

У НАУКОВИХ КОЛАХ

ДОСЯГНЕННЯ СУЧАСНОЇ МЕХАНІКИ РУЙНУВАННЯ МАТЕРІАЛІВ ТА ПЕРСПЕКТИВИ ЇЇ ПОДАЛЬШОГО РОЗВИТКУ

Українська історія науково-технічних конференцій з механіки руйнування розпочалася в 1987 р., коли пройшла перша з них зі всесоюзним статусом. Потім, у 1993 р., у Києві відбулася 8-а Міжнародна конференція з механіки руйнування (ICF-8) вже як всесвітній форум. Далі періодично (1999, 2004, 2009 р.) у Львові відбувалися наступні Друга, Третя та Четверта, а з 24 по 27 червня 2014 р. вже П'ята міжнародна конференція “Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій”. Традиційно серед організаторів Конференції були Національна академія наук України (НАНУ), Міністерство освіти і науки України (МОНУ), Європейське товариство з цілісності конструкцій (ESIS), Українське товариство з механіки руйнування матеріалів (УТМРМ), Інститут електрозварювання ім. Є. О. Патона НАН України (ІЕЗ НАНУ), Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я. С. Підстригача НАН України (ІППММ НАНУ), Львівський національний університет ім. Івана Франка (ЛНУ), Національний університет “Львівська політехніка” (НУ ЛП) та Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України (ФМІ НАНУ). Конференція проходила в актовій залі головного корпусу НУ ЛП, оздобленій алегоричними картинами, виконаними за ескізами відомого митця Яна Матейка. З вітальним словом виступили: голова організаційного комітету Конференції, директор ФМІ НАНУ академік НАНУ В. Панасюк та ректор НУ ЛП професор Ю. Бобало.



Президія Конференції під час її відкриття.

Зліва направо: Ю. Бобало, Л. Лобанов, В. Панасюк, І. Дмитрах, З. Стоцько.

Академік НАНУ Л. М. Лобанов зачитав вітання учасникам форуму від Президента НАН України Б. Є. Патона. Зокрема, у ньому зазначалося, що: “Проблема прогнозування технологічної безпеки в основних галузях промисловості, зокрема установлення термінів надійного використання інженерних об’єктів, завжди була і залишається актуальною для науково-технічного прогресу. Тому велика спільнота науковців та інженерів-практиків приділяє значну увагу дослідженням у цьому напрямку. Головна мета міжнародних конференцій у цій галузі – це пошук нових ідей і підходів до забезпечення міцності матеріалів і конструкцій, формування пріоритетних напря-

мів фундаментальних і прикладних досліджень для створення сучасних методів визначення технічного стану і оцінки ресурсу відповідальних конструкцій та розробки нормативних документів для їх проектування, виготовлення та експлуатації”. Президент НАН України висловив упевненість, що “обмін сучасними досягненнями в галузі механіки руйнування і міцності конструкцій сприятиме розв’язанню важливих практичних задач, отриманню нових фундаментальних і прикладних досягнень, зміцненню міжнародного науково-технічного співробітництва та налагодженню нових ділових контактів”, та побажав учасникам Конференції насиченої і плідної роботи.

Член-кореспондент НАНУ І.М. Дмитрах ознайомив присутніх з вітанням Президента ESIS професора Леслі Банк-Сілс (Leslie Banks-Sills), в якому вона підкреслила великі зусилля Української національної групи ESIS в організації Польсько-українсько-німецьких літніх шкіл з механіки руйнування, спрямованих на передачу знань у цій галузі молодому поколінню науковців. Особливу роль у цьому Президент відвела “засновникам шкіл” професорам В. Панасюку та В. Каспшаку (W. Kasprzak, Poland). Вона відзначила широкий діапазон напрямків досліджень у галузі механіки руйнування матеріалів, представлених у вигляді доповідей, включених до програми 5-ої Конференції, і зауважила, що вони цікаві для світової наукової спільноти. На завершення побажала всім учасникам плідної роботи та дискусій.

