



ТОКОВИЙ

Юрій Владиславович — член-кореспондент НАН України, заступник директора з наукової роботи Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України

ЦІЛЕСПРЯМОВАНІ ФУНДАМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ЯК ЗАПОРУКА АКТУАЛЬНИХ ПРИКЛАДНИХ РОЗРОБОК

Вельмишановний Анатолію Глібовичу!
Вельмишановні учасники Загальних зборів!
Непрості обставини, в яких перебуває наша країна і вітчизняна наука, спонукають розглядати результати фундаментальних і прикладних досліджень крізь призму можливостей їх використання для вирішення актуальних завдань сьогодення та наявності потенціалу їх застосування для повоєнного відновлення. Слід зазначити, що відбудова зруйнованого господарства та виведення економіки країни на конкурентоспроможний рівень мають здійснюватися у стислі терміни і в умовах оптимізації наявних ресурсів, що є доволі нетривіальним завданням на фоні стрімкого скорочення цих ресурсів. Крім того, нестабільність міжнародного партнерства та мінливість світової політичної палітри спонукає поряд із розширенням співпраці із закордонними науково-технологічними центрами чи комерційними організаціями значно більше уваги приділяти забезпеченню самодостатності вітчизняного науково-технічного та промислового потенціалу.

Відтак, завдання, яке було непростим кілька років тому, тепер ще більш ускладнюється. Це потребує розроблення нових прогресивних підходів, технологій, методів тощо. Очевидно, що такі розробки не можуть здійснювати окремі інституції, науково-промислові центри чи виробники. Вирішення проблеми вимагає комплексного підходу, який забезпечує поєднання можливостей фундаментальної та прикладної науки як запоруки напрацювання системи цілеспрямованих комплексних заходів.

Ефективність синергії фундаментальної і прикладної науки для реалізації актуальних прикладних розробок можна простежити, зокрема, у науковій діяльності Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України, специфікою якого є фундаментальні математичні

дослідження в поєднанні з розв'язанням задач прикладного характеру. Це пов'язано з тим, що Інститут історично виник у результаті об'єднання двох відомих львівських наукових шкіл: математичної школи професора В.Я. Скоробагатька з теорії диференціальних рівнянь та математичної фізики (сьогодні ця школа розвивається під керівництвом члена-кореспондента НАН України В.О. Пелиха) та школи академіка Я.С. Підстригача з опису взаємопов'язаних процесів різної фізичної природи засобами механіки, термодинамічного і математичного моделювання (дослідження школи нині координують академік НАН України Р.М. Кушнір, член-кореспондент НАН України Ю.В. Токовий та професор О.Р. Гачкевич). Таке поєднання математичного і фізичного підходів визначило траєкторію досліджень Інституту за такими основними напрямками: методи нелінійного функціонального аналізу, лінійної алгебри, диференціальної геометрії й топології; неklasичні проблеми теорії диференціальних та інтегральних рівнянь і математичної фізики; математичне і термодинамічне моделювання та дослідження взаємопов'язаних процесів різної природи в складних технічних і медико-біологічних структурах; методи визначення та оптимізації напружено-деформованого стану і граничної рівноваги структурно неоднорідних систем стосовно до проблем оцінювання їхньої міцності, прогнозування ресурсу та надійності функціонування.

На перший погляд, зважаючи на самотність шкіл та окреслені напрями їхніх досліджень, вони могли б ефективно функціонувати незалежно одна від одної. Однак, власне, поєднання діяльності шкіл стало запорукою наукової траєкторії Інституту, яка забезпечує можливість розв'язання актуальних проблем сьогодення і має потенціал для подолання майбутніх викликів.

Насамперед зауважимо, що така специфіка Інституту забезпечила ефективну участь у цільовій програмі Відділення математики НАН України «Розробка та дослідження сучасних математичних моделей у галузі фізико-технічних та медико-біологічних наук» (2017—2021).

Ці дослідження були спрямовані на вивчення напруженого стану та міцності тіл з дефектами структури; вивчення впливу взаємопов'язаних полів різної фізичної природи на напружений стан структурно неоднорідних тіл; дослідження поширення хвиль у неоднорідних тілах для задач неруйнівного контролю; розв'язання прямих та обернених задач для диференціальних рівнянь, які використовують для опису технічних і біологічних систем; розв'язування неklasичних крайових задач для рівнянь з частинними похідними та рівнянь руху частинок у неоднорідних середовищах. З огляду на перелічені напрями не дивно, що після успішного завершення цієї програми дослідження було продовжено й розширено у співпраці з ключовими установами й підприємствами інженерної та енергетичної галузей, оскільки вони мають потенціал ефективного використання для відновлення й удосконалення елементів критичної інфраструктури, а також для підвищення обороноспроможності країни.

