

НАЦІОНАЛЬНИЙ КОМІТЕТ УКРАЇНИ З ТЕОРЕТИЧНОЇ І ПРИКЛАДНОЇ МЕХАНІКИ

Про сучасний стан досліджень у галузі теоретичної і прикладної механіки в Україні та в НАН України та перспективи їх розвитку

Зміст

Вступ

1. Світові тенденції розвитку теоретичної і прикладної механіки
 2. Сучасний стан досліджень у галузі теоретичної і прикладної механіки в Україні та НАН України
 3. Перспективні напрями розвитку досліджень у галузі механіки в Україні
 - 3.1. Перспективні тематичні напрями
 - 3.1.1. Механіка цілісності, пошкодження та стійкості матеріалів і конструкцій за екстремальних і тривалих навантажень
 - 3.1.2. Багатофізична механіка перспективних неоднорідних, функціональних та архітектурно спроектованих матеріалів
 - 3.1.3. Прогнозна обчислювальна механіка: високопродуктивні обчислення, науковий штучний інтелект, моделі зниженої розмірності та цифрові двійники
 - 3.1.4. Гідромеханіка, взаємодія рідини з конструкціями та механіка енергетичних систем
 - 3.1.5. Будівельна механіка, геомеханіка та механіка критичної інфраструктури
 - 3.1.6. Біомеханіка та механобіологія для медичних технологій
 - 3.2. Наскрізні пріоритети
 - 3.2.1. Експериментальна механіка, верифікація і валідація
 - 3.2.2. Математичні основи механіки
 4. Організаційні умови реалізації пріоритетів
 5. Висновки та пропозиції
- Джерела та матеріали

Вступ

Україна зберігає досить значний науковий потенціал у галузі теоретичної і прикладної механіки. В академічних установах, закладах вищої освіти та галузевих організаціях розвиваються дослідження з багатьох напрямів механіки, зокрема з проблем міцності, руйнування й динаміки матеріалів і конструкцій, будівельної механіки, гідромеханіки, геомеханіки, технічної механіки і машинознавства, математичних проблем механіки. Одержані Національним комітетом України з теоретичної і прикладної механіки від окремих установ та закладів вищої освіти матеріали та актуальні офіційні відомості засвідчують наявність наукових шкіл, унікальних експериментальних установок та

обчислювальних комплексів [3–7, 15, 16, 18–23]. Разом з тим вказані дані не є всеохоплюючими і формулювання узагальнених кількісних даних про кадровий і матеріально-технічний стан усієї галузі механіки в Україні потребує додаткового опрацювання.

Сучасна світова механіка розвивається завдяки інтеграції фізично й математично обґрунтованих моделей, експерименту, високопродуктивних обчислень, даних, методів штучного інтелекту та оцінювання невизначеності.

Для НАН України доцільно модернізувати й поєднувати наявні наукові школи через міжінституційні дослідницькі програми, підтримуючи як фундаментальні та прикладні дослідження, так і застосування науково-технічних результатів для підвищення обороноздатності і безпеки країни та воєнного і повоєнного відновлення економіки [8–13].

Пропонується зосередити координацію на шести взаємопов'язаних пріоритетних наукових і науково-технічних напрямках: (1) механіка цілісності, пошкодження та стійкості; (2) багатофізична механіка перспективних матеріалів; (3) прогнозна обчислювальна механіка; (4) гідромеханіка та механіка енергетичних систем; (5) будівельна механіка, геомеханіка та механіка критичної інфраструктури; (6) біомеханіка та механобіологія. Також важливими є наскрізні пріоритети — сучасна експериментальна механіка й математичні основи механіки.

Реалізація вказаних пріоритетів потребує системного обліку компетенцій; розширення доступу до наукової інфраструктури і усунення для цього наявних відомчих бар'єрів; збільшення підтримки молодих дослідників на державному рівні та на рівні наукових установ і закладів вищої освіти; розвитку міжнародного співробітництва; активізації взаємодії із потенційними замовниками і споживачами наукових розробок.

1. Світові тенденції розвитку теоретичної і прикладної механіки

Сучасна теоретична і прикладна механіка залишається фундаментальною основою для аналізу, прогнозування та проектування матеріалів, конструкцій, машин, транспортних і енергетичних систем, біологічних об'єктів та природно-техногенних процесів. Упродовж останнього десятиліття розширюється інтеграція аналітичних, експериментальних і чисельних методів у дослідницькі

цикли, де модель спрямовує обчислення та експеримент, а результати вимірювань використовуються для її уточнення. Аналіз даних і машинне навчання доповнюють цей цикл у задачах ідентифікації, побудови сурогатних моделей та оптимізації.

Програма Національного наукового фонду США (National Science Foundation, NSF) «Механіка систем із передових (перспективних) матеріалів» (Mechanics of Advanced Materials Systems, MAMS;) підтримує фундаментальні дослідження з проблем деформування й руйнування інженерних і біологічних матеріалів та систем. Її тематика охоплює проблеми контакту, тріщиноутворення, втоми нелінійного деформування, стійкості і поширення хвиль; серед можливих інструментів передбачено методи штучного інтелекту. Таким чином, нові обчислювальні підходи доповнюють класичну проблематику механіки, а не замінюють її [8].

