ФМІ разом з Українською асоціацією корозіоністів проводить міжнародні виставки-конференції «Проблеми корозії і захист матеріалів від корозії».

Наші співробітники (В.В. Панасюк, О.Є. Андрейків, Г.М. Никифорчин) разом з польськими колегами В. Каспшаком, М. Шатою, І. Калетою (Технічний університет у Вроцлаві) проводять Міжнародні літні школи з механіки руйнування матеріалів, беруть активну участь у Європейських конференціях з механіки руйнування і міцності конструкцій. Усе це в сукупності надало ФМІ іміджу авторитетної установи в галузі фізико-хімічної механіки руйнування і міцності матеріалів.

1. Фізико-хімічна механіка матеріалів / 36. наукових праць, присвячених 100-річчю від дня народження Г.В. Карпенка. — Львів: Фізико-механічний інститут, 2010. — 448 с.
2. *Панасюк В.В., Савін Г.М.* Формування львівської наукової школи з механіки матеріалів // Фіз.-хім. механіка матеріалів. — 2007. — № 1. — С. 7–31.

3. Фізико-механічний інститут (1951–2011). — Львів: СПОЛОМ, 2011. — 322 с.
4. *Panasyuk V.V.* Some stages of the development of fracture mechanics in Ukraine // Fracture Research Retrospect / An Anniversary in Honor of George R. Irwin 90th Birthday / Ed. H.P. Rossmannith, A.A. Balkema. — Rotterdam: Brook-Field, 1977. — P. 351–367.
5. *Panasyuk V.V.* Strength and Fracture of Solids with Cracks. — Lviv: Karpenko Physico-Mechanical Institute, 2002. — 465 p.
6. *Панасюк В.В.* Предельное равновесие хрупких тел с трещинами. — К.: Наук. думка, 1968. — 246 с.
7. *Panasyuk V.V., Ratysh L.V., Dmytrakh I.M.* Fatigue crack growth in corrosive environment // Fatigue Eng. Mater. and Struct. — 1984. — V. 7. — № 1. — P. 1–11.
8. *Дмитрах І.М., Панасюк В.В.* Вплив корозійних середовищ на локальне руйнування металів біля концентраторів напружень. — Львів: Фізико-механічний інститут, 1999. — 341 с.
9. *Остап О.П., Федірко В.М.* Міцність і довговічність авіаційних матеріалів та елементів конструкцій // Механіка матеріалів та міцність конструкцій. Т. 10 / Під заг. ред. В.В. Панасюка. — Львів: Сполом, 2007. — 1066 с.
10. *Федірко В.М., Погрелюк І.М., Яськів О.І.* Термодифузійне багатокомпонентне насичення титанових сплавів. — К.: Наук. думка, 2009. — 165 с.
11. *Pohreliuk I., Yaskiv O., Fedirko V.* Formation of carbonitride coatings on titanium through thermochemical treatment from carbon-nitrogen-oxygen-containing media // JOM Journal of Minerals, Metals and Materials. — 2007. — 59. — Vol. 6. — P. 32–37.
12. *Саврук М.П.* Новий метод розв'язування динамічних задач теорії пружності та механіки руйнування // Фіз.-хім. механіка матеріалів. — 2003. — № 4. — С. 7–11.
13. *Кравець В.С.* Метод сингулярних інтегро-диференціальних рівнянь у плоских динамічних задачах механіки руйнування // Там же. — 2010. — № 2. — С. 95–110.
14. ДСТУ 4675:2006. Розрахунки і випробування на міцність. Методика визначення характеристик динамічної тріщиностійкості металів за нормального відриву за температур від мінус 196 до плюс 400. — К.: Держспоживстандарт, 2007. — 28 с.; ДСТУ 7068:2009. Розрахунки і випробування на міцність. Методика визначення характеристик динамічної тріщиностійкості металів за поздовжнього зсуву за температур від мінус 196 до плюс 400. — К.: Держспоживстандарт, 2009. — 17 с.
15. *Дацшин О.П.* Довговічність і руйнування твердих тіл під час їх контактної взаємодії // Фіз.-хім. механіка матеріалів. — 2005. — № 6. — С. 5–25.

16. *Datsyshyn O.P., Panasyuk V.V.* Pitting of the rolling bodies contact surface // *Wear*. — 2001. — 251. — № 1–12. — P. 1347–1355.
17. Influence of hydrogen containing environments on cyclic crack growth resistance of metals / *Panasyuk V.V., Andrejkiv O.Ye., Darchuk O.I., Kuznyak N.V.* // *Handbook of Fatigue Crack Propagation in Metallic Structures* / Ed. A. Carpinteri. — Amsterdam: Elsevier, 1994. — P. 1205–1242.
18. *Похмурський В.І.* Розвиток експериментальних досліджень впливу водню на структуру та властивості металів у Фізико-механічному інституті ім. Г.В. Карпенка НАН України // *Фіз.-хім. механіка матеріалів*. — 1997. — № 4. — С. 25–38.
19. *Андрейків О.Є., Гембара О.В.* Механіка руйнування та довговічність металевих матеріалів у воденьмісних середовищах. — К.: Наук. думка, 2008. — 344 с.
20. *Федоров В.В., Булик І.І., Панасюк В.В.* Використання водню як технологічного середовища для виготовлення сталих магнітів на основі сплавів РЗМ // 36. «Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій». — Львів: Фізико-механічний інститут, 2009. — С. 603–608.
21. *Маруха В.І., Панасюк В.В., Силоважук В.П.* Ін'єкційні технології відновлення робоздатності пошкоджених споруд тривалої експлуатації. — Львів: СПОЛОМ, 2009. — 259 с.
22. *Похмурський В.І., Хома М.С.* Корозійна втома металів і сплавів: монографія. — Львів: Сполом, 2008. — 304 с.
23. *Неруйнівний контроль і технічна діагностика.* Довідник, т. 5 / Під ред. З.Т. Назарчука. — Львів: ФМІ НАН України, 2001. — 1138 с.
24. *Механіка руйнування: успіхи та проблеми: Книга-огляд МКР-8* / Під ред. В.В. Панасюка, О.Є. Андрейківа, Л.М. Лобанова, Д.М.Р. Тепліна, Н.В. Кузняк. — Львів: ФМІ НАН України, 1994. — 176 с.
25. *Українське товариство з механіки руйнування матеріалів* / В.В. Панасюк, І.М. Дмитрах, О.З. Студент, Р.Р. Кокот. — Львів: СПОЛОМ, 2008. — 773 с.