Зокрема, під час виконання перспективного плану спільних досліджень з ДП «Конструкторське бюро «Південне» ім. М.К. Янгеля» засобами математичного і комп'ютерного моделювання отримано експертну оцінку міцності та експлуатаційної надійності ракетних конструкцій складної форми і структури. Досліджено міцність елементів таких конструкцій за навантаження, що відповідає умовам натурального руйнівного експерименту. Розроблено засоби аналізу динаміки деформування структур у процесі зростання навантажень до рівня руйнівних. Порівняльний аналіз результатів математичного моделювання і відповідних натурних експериментів показав добру узгодженість отриманих результатів. Використання таких засобів дає можливість скоротити кількість натурних експериментів, під час яких конструкцію доводять до руйнування. Це дає змогу зекономити цінний матеріал і значні кошти на виготовлення конструкції.

В інтересах ПрАТ по пуску, налагодженню, удосконаленню технології та експлуатації електростанцій і мереж «ЛьвівОРГРЕС» виконано дослідження міцності енергетичного облад-

нання АЕС з метою визначення його залишкового експлуатаційного ресурсу і перепризначення термінів експлуатації. Комп'ютерне моделювання процесів деформування теплообмінників автоматичного розхолодження басейну витримки за умов експлуатації показало, що напруження, які виникають за експлуатаційних навантажень, не перевищують допустимих. Проведено розрахунок на циклічну міцність теплообмінників, встановлено максимально допустиму кількість циклів навантаження-розвантаження за умов експлуатації для теплообмінників автоматичного розхолодження і теплообмінників розхолодження басейну витримки.

Для АТ «ДТЕК Західенерго» на основі рівнянь тривимірної теорії термопружнопластичності розроблено методику дослідження міцності елементів котлоагрегатів ТЕС з урахуванням експлуатаційних пошкоджень і ремонтних втручань за умов, що моделюють експлуатаційні. Досліджено можливість подовження термінів експлуатації низки котлоагрегатів Бурштинської ТЕС. Засобами математичного моделювання встановлено, що найістотніший внесок у накопичену пошкоджувальність металу робить режим планового «пуску-зупинки». Для зменшення цього ефекту можна дещо знизити швидкість зростання (спадання) температури робочого середовища (до $3^\circ\text{C}/\text{хв}$) та збільшити швидкість зростання (спадання) тиску робочого середовища (водно-парової суміші) до $0,15\text{—}0,25\text{ МПа}/\text{хв}$. Засобами математичного моделювання виявлено зони локалізації максимальних експлуатаційних напружень у з'єднаннях елементів енергетичного обладнання за різних типів зварювання. Вибрано оптимальний за напруженням тип зварного з'єднання. Запропоновано конструкційні технологічні рішення, спрямовані на істотне зниження максимальних експлуатаційних напружень в околі зварних з'єднань. Показано, що завдяки раціональному вибору геометричних розмірів зварного з'єднання (розміри катетів і радіусів заокруглення) можна усунути високі концентрації напружень та значно знизити максимальні експлуатаційні напруження.

Отримано також низку результатів, які мають потенціал для підвищення обороноздатності держави. Зокрема, для Національної академії Сухопутних Військ імені гетьмана Петра Сагайдачного розроблено математичну модель та відповідне програмне забезпечення для комп'ютерного моделювання взаємодії світлових променів із волоконно-дифракційними елементами сенсорних систем попередження про небезпеку вогневого ураження засобами, які застосовують лазерні системи для наведення на ціль. Виконано комплекс експериментальних досліджень, спрямованих на виявлення особливостей взаємодії лазерного випромінювання з волоконно-дифракційними ґратками з поліаніліну. Отримано дифракційні картини для променів, що падають під різними кутами на одно- і двовимірні ґратки. Досліджено залежність отримуваних дифракційних картин від кутів падіння лазерного променя на ґратку. Показано, що за формою дифракційних картин можна визначити розташування джерела випромінювання відносно ґратки. Створене програмне забезпечення на основі розробленої математичної моделі взаємодії лазерного випромінювання з волоконно-дифракційною ґраткою запропоновано для використання при розробленні фізичного прототипу сигнальних елементів системи попередження про небезпеку вогневого ураження у ТОВ «Техприлад».