Інша програма NSF «Проектування матеріалів для революційних технологій майбутнього» (Designing Materials to Revolutionize and Engineer our Future, DMREF) демонструє перехід до інтегрованої моделі дослідження матеріалів, що поєднує теорію, обчислення, експеримент і дані. Для таких досліджень важливі міждисциплінарні групи, методи, керовані даними (data-driven), відтворюваність результатів і зв'язок фундаментальних моделей із технологічними застосуваннями [9].

Помітною міжнародною тенденцією є перехід від опису властивостей заданих матеріалів до проектування їхньої структури та функцій. Тематика Міжнародного конгресу з теоретичної і прикладної механіки (International Congress of Theoretical and Applied Mechanics, ICTAM) 2024 року охоплювала широкий спектр класичної та нової проблематики, зокрема архітектурні матеріали, оптимізацію, біомеханіку і методи, керовані даними. Європейська стратегія “Advanced Materials for Industrial Leadership” пов'язує розроблення перспективних матеріалів із цифровізацією, ресурсоефективністю та промисловими застосуваннями [10, 11].

Ще однією наскрізною тенденцією є зростання ролі задач, пов'язаних з екстремальними умовами, довговічністю, стійкістю і безпекою. До них належать

руйнування та втома, ударні і хвильові процеси, високі температури і тиски, багатофізичні процеси, деградація матеріалів, робота в агресивних середовищах, а також механіка систем енергетики та критичної інфраструктури. Для прогнозування реальних систем дедалі більшого значення набувають методи кількісного оцінювання невизначеності, ймовірнісної механіки, аналізу надійності та асиміляції даних.

В експериментальній механіці зростає роль повнопольових оптичних вимірювань, цифрової кореляції зображень, томографії, високошвидкісної реєстрації, неруйнівного контролю, дистанційного моніторингу, синхротронних та інших високоточних методів. Експеримент перестає бути лише завершальною перевіркою розрахунку і стає повноправною частиною ітераційного циклу побудови прогнозної моделі.

У механіці деформівного твердого тіла посилюється роль багатомасштабних моделей, адитивного виробництва, матеріалів із керованими властивостями та механіки технологічно сформованих структур. У механіці рідини і газу поряд із традиційними задачами розвиваються дослідження багатофазних й складних течій, високошвидкісна аерогідродинаміка, вивчається взаємодія потоків із деформівними конструкціями, мікро- та наногідродинаміка, енергетичні й екологічні застосування. Розвиток біомеханіки пов'язаний з механобіологією, медичною візуалізацією й персоналізованими моделями [8, 10].

Ускладнення моделей і перехід до прогнозної механіки підвищують значення її математичних основ: коректності постановки і розв'язку нелінійних крайових задач, асимптотичного та багатомасштабного аналізу, спектральної теорії, варіаційних методів, обернених задач і математичного обґрунтування чисельних алгоритмів. Міжнародна практика, зокрема діяльність Міжнародної асоціації прикладної математики і механіки (International Association of Applied Mathematics and Mechanics; нім. Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik, GAMM), поєднує ці підходи з експериментальною та обчислювальною механікою [12].

Методологічна основа достовірного прогнозу — фізично і математично обґрунтована модель, сучасний експеримент, верифіковані обчислювальні

методи, дані та кількісне оцінювання невизначеності. Застосування штучного інтелекту має оцінюватися відповідно до конкретної наукової задачі та області застосовності моделі [13].

2. Сучасний стан досліджень у галузі теоретичної і прикладної механіки в Україні та НАН України

Україна зберігає досить розвинений науковий потенціал у галузі теоретичної і прикладної механіки, представлений академічними установами, закладами вищої освіти, галузевими науково-технічними організаціями та окремими високотехнологічними підприємствами. Показовою характеристикою цього потенціалу є склад Національного комітету України з теоретичної і прикладної механіки (далі – НКУТПМ, Комітет), до якого входять провідні фахівці-механіки, доктори наук. За актуалізованим внутрішнім обліком станом на вересень 2026 р. Комітет об'єднує 214 діючих членів, які представляють понад 50 наукових установ НАН України, закладів вищої освіти, галузевих проектно-конструкторських організацій та науково-виробничих підприємств України. Близько 60% членів Комітету працюють в установах НАН України, понад третина — у закладах вищої освіти, решта представляє галузеві, проектні та інші науково-технічні організації Києва, Львова, Харкова, Дніпра, Одеси, Тернополя, Рівного, Ужгорода, Кривого Рогу [3, 5].

У структурі Комітету виразно окреслюється мережа базових центрів фундаментальної та прикладної механіки. Найбільше представництво мають Інститут механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України (36 членів), Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України (19), Інститут прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України (16) та Інститут проблем міцності ім. Г.С. Писаренка НАН України (14); вагоме представництво мають також Інститут гідромеханіки НАН України (9) та Інститут математики НАН України (6). Серед закладів вищої освіти найбільш чисельно представлені Київський національний університет будівництва і архітектури (12 членів), Національний транспортний університет (10) і Дніпровський національний університет ім. Олеся Гончара (9). Водночас значення цієї картини полягає не лише у концентрації фахівців у кількох

провідних установах: географічно розподілена мережа Комітету поєднує академічні школи, університетські колективи та інженерно-технологічні організації, створюючи основу для міжінституційної кооперації й перенесення фундаментальних результатів у практичні застосування.

Найбільш розвиненими напрямками механіки деформівного твердого тіла є механіка композитних матеріалів і неоднорідних середовищ, міцність, руйнування та втома матеріалів, динаміка й стійкість механічних систем, термомеханіка і механіка зв'язаних полів, будівельна механіка, технічна механіка та механіка тонкостінних конструкцій. Значні компетенції зберігаються в гідромеханіці та механіці рідини і газу, взаємодії потоків із конструкціями, геомеханіці, математичних проблемах механіки та обчислювальній механіці. Ці дослідження використовуються для вирішення задач енергетики, авіації та ракетно-космічної техніки, транспорту, будівництва, гірничої промисловості й безпеки критичної інфраструктури [4].

За матеріалами Комітету та актуальною інформацією Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України його наукові підрозділи охоплюють механіку композитних і неоднорідних середовищ, оболонкових систем, зв'язаних полів, руйнування і втоми, повзучості, термопружності й термопластичності, коливань, динаміки та стійкості механічних систем [18, 19, 23].

Основними напрямками наукової і науково-технічної діяльності Інституту проблем міцності імені Г.С. Писаренка НАН України є [18, 23]:

- граничний стан і критерії міцності матеріалів і конструкцій;
- розрахункові та експериментальні методи дослідження напружено-деформованого стану;
- механіка руйнування і живучість конструкцій;
- коливання неконсервативних механічних систем.

Інститут геотехнічної механіки ім. М.С. Полякова НАН України розвиває механіку гірських порід і масивів та керування їх напружено-деформованим станом, наукові основи гірничих процесів і технологій, проблеми видобування шахтного метану, енергозбереження й надійності гірничих виробництв [18, 23].

В Інституті гідромеханіки НАН України розвиваються хвильова й вихрова гідродинаміка, акустика потоків і медична акустика, гідромеханіка великих швидкостей і суперкавітація, гідротермодинаміка та тепломасообмін, фізико-хімічна гідродинаміка, гідротехніка і задачі взаємодії рідини з конструкціями [18, 23].

Основними напрямками досліджень Інституту технічної механіки НАН України і Державного космічного агентства України є динаміка механічних і гідромеханічних систем, ракетно-космічна техніка і транспорт; аеротермогазодинаміка; міцність, надійність і оптимізація механічних систем; взаємодія твердого тіла з іонізованим середовищем та електромагнітним випромінюванням [18, 23].

Інститут транспортних систем і технологій НАН України досліджує фізико-технічні проблеми створення магнітолевітуючих транспортних систем і пристроїв, механіку та аеродинаміку транспортних засобів, а також проблеми високоенергоємних бортових джерел живлення [18, 23].

В Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України виконуються фундаментальні та прикладні дослідження з математичних проблем механіки, математичного моделювання взаємодії зв'язаних полів, обчислювальної механіки структурно-неоднорідних середовищ, механіки руйнування та фізичного матеріалознавства.

Пріоритетні напрями Фізико-механічного інституту ім. Г.В. Карпенка НАН України охоплюють фізико-хімічну механіку руйнування і міцності матеріалів, зокрема, проблеми водневого впливу та корозії, а також фізичні основи й інформаційні технології технічної діагностики та дистанційного зондування [22].

Інститут енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України веде роботи з турбулентних течій у турбомашинах, аеропружності, нелінійних коливань, гідропружності резервуарів, міцності енергетичних і аерокосмічних конструкцій та поведінки багат шарових і адитивно виготовлених матеріалів. Це приклад поєднання математичного моделювання, дослідження конструкцій і технологічних застосувань у межах однієї установи [15].

Матеріали Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут» відображають університетські компетенції з міцності та коливань конструкцій, аеродинаміки, фізичного моделювання польоту, турбомашин і тепломеханічних процесів. [15, 16].

Прикладом застосування сучасних методів технічної діагностики є роботи Інституту електрозварювання ім. Є.О. Патона НАН України з дистанційного обстеження Київської телевежі після ракетного удару. У матеріалах інституту наведено результати виявлення пошкоджень із застосуванням безпілотних літальних апаратів, фотограмметрії та методів автоматизованого аналізу. Український інститут сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського повідомив про співпрацю в цих роботах як автор проєкту вежі. Цей приклад ілюструє потенціал взаємодії діагностики, механічної моделі та інженерного рішення [6].

Водночас у вітчизняних установах розвиваються напрями, що безпосередньо виходять на сучасну проблематику функціональних та архітектурно спроектованих середовищ. У матеріалах НКУТПМ за 2023–2025 рр., зокрема, представлено дослідження Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України з поширення та блокування пружних хвиль у композитних і метаматеріальних структурах, включаючи системи з каскадами резонаторів. Важливим напрямом досліджень цього інституту також є розроблення на основі математичного моделювання зв'язаних полів та обчислювальної механіки структурно-неоднорідних середовищ розрахункових методик оцінювання міцності й пошкоджуваності відповідальних елементів конструкцій спеціального, зокрема оборонного, призначення із сучасних композитних і метаматеріалів.

У ширшому масиві матеріалів Комітету ця тематика поєднується з роботами з механіки композитів, неоднорідних середовищ і зв'язаних полів. Це свідчить про наявність внутрішньої наукової бази для переходу від аналізу традиційних матеріалів до механіко-орієнтованого проєктування функціональних та архітектурних матеріалів; водночас відповідні компетенції поки розподілені між окремими колективами і потребують міжінституційної координації [4, 7].

Математичні школи Інституту математики, Інституту прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України та Інституту механіки ім. С.П. Тимошенка НАН України створюють передумови для розвитку спільних задач у нелінійній динаміці, механіці матеріалів, спектральному й асимптотичному аналізі, обернених задачах та прогнозній обчислювальній механіці. Доцільно посилювати цю кооперацію через спільні дослідницькі теми й підготовку молодих учених.

Потреба в сучасній обчислювальній парадигмі була сформульована самою механічною спільнотою ще у Плані роботи НКУТПМ на 2024 р. та на перспективу до 2027 р., де передбачено розвиток високопродуктивних обчислень, комп'ютерної математики, штучного інтелекту і машинного навчання для моделювання й оптимізації складних механічних систем, а також застосування таких методів для ідентифікації дефектів. У цьому ж документі як перспективні напрями згадуються біомеханіка та робототехніка [2].

На Загальних зборах НКУТПМ 11 листопада 2025 року ці положення дістали організаційне продовження: розглядалося формування міждисциплінарних колективів, розвиток обчислювальних методів і штучного інтелекту, освітньо-наукових програм та міжнародного співробітництва. Ухвалу зборів доцільно розглядати як чинну внутрішню основу для конкретизації пропозицій цієї записки [5].

Окремі надіслані установами дані дають змогу конкретизувати стан дослідницької інфраструктури. Інститут енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України повідомляє про гідродинамічні стенди зі статусом національного надбання, стенди високошвидкісного деформування й вібраційних досліджень, устаткування для виготовлення експериментальних зразків адитивними технологіями та обчислювальний кластер із 104 ядрами й 512 ГБ оперативної пам'яті. Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут» (ХАІ) повідомляє про аеродинамічний комплекс із надзвуковою трубою Т-6 і комплекс фізичного моделювання режимів польоту, які подані ним як об'єкти національного надбання [15, 16].

Важливим для оцінки стану і перспектив розвитку теоретичної і прикладної механіки є аналіз кадрового потенціалу провідних наукових установ та університетів. Нижче наведено окремі актуальні дані; слід враховувати, що джерела використовують різні одиниці обліку, а окремі науковці працюють більш ніж в одному науковому напрямі.

Станом на жовтень 2026 року в Інституті механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України працюють 92 наукових співробітників, серед яких 33 доктори наук і 34 кандидати наук та доктори філософії (PhD) [19]. У поточному 2026/2027 навчальному році в аспірантурі Інституту навчаються 17 осіб; п'ять із них зараховано у 2026 році.

До досліджень у галузі механіки в Інституті проблем міцності ім. Г. С. Писаренка НАН України залучено 88 наукових працівників, у тому числі 14 докторів, 50 кандидатів наук / PhD і 24 працівники без наукового ступеня. Серед них 5 мають статус молодого вченого. При цьому за науковими напрямами кадровий потенціал концентрується таким чином:

- граничний стан і критерії міцності матеріалів і конструкцій – 11 докторів наук, 36 кандидатів наук / PhD, 16 працівників без наукового ступеня;
- розрахункові та експериментальні методи дослідження напружено-деформованого стану – 7 докторів наук, 29 кандидатів наук / PhD, 10 працівників без наукового ступеня;
- механіка руйнування і живучість конструкцій – 3 доктори наук, 7 кандидатів наук / PhD, 4 працівники без наукового ступеня;
- коливання неконсервативних механічних систем – 1 доктор наук, 7 кандидатів наук / PhD, 3 працівники без наукового ступеня.

В Інституті прикладних проблем механіки і математики ім. Я.С. Підстригача НАН України за зазначеною вище тематикою у галузі механіки працюють 79 науковців у 6 наукових відділах (у т.ч. 4 лабораторіях), серед яких 21 доктор та 54 кандидати наук. До виконання досліджень залучено 14 молодих науковців та аспірантів.

В Інституті енергетичних машин і систем ім. А.М. Підгорного НАН України у галузі механіки працюють 8 докторів наук і 15 кандидатів наук та докторів філософії, серед яких 3 молоді дослідники [15].

У Київському національному університеті імені Тараса Шевченка (механіко-математичний факультет) дослідженнями у галузі механіки займаються 14 наукових і науково-педагогічних працівників та 2 співробітники інженерного складу науково-дослідної частини (загалом 16 осіб), серед них 3 доктори наук, 10 кандидатів наук / PhD і 3 працівники без наукового ступеня. За напрямками досліджень:

- у галузі механіки матеріалів: 1 доктор наук, 3 кандидати наук / PhD, 2 працівники без наукового ступеня;
- у галузі механіки руйнування: 1 доктор наук, 2 кандидати наук / PhD, 2 працівники без наукового ступеня;
- у галузі механіки тонкостінних елементів конструкцій: 2 доктори наук, 3 кандидати наук / PhD;
- у галузі механіки зв'язаних полів: 1 доктор наук, 5 кандидатів наук / PhD, 2 працівники без наукового ступеня;
- у галузі загальної механіки: 3 доктори наук, 4 кандидати наук / PhD, 2 працівники без наукового ступеня.

У Львівському національному університеті імені Івана Франка на кафедрі механіки працюють 7 науково-педагогічних працівників, серед яких 1 доктор наук і 6 кандидатів наук / докторів філософії. Кафедра забезпечує підготовку бакалаврів, магістрів та аспірантів зі спеціальності 113 «Прикладна математика» за програмами механічного профілю [20].

У Науково-дослідному інституті будівельної механіки Київського національного університету будівництва і архітектури (КНУБА) штатний науковий склад включає 8 докторів наук і 14 кандидатів наук. Інститут виконує фундаментальні й прикладні дослідження з міцності, стійкості, коливань, деформування та руйнування складних просторових конструкцій [21].

Наведені дані щодо кадрового складу не є повністю зіставними: академічні установи й університетські осередки мають різну структуру штатів, а публічні

джерела не завжди однаково відокремлюють наукових, науково-педагогічних, інженерних працівників та аспірантів. Тому ці відомості слід розглядати як актуальний зріз окремих центрів, а не як завершену статистику галузі.

Одержані від окремих провідних установ і університетських осередків кількісні відомості характеризують конкретні дослідницькі центри, але поки що не утворюють репрезентативної загальнонаціональної бази. Для оцінювання кадрової структури, реального стану обладнання, доступу до обчислень і втрат від війни потрібен регулярний уніфікований збір інформації.

Новим Положенням про НКУТПМ передбачено координацію досліджень, визначення перспективних напрямів механіки, підготовку пропозицій для НАН України та органів державної влади і сприяння практичному використанню наукових результатів. У цьому контексті НКУТПМ може виконувати функцію постійного координаційного майданчика для актуалізації карти наукових компетенцій, формування експертних робочих груп і підготовки міжінституційних програм [1].

3. Перспективні напрями розвитку досліджень у галузі механіки в Україні

Для України доцільним є розвиток сильних наукових шкіл через їхню модернізацію та міжінституційну кооперацію із застосуванням сучасного експериментального, математичного й обчислювального інструментарію. Пропонується шість взаємопов'язаних перспективних тематичних напрямів і два наскрізні пріоритети.

3.1. Перспективні тематичні напрями

3.1.1. Механіка цілісності, пошкодження та стійкості матеріалів і конструкцій за екстремальних і тривалих навантажень

Доцільно сформулювати один із базових міжінституційних напрямів, що об'єднає механіку руйнування, втому, повзучість, контактне пошкодження, динамічне руйнування, ударні й вибухові навантаження, прогресуюче руйнування конструкцій, неруйнівний контроль і прогнозування залишкового ресурсу. Україна має для цього сильні наукові школи та значний досвід практичних застосувань.

Особливого значення цей напрям набуває для безпеки критичної інфраструктури, об'єктів енергетики і транспорту, оборонної техніки та відновлення пошкоджених споруд. Прикладна актуальність не повинна звужувати фундаментальну складову: необхідний подальший розвиток теорій зародження й поширення пошкоджень, нелінійних і часово залежних моделей матеріалів, механіки багатокомпонентного руйнування та переходу від локального дефекту до втрати несучої здатності конструкції.

Окремої уваги потребує проблематика руйнування матеріалів під спільною дією механічного навантаження та агресивних, зокрема корозивних і воденьвмісних середовищ. Перспективними є фізично обґрунтовані критерії міцності й довговічності, які враховують взаємодію механічних та фізико-хімічних процесів. Розвиток методів механіки руйнування необхідний і для адитивно виготовлених елементів конструкцій, особливо за умов експлуатації в агресивних середовищах та на об'єктах критичної інфраструктури. Водночас слід поглиблювати зв'язок механіки руйнування з методами технічної діагностики, неруйнівного контролю і прогнозування залишкового ресурсу.

Перспективним є поєднання цих підходів із моніторингом, дистанційною діагностикою, оберненими задачами, асиміляцією даних і кількісним оцінюванням невизначеності. Окремий приклад прикладної потреби — підвищення ударо- та протиуламкової стійкості захисних конструкцій, а також оцінювання ресурсу обладнання за багаторежимного навантаження [15].

3.1.2. Багатофізична механіка перспективних неоднорідних, функціональних та архітектурно спроектованих матеріалів

Другим базовим напрямом є розвиток механіки композитів, функціонально-градієнтних, багатофазних та високоентропійних матеріалів, дослідження зв'язаних термомеханічних, електромеханічних та інших фізико-механічних процесів. Ці компетенції створюють основу для переходу до механічних метаматеріалів, архітектурних та ієрархічних структур, програмованих матеріалів і матеріалів із керованими властивостями.

Світова тенденція полягає у переході від дослідження властивостей заданого матеріалу до цілеспрямованого проектування його структури та функцій. Для

НАН України доцільно поєднати компетенції в механіці композитів, зв'язаних полів, хвильових процесів, міцності, фазових перетворень і оптимізації з оберненими задачами, топологічною оптимізацією, експериментальною верифікацією та data-driven методами [10, 11].

Математичним підґрунтям досліджень архітектурних матеріалів є, зокрема, гомогенізація, спектральна теорія хвиль у неоднорідних і періодичних середовищах, дисперсійний аналіз, варіаційні й обернені задачі проєктування структури. Ця проблематика створює природне поле співпраці механіків із фахівцями з прикладної математики та матеріалознавства.

Важливою складовою має бути врахування технологічного походження властивостей і дефектів матеріалу — зокрема для адитивного виробництва, зварних, композитних та інших технологічно сформованих структур. Механіка повинна охоплювати весь ланцюг “проєктування структури — технологія виготовлення — формування дефектів і залишкових напружень — експлуатаційні властивості”.

3.1.3. Прогнозна обчислювальна механіка: високопродуктивні обчислення, науковий штучний інтелект, моделі зниженої розмірності та цифрові двійники

Прогнозну обчислювальну механіку слід розглядати як наскрізну науково-технологічну платформу, що доповнює традиційні методи. Її основу становить поєднання фізичних і математичних моделей, чисельного аналізу, високопродуктивних обчислень, машинного навчання, ідентифікації параметрів, аналізу чутливості та моделей зниженої розмірності.

Достовірність прогнозу потребує розрізнення верифікації — перевірки правильності реалізації моделі та чисельних методів — і валідації — оцінювання її відповідності фізичному об'єкту за незалежними даними. Обидві процедури мають супроводжуватися кількісним оцінюванням невизначеності, аналізом стійкості та визначенням області застосовності моделі. Такий підхід узгоджується з фундаментальною дослідницькою програмою цифрових двійників, сформульованою Національними академіями США [13].

Окремого розвитку потребують фізично обґрунтовані редуковані моделі, проєкційні та модальні підходи, обернені задачі та математичні засади методів машинного навчання. Моделі, отримані за даними, слід досліджувати з погляду точності, узагальнювальної здатності, стійкості до шуму та можливості використання для умов, відмінних від навчальних.

Доцільно розвивати спільні репозитарії контрольних задач, верифікованих програмних кодів, експериментальних даних і доступних обчислювальних ресурсів. Цифрові двійники слід створювати насамперед для систем, де існують фізично обґрунтована модель, якісні дані моніторингу й можливість регулярного уточнення параметрів, а не використовувати цей термін як синонім будь-якої комп'ютерної моделі [9, 13].

3.1.4. Гідромеханіка, взаємодія рідини з конструкціями та механіка енергетичних систем

Доцільно підтримувати українські школи гідромеханіки, теорії хвиль, примежового шару, турбулентності та гідропружності, поєднуючи їх із дослідженнями складних і багатофазних течій, кавітації, високошвидкісної аерогідродинаміки, тепло- й масообміну, а також екологічних гідродинамічних процесів. Особливої уваги потребують задачі взаємодії потоків із деформівними тілами та процеси керування гідродинамічними характеристиками рухомих об'єктів.

Окремими задачами є нелінійні коливання вільної поверхні рідини в рухомих резервуарах і баках, гідропружність тонкостінних конструкцій, аеропружність турбомашин і динаміка складних систем із рідинними компонентами. Математичний аналіз таких задач поєднує асимптотичні й модальні методи з дослідженням нелінійних коливань, стійкості та біфуркацій.

Перспективними для механіки енергетичних систем є дослідження ресурсу й міцності обладнання, взаємодії течій, теплових полів і конструкцій, фазових перетворень та властивостей реальних робочих тіл. Важливо розвивати моделі турбулентних течій у проточних частинах машин, нестаціонарної аеропружної взаємодії, високотемпературних і водневих технологій. Прикладною основою

для таких робіт можуть слугувати наявні гідродинамічні установки, лабораторії й співпраця академічних установ із промисловістю [15].

Сучасні комплексні задачі «потік — конструкція — матеріал — керування» потребують одночасного використання сучасного експерименту, обчислень, оптимізації та математичного аналізу, зокрема для екстремальних режимів експлуатації й невизначеності параметрів.

3.1.5. Будівельна механіка, геомеханіка та механіка критичної інфраструктури

Будівельну механіку доцільно виразно представляти серед перспективних напрямів механіки з огляду на необхідність відновлення зруйнованих будівель і споруд, мостів, промислових та енергетичних об'єктів. Фундаментальну основу цього напрямку становлять дослідження міцності, стійкості, динаміки, втоми й прогресуючого руйнування конструкцій, у тому числі за аварійних, вибухових, сейсмічних та інших екстремальних впливів.

Для реконструкції та експлуатації відповідальних споруд перспективним є поєднання будівельної механіки з інструментальним моніторингом, неруйнівною діагностикою, ідентифікацією параметрів, оцінюванням невизначеності й обґрунтуванням залишкового ресурсу. У цьому контексті важливими є зв'язки між академічними установами, проєктними організаціями, власниками інфраструктури та органами, відповідальними за її відновлення.

Геомеханіку доцільно зберегти як окремий стратегічний напрям. Україна має значну концентрацію фахівців у механіці гірських порід, підземних споруд, деформуванні масивів, безпеці гірничих робіт та суміжних задачах. У сучасних умовах ці компетенції набувають нового значення для захисної інфраструктури, підземного будівництва, енергетичних систем, оцінювання природних і техногенних ризиків та відновлення територій.

Перспективний розвиток має передбачати поєднання традиційної геомеханіки з багатофізичними моделями, моніторингом, оберненими задачами, методами оцінювання ризиків і невизначеності, дистанційним зондуванням та data-driven підходами. Це дозволить перейти від розрахунку окремого об'єкта до прогнозного моделювання еволюції великих підземних і геотехнічних систем.

Спільною для будівельної механіки та геомеханіки є потреба в аналізі взаємодії споруд з основами, ґрунтовими й підземними системами, зокрема за тривалих і динамічних навантажень. Це створює підстави для спільних дослідницьких програм, водночас не усуваючи предметної самостійності кожного з цих напрямів.

3.1.6. Біомеханіка та механобіологія для медичних технологій

Біомеханіку слід розглядати як перспективний напрям селективного розвитку. Наявні матеріали не дають підстав вважати її сьогодні однією з найбільших українських шкіл механіки, проте існують окремі сильні компетенції у моделюванні імплантатів, біомеханічних конструкцій та персоналізованих медичних систем. Водночас у міжнародних дослідженнях біомеханіка і механобіологія вже становлять важливу частину фундаментальної механіки, охоплюючи масштаби від клітин до тканин і живих систем [8].

Для України доцільним є створення невеликої, але стійкої мережі академічних та університетських груп разом із медичними установами навколо персоналізованого моделювання імплантатів, тканинної механіки, реабілітаційних систем і механічно обґрунтованих медичних технологій.

Можливим міждисциплінарним напрямом на стику гідромеханіки та біомеханіки є дослідження руху біологічних і біоінспірованих мікроплавців за малих чисел Рейнольдса, зокрема в контексті мікрофлюїдики та біомедичних технологій. Розвиток такого напрямку в Україні потребує уточнення наявних дослідницьких компетенцій і потенційних медичних партнерств.

3.2. Наскрізні пріоритети

3.2.1. Сучасна експериментальна механіка, верифікація і валідація моделей

Особливої уваги потребують сучасні методи експериментальної механіки: повнопольові оптичні вимірювання, цифрова кореляція зображень, томографія, високошвидкісна реєстрація, неруйнівний контроль, дистанційний моніторинг, випробування у складних термомеханічних і динамічних умовах. Обчислювальні моделі й цифрові двійники мають розвиватися разом із системами експериментальної валідації та процедурами верифікації розрахункових методів.

Унікальні установки академічних і університетських осередків доцільно об'єднати не адміністративно, а через доступну систему спільного використання. Отримані від ІЕМС НАН України та ХАІ матеріали надають конкретні приклади наявного обладнання, на основі яких можна розпочати інвентаризацію наукової інфраструктури [15, 16].

3.2.2. Математичні основи механіки

Для всіх зазначених напрямів важливі математичне обґрунтування моделей, доведення їхньої коректності в належних класах задач, аналіз наближень і збіжності чисельних методів, а також оцінювання похибки й невизначеності. Розвиток математичних основ механіки доцільно розглядати як наскрізний пріоритет, рівноправний сучасній експериментальній механіці. Він охоплює нелінійні крайові та еволюційні задачі, асимптотичні й багатомасштабні методи, гомогенізацію, спектральний аналіз, теорію нелінійних коливань і стійкості, варіаційні методи та математичну теорію обернених задач.

Особливо перспективною є взаємодія механіків із фахівцями з прикладної математики у проблемах гомогенізації та хвиль у структурованих матеріалах, фізично обґрунтованої редукції моделей, аналізу методів машинного навчання, оцінювання невизначеності, нелінійної гідромеханіки й інженерної діагностики. Такі дослідження підтримують фундаментальну складову як академічної, так і університетської та галузевої механіки [12, 13].

4. Організаційні умови реалізації пріоритетів

Для реалізації окреслених напрямів необхідні не лише окремі дослідження, а й сталі механізми кооперації між установами НАН України, університетами, галузевими організаціями та промисловістю. Доцільно передбачити наведені нижче організаційні заходи.

1. Інвентаризація компетенцій і наукової інфраструктури. Налагодити регулярний облік дослідницьких груп за науковими напрямками, їх кадрової структури, унікального обладнання, обчислювальних потужностей, програмних комплексів, міжнародних проєктів і впроваджень. За окремою методикою необхідно фіксувати втрати, спричинені війною, та потреби у відновленні наукової інфраструктури.

- 2. Міжінституційні дослідницькі програми.** Формувати проблемно орієнтовані групи навколо механіки цілісності критичної інфраструктури, передових матеріалів, прогнозованої механіки, гідромеханіки енергетичних систем та спільних математичних задач. Визначати відповідальних за координацію, очікувані фундаментальні результати, інструменти їхньої перевірки та можливості впровадження.
- 3. Спільна обчислювальна та цифрова інфраструктура.** Розвивати міжінституційний доступ до ресурсів високопродуктивних обчислень (high-performance computing, HPC), зокрема обчислень на графічних процесорах (graphics processing units, GPU), баз контрольних задач, верифікованих моделей і програмних кодів, а також до відкритих або регламентовано доступних наборів експериментальних даних. Передбачити вимоги до відтворюваності, збереження даних і захисту інформації.
- 4. Мережеве використання експериментальної бази.** Підготувати каталог унікальних установок, обладнання національного надбання й випробувальних можливостей. Розробити процедури спільного доступу, технічної підтримки та розвитку таких об'єктів. Пріоритетними є як модернізація наявних установок, так і цільове придбання нового обладнання на основі обґрунтованої спільної потреби.
- 5. Кадри й освітньо-наукова підготовка.** Розвивати програми, які поєднують фундаментальну механіку, математичний аналіз, сучасний експеримент, обчислення й роботу з даними. Підтримувати міжінституційне керівництво аспірантами, мобільність молодих учених і залучення дослідників, що працюють за кордоном. Розвивати проєктну аспірантуру в рамках пілотної програми Міністерства освіти і науки України. Опрацювати елементи дуальної освітньо-наукової підготовки талановитої молоді із залученням Київського академічного університету та інших наукових установ НАН України і провідних університетів.
- 6. Міжнародна інтеграція.** Використовувати НКУТПМ як канал системної взаємодії з Міжнародним союзом теоретичної і прикладної механіки (International Union of Theoretical and Applied Mechanics, IUTAM) та розвивати

профільні контакти з Міжнародною асоціацією прикладної математики і механіки (GAMM), American Society of Mechanical Engineers (ASME; Американське товариство інженерів-механіків) та European Structural Integrity Society (ESIS; Європейське товариство структурної цілісності), зокрема через її технічні комітети. Сприяти спільним заявкам, участі українських учених у міжнародних комітетах і залученню молодих дослідників до міжнародних програм [5, 12, 14, 17].

7. Зв'язок із державними, інфраструктурними й технологічними замовниками. Розвивати постійний майданчик формування дослідницьких задач за участю державних органів, промисловості, оборонного сектора й операторів критичної інфраструктури. Передбачити механізми залучення міжінституційних груп до розв'язання пріоритетних проблем і поширення результатів у виробничу практику [2, 5, 15].

5. Висновки та пропозиції

Проведений аналіз матеріалів і пропозицій, отриманих Національним комітетом України з теоретичної і прикладної механіки (НКУТПМ), дає підстави сформулювати такі висновки й організаційні пропозиції:

1. Україна зберігає наукові школи та інфраструктуру в основних напрямках теоретичної і прикладної механіки. Їхній розвиток доцільно пов'язувати з модернізацією наявних компетенцій, міжінституційним співробітництвом та потребами підвищення обороноздатності і безпеки, воєнного та повоєнного відновлення країни.
2. Важливим завданням є поглиблення інтеграції математично й фізично обґрунтованих моделей, сучасного експерименту, високопродуктивних обчислень, аналізу даних та оцінювання невизначеності. Застосування штучного інтелекту має супроводжуватися належною перевіркою достовірності моделей.
3. Доцільно розвивати шість взаємопов'язаних тематичних напрямів: механіку цілісності; механіку перспективних матеріалів; прогнозу обчислювальну механіку; гідромеханіку й механіку енергетичних систем; будівельну

механіку, геомеханіку та механіку критичної інфраструктури; біомеханіку та механобіологію.

4. Як рівноправні наскрізні пріоритети пропонується визначити сучасну експериментальну механіку та математичні основи механіки. Для прогнозних моделей необхідні взаємопов'язані процедури верифікації, валідації й кількісного оцінювання невизначеності.
5. Дані, отримані від окремих академічних та університетських осередків, засвідчують наявність кваліфікованого кадрового ядра, унікального обладнання і власних обчислювальних комплексів. Водночас ці дані наразі не є повними й методично однорідними. Їх детальний аналіз потребує формування, зокрема силами НКУТПМ, системного національного обліку кадрових ресурсів, експериментальної бази та цифрової інфраструктури, а також постійної оцінки втрат відповідних ресурсів унаслідок воєнних дій.
6. Одержані кадрові дані вказують на системні проблеми відтворення наукових кадрів і недостатнє поповнення провідних наукових осередків молодими дослідниками. Водночас нові набори до аспірантури свідчать про збереження потенціалу кадрового відновлення, який потребує цілеспрямованої підтримки. Для забезпечення наступності наукових шкіл доцільно поєднувати модернізацію магістерських та аспірантських програм із міжінституційним керівництвом, підтримкою мобільності молодих дослідників і раннім залученням талановитої молоді до наукової діяльності. Необхідним є також подальше розширення обсягів і форм підтримки наукової молоді як на державному рівні, так і на рівні наукових установ і ЗВО.
7. НКУТПМ доцільно використовувати як постійний експертно-координаційний майданчик для інвентаризації компетенцій, формування міжінституційних програм, взаємодії з державними й промисловими замовниками та представлення української механічної спільноти на міжнародному рівні [1, 5].

Джерела та матеріали

- [1] Положення про Національний комітет України з теоретичної і прикладної механіки, затверджене постановою Президії НАН України від 24.01.2024 № 26.

- [2] План роботи НКУТПМ на 2024 рік та на перспективу до 2027 року. Матеріали архіву НКУТПМ.
- [3] Аналітичні матеріали до Загальних зборів НКУТПМ 2025 року: чисельність, склад та представництво установ. Архів НКУТПМ.
- [4] Матеріали про