Загалом у роботі Конференції взяли участь понад 190 учених. В основному – це представники різних наукових шкіл України, зокрема провідних академічних та освітніх установ Києва, Львова, Дніпропетровська, Харкова, Миколаєва, Умані, Тернополя, Івано-Франківська, Хмельницька, Луцька: 49 професорів та докторів наук і 88 кандидатів наук, 33 аспіранти та 27 інженерів-дослідників. На жаль, попри попередні заявки на участь у ній, було небагато науковців з Польщі, Франції, Російської Федерації, Німеччини, Угорщини, США, Греції та Білорусі. Заслухано та обговорено 26 пленарних, 39 секційних доповідей та представлено понад 40 стендових.



Ю. Бобало вітає учасників Конференції.



У залі під час церемонії відкриття.



В. Панасюк виступає з пленарною доповіддю.

Робота Конференції відбувалася в рамках пленарних і секційних засідань, презентації стендових доповідей та спеціальної тематичної сесії у вигляді “Круглого столу”, присвяченої актуальним проблемам дослідження впливу водню на руйнування та міцність конструкційних матеріалів. Загалом відбулося чотири пленарні засідання, на яких головували Л. Лобанов, В. Панасюк, І. Дмитрах, Р. Кушнір, В. Похмурський, О. Студент, І. Ориняк, М. Саврук, Г. Никифорчин, О. Осташ, П. Фомічов, О. Сміян, Л. Муравський, В. Позняков, Я. Іваницький, М. Стащук, Ю. Подрезов, О. Балицький, В. Сидорець, та шість секційних за головування З. Стоцька, І. Завалія, О. Ігнатенка, С. Степанюка, С. Штаюри, Г. Сулима, В. Силванюка, М. Штирьова, А. Борисенка, О. Яснія, О. Гембари, І. Шацького, М. Войтка, І. Андрейка, М. Даниленка, В. Книша.

Роботу в секціях структурували за такими напрямками:

- Фундаментальні проблеми механіки крихкого та в’язкого руйнування матеріалів.

- Фізичні концепції і розрахункові моделі зародження та поширення тріщин у деформованих тілах з урахуванням малих і розвинутих зон пластичності біля фронту тріщини.
- Методи розв'язування задач механіки деформованих тіл з тріщинами під дією навантажень та різних фізичних полів. Розгляд реальних елементів конструкцій.
- Оцінювання руйнування та міцності неоднорідних і композиційних тіл з дефектами типу тріщин. Технології “заліковування” дефектних зон.
- Вплив водню на процеси руйнування та міцність матеріалів: механізми та концепції (“Круглий стіл”).
- Вплив робочих середовищ на розтріскування та втому матеріалів.
- Методи прогнозування технічного стану та технології продовження ресурсу пошкоджених елементів відповідальних конструкцій тривалої експлуатації.



Учасники Конференції під час засідань.

Доповіді Конференції надруковані у збірнику праць “Механіка руйнування матеріалів і міцність конструкцій” (під заг. ред. В. В. Панасюка – Львів: ФМІ НАНУ, 2014. – 880 с.), який учасники отримали перед її закриттям.

Серед пленарних доповідей відзначимо такі:

Панасюк В. “Концепція декогезивного впливу водню на метали”, в якій проаналізовано проблеми взаємодії водню з металами, порівняно концентрацію водню в околі тріщини у наводненому та деформованому тілі, описано зародження дислокаційної мікротріщини у наводненому та деформованому металі, розглянуто концепцію декогезивної взаємодії водню з металами та показано, що визначення тріщиностійкості наводненого металу – одне з найважливіших завдань водневого матеріалознавства.

Лобанов Л., Книш В., Клочков І. “Підвищення циклічної довговічності тонколистових зварних з’єднань легких сплавів високочастотним куванням”, в якій проаналізовано поточний стан та типові пошкодження мостів в Україні, описано технологію та обладнання для ремонту пошкоджених конструкцій з метою продовження їх ресурсу, обґрунтовано доцільність використання високочастотного механічного кування для підвищення втомних характеристик ремонтних зварних з’єднань.

Васильєв К., Кушнір Р., Сулим Г. “Метод вирізування у дослідженні напруженого стану обмежених кусково-неоднорідних тіл із системою тонких дефектів”, в якій порівняно переваги та недоліки методів моделювання крайових умов обмеженого тіла з включеннями за прямого і прямого повного вирізування за допомогою тонкостінних об’єктів – тріщин та абсолютно жорстких включень, достатньо великих, але скінченних лінійних розмірів, або ж обмежених тіл за фактичного контакту суміжних вершин дефектів, що формують межу тіла.

Гудрамович В., Гарт Е. “Скінченно-елементні схеми аналізу процесу розсіяного руйнування пружно-пластичних тіл з локальними концентраторами напружень”, в якій розглянуто особливості проекційно-ітераційних схем реалізації методу скінченних елементів у плоских задачах оцінювання деформованого стану неоднорідних систем.

Остап О., Чепіль Р., Віра В. “Зародження втомних макротріщин біля концентраторів напружень та його визначальні параметри”, де запропоновано методику визначення характеристик опору матеріалів зародженню втомних тріщин біля конструктивних концентраторів напружень за силового, деформаційного і енергетичного підходів, що базується на розмірі втомної зони передруйнування d^* .

Андрейків О., Яворська Н., Кухар В. “Деформування і руйнування металевих елементів конструкцій за довготривалих навантажень, підвищених температур і воденьвмісних середовищ”, в якій за енергетичним підходом побудовано кінетичне рівняння для визначення періоду зародження повзучо-втомної тріщини в тонкостінних елементах конструкцій з концентраторами напружень за дії циклічного навантаження, високої температури та водневовмісного середовища.

Борисенко А., Кононенко А. “Роль механіки разрушения материалов в формировании структуры стали”, де проаналізовано особливості формування структури матеріалів на різних етапах їх оброблення та пояснено її вплив на механічні властивості.

Позняков В., Маркашова Л., Олексієнко Т., Максименко А. “Зміна структури та механічних властивостей в сталі 10Г2ФБ під час зварювання та циклічного навантаження згином”, в якій встановлено, що уповільнене руйнування металу зони термічного впливу зварних з’єднань сталей 10Г2ФБ та S355 J2 не реалізується за вмісту водню в наплавленому металі до 5,0 мл/100 г (руйнування протікає з наближенням до границі текучості), але відбувається за вмісту понад 7,5 мл/100 г.

Гайворонський А., Маркашова Л., Костін В., Бердікова Е., Жуков В., Шишкевич А. “Вплив вмісту вуглецю на опірність сповільненому руйнуванню металу залізничних коліс після електродугового наплавлення”, де проаналізовано технологічні, структурні та механічні аспекти роботоздатності наплавлених коліс.

Батура А., Ориняк І., Ориняк А. “Напіваналітичний метод розрахунку КІН для тріщин довільної форми в нескінченних тілах”, в якій отримано поля переміщень берегів тріщини довільної форми за будь-якого навантаження на основі розв’язку оберненого до розв’язку рівняння теорії пружності.

Фомічов П. “Урахування середніх напружень у методиці розрахунку довговічності за локальним напружено-деформованим станом”, в якій запропоновано рівняння для оцінювання довговічності реальних конструкційних елементів літальних апаратів на основі експериментального визначення циклічних деформаційних характеристик матеріалів за симетричного циклу навантаження.

Acuna-Gonzalez N., May-Pat A., Cervantes M., Alonzo-Medina G., Ontiveros J. “Mechanical behaviour of acrylic bone cement modified with monomers containing amine groups” (Механічна поведінка кісткового цементу на основі акрилу, модифікованого мономерами, що містять аміногрупи), в якій виявлено, що, додаючи гідрофільні мономери діетил-аміно-етил-акрилату в рідкому стані до кісткового цементу на основі акрилу, можна підвищити його довговічність, тріщиностійкість, міцність за згину і втомну міцність.

Назарчук З., Войтко М., Куриляк Д. “Розсіювання пружної SH-хвилі дефектом, розташованим на межі з’єднання пластини і півпростору”, де досліджено задачу дифракції нормальної хвилі, яка поширюється у пружній пластині, з’єднаній жорстко з півпростором, на міжфазному імпедансному дефекті за антиплого динамічного навантаження та виявлено ефект зростання резонансної частоти зі збільшенням імпедансу дефекту.

Даниленко М., Подрезов Ю., Борисовська К., Фірстов С. “Взаємодія тріщини із деформаційною субструктурою”, в якій встановлено, що комплексні структурні дослідження, доповнені методами дислокаційної динаміки, дають можливість уточнити структурні перебудови в околі вершини тріщини та їх вплив на тріщиностійкість матеріалу.

В обговоренні проблем, піднятих на Конференції, взяли участь академіки НАНУ Л. Лобанов (ІЕЗ НАНУ), В. Панасюк (ФМІ НАНУ), члени-кореспонденти НАНУ І. Дмитрах (ФМІ НАНУ), В. Похмурський (ФМІ НАНУ), О. Андрейків (ЛНУ), Г. Кіт (ІППММ НАНУ), Р. Кушнір (ІППММ НАНУ), В. Гудрамович (Інститут технічної механіки НАНУ і ДКАУ), професори М. Саврук (ФМІ НАНУ), Г. Никифорчин (ФМІ НАНУ), О. Осташ (ФМІ НАНУ), О. Студент (ФМІ НАНУ), Г. Сулим (ЛНУ), Ю. Подрезов (Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича НАНУ), П. Фомічов (Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського “ХАІ”), І. Ориняк (Інститут проблем міцності НАНУ), В. Книш (ІЕЗ НАНУ), О. Сміян (ІЕЗ НАНУ), В. Позняков (ІЕЗ НАНУ). Обговорювали перспективи подальшого розвитку підходів механіки руйнування до оцінювання роботоздатності сучасних конструкційних матеріалів з урахуванням їх деградації під час експлуатації в конкретних технологічних процесах, фундаментальні проблеми крихкого та в’язкого руйнування матеріалів, розвитку фізичних концепцій і розрахункових моделей зародження та поширення тріщин у деформівних тілах тощо. Особливо зацікавлювали результати, пов’язані з особливостями впливу водню на фізико-механічні властивості матеріалів, з розкриттям механізмів його дії та пошуком шляхів використання в інженерній практиці.

У межах Конференції 26 червня відбулася спеціальна сесія – “Круглий стіл”, на якій учасники продовжили дискусію, присвячену дослідженню впливу водню на деформування, руйнування та міцність конструкційних матеріалів. На сесії головував академік НАНУ В. Панасюк. У вступному слові під час відкриття засідання він висловив свої міркування щодо водневої тематики і вказав на перспективи використання водню як технологічного середовища, на важливість реальних оцінок вмісту водню і його впливу на властивості матеріалів. Тут представлені такі доповіді: *Сміян О. “Особливості деформування та руйнування металу у воденьвмісних середовищах”* (ІЕЗ НАНУ), *Похмурський В., Винар В., Василів Х., Закієв В. “Вплив водню на механічні і трибологічні властивості поверхневих мікрооб’ємів цирконію”* (ФМІ НАНУ), *Дмитрах І., Сиротюк А., Лещак Р. “Особливості наводнювання та опір руйнуванню низьколегованих сталей для трубопроводів”* (ФМІ НАНУ), *Борисенко А., Шаповалов В. “Особливості евтектоїдного перетворення в системах Fe–C і Fe–H”* (Інститут чорної металургії ім. З. І. Некрасова НАН України), *Пальцевич А., Синюк В., Ігнатенко О. “Особливості взаємодії водню з деформованим металом”* (ІЕЗ НАНУ).



Дискусія на засіданні “Круглого столу”. Виступають Г. Никифорчин (ліворуч), О. Осташ (у центрі) та І. Дмитрах (праворуч).

У дискусії взяли участь В. Панасюк, О. Осташ, Г. Никифорчин, І. Дмитрах, З. Стоцько, які вказали на важливість використання водню для вирішення матеріалознавчих проблем структурування конструкційних матеріалів, щоб забезпечити їм певний комплекс фізико-механічних властивостей. Крім того, наголошено на перспективності досліджень, спрямованих на з’ясування природи впливу водню в металі на його властивості, пошук шляхів точного вимірювання локального вмісту водню (у тому числі і в околі тріщиноподібних дефектів) тощо. На завершення А. Борисенко презентував учасникам засідання монографію В.І. Шаповалова “Легирование водородом”.



Учасники “Круглого столу” після засідання.

На підставі фундаментальних і прикладних результатів, що викладені у доповідях і надруковані у збірнику праць Конференції, та за висновками їх обговорення учасники Конференції констатували, що за останні п'ять років науковці України та інших країн досягли важливих успіхів у галузі механіки руйнування матеріалів, зокрема, в оцінюванні ресурсу роботоздатності машин і споруд тривалої експлуатації, водневному матеріалознавстві, в розробленні технологій “заліковування” пошкоджених під час експлуатації елементів будівельних конструкцій з метою продовження їх надійної експлуатації, технологій зварювання конструкційних матеріалів для підвищення міцності зварних з'єднань, а також методів розв'язування задач механіки деформівних тіл з гострими та закругленими вирізами за умов дії на тіло силових і температурних чинників.

Учасники конференції схвалили такі пріоритетні напрямки подальших фундаментальних і прикладних досліджень з механіки руйнування матеріалів і міцності конструкцій:

1. Розроблення фізичних концепцій і розрахункових моделей зародження та поширення тріщин у деформівних тілах з урахуванням малих і розвинутих зон пластичності біля фронту тріщини.

2. Комплексний розвиток математичних методів розв'язання задач механіки деформівних тіл з тріщинами та іншими пошкодженнями за умов дії навантажень та різних фізичних полів, зокрема температурних. Аналіз довговічності реальних елементів конструкцій за таких умов.

3. Розроблення теорії руйнування та міцності неоднорідних тіл з дефектами типу тріщин або інших пошкоджень (структурних змін матеріалу і тонких включень, розсіяного руйнування тощо) в композиційних матеріалах і зварних з'єднаннях, керамічних і бетонних матеріалах. Створення технологій “заліковування” дефектних зон в елементах конструкцій, що виникають під час їх тривалої експлуатації, щоб продовжити їх надійну експлуатацію.

4. Вивчення фізико-хімічних процесів руйнування матеріалів у поверхнево-активних середовищах, зокрема водневовмісних, і розроблення ефективних методів визначення тріщиностійкості матеріалів зварних з'єднань за таких умов.

5. Розроблення фізико-механічних концепцій для оцінювання впливу водню на деформування, руйнування та міцність металевих матеріалів, зокрема методів оцінювання концентрації водню в зоні передруйнування матеріалу.

6. Дослідження фізичних явищ деградації властивостей конструкційних матеріалів тривалої експлуатації та створення ефективних методів оцінювання ресурсу еле-

ментів конструкцій з урахуванням зміни їх фізико-механічних властивостей під час експлуатації в конкретних виробничих умовах.

7. Розроблення ефективних методів діагностики структурного стану матеріалів та неруйнівного контролю дефектності матеріалів і діагностики їх експлуатаційних характеристик.

Виходячи з потреб у спеціалістах з проблем оцінювання надійності безпечної експлуатації та ресурсу роботоздатності відповідальних конструкцій промислової та соціальної інфраструктур, а також керуючись засадами Болонської конвенції про підготовку спеціалістів європейського рівня, учасники Конференції вважають за доцільне продовжити організовувати спеціальні навчальні школи-курси. Водночас підтримано звернення до університетів, які готують фахівців у цій галузі, зокрема Національного університету “Львівська політехніка”, Львівського національного університету ім. Івана Франка, Вроцлавського технологічного університету (Польща), Дрезденського технічного університету (Німеччина), Університету у м. Метц (Франція), а також профільних інститутів НАН України (ФМІ, ІППММ, ІЕЗ, Інститут проблем матеріалознавства ім. І. М. Францевича, Інститут проблем міцності ім. Г. С. Писаренка та інші) сприяти в організації та функціонуванні таких шкіл.

Учасники 5-ої Конференції підтримують ідею періодичного проведення (щो 4–5 років) Міжнародної конференції у Львові з проблем механіки руйнування матеріалів і міцності конструкцій для аналізу нових наукових і прикладних досягнень, а також формування пріоритетних напрямів подальших досліджень у цій галузі.

І. М. Дмитрах, О. З. Студент