Розроблено комп'ютерні моделі процесів деформування пластини в разі влучання кулі, які дають можливість визначити допустиму товщину пластини, а також дослідити механічну поведінку пластини для різних матеріалів. Проведено дослідження динамічних процесів деформування сталевих пластини в результаті влучання в неї кулі. Задачу розв'язано в рамках загальних співвідношень пружнопластичності з урахуванням залежності кривих деформування сталі від швидкості ударної дії кулі. Чисельний експеримент виконано методом скінченних елементів для пластин різної товщини з оцінкою ударної міцності за критерієм Мізеса.

В інтересах Центрального науково-дослідного інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил України отримано ре-

зультати, які використовують при розрахунку діаграм спрямованості квазіоптичних фокусуєчих систем для проведення моделювання і програмних експериментів із визначення характеристик спрямованості, дальності дії, електромагнітної сумісності, стійкості до впливу перешкод, можливостей функціонального придушення, а також в інших дослідженнях у галузі обґрунтування технічних рішень і вироблення рекомендацій щодо розроблення чи модернізації зразків військової техніки (для радіолокаційної, радіоелектронної боротьби, зв'язку тощо). Досліджено випромінювальні властивості лінійної антенної решітки з точки зору поліпшення параметрів амплітудних діаграм спрямованості. Основою підходу є строга постановка тривимірної електродинамічної задачі для такої решітки. Отримано аналітичні формули для розподілу поля в елементах решітки та її загальної діаграми спрямованості. Перспективою цього підходу є розгляд задач оптимізації для коефіцієнтів відбивання та проходження, функції прозорості окремих елементів решітки та її геометричних параметрів, що забезпечують бажані характеристики діаграм спрямованості. З погляду реалізації інженерних рішень це дає можливість створювати вузькоспрямовані діаграми та фокусувати випромінювання в заданій точці простору.

В Інституті отримано також низку інших важливих результатів, які мають перспективи ширшого використання. Вони стосуються, зокрема, вивчення динамічних процесів у тілах

з включеннями, використання захисних покриттів, фононних явищ у метаматеріалах, механіки функціонально-градієнтних матеріалів тощо. Практична значущість отриманих результатів полягає в їх застосовності при проектуванні функціональних вібро- та ударопоглинальних метаматеріалів, зокрема для будівель і укріплень, з посиленою пружно-хвильовою опірністю, надчітких за роздільною здатністю фононних кристалів і хвильових фільтрів, при числовій інтерпретації даних ультразвукової діагностики дефектів та сейсмоакустичної розвідки корисних копалин нетрадиційного (дрібно-дисперсного) типу. Отримані результати стали основою для започаткування співпраці з ДП КБ «Луч» щодо числового обґрунтування механізмів і розрахунку маркерів хвильового загасання у композитних метаматеріалах для оптимізації натурних експериментів і використання у демпфувальних конструктивних елементах.

Підсумовуючи, слід акцентувати на першочерговій важливості розширення цілеспрямованих фундаментальних досліджень у тісній співпраці з провідними науково-технічними установами міністерств та відомств України з метою створення ефективних прикладних розробок для потреб сьогодення та майбутнього України, зокрема щодо підвищення обороноздатності та відновлення пошкоджених наслідком воєнної агресії елементів критичної, промислової та житлової інфраструктури.

Дякую за увагу!

Слава Україні!

Yuriy V. Tokovyy
*Pidstryhach Institute for Applied Problems of Mechanics and Mathematics
 of the National Academy of Sciences of Ukraine, Lviv, Ukraine*
 ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1610-0113>

FOCUSED FUNDAMENTAL RESEARCH AS A FOUNDATION FOR RELEVANT APPLIED INNOVATIONS

Speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 30, 2025

Cite this article: Tokovyy Yu. V. Focused fundamental research as a foundation for relevant applied innovations (speech at the session of the General Meeting of the National Academy of Sciences of Ukraine, April 30, 2025). *Visn. Nac. Akad. Nauk Ukr.* 2025. (6): 89—92. <https://doi.org/10.15407/visn2025.06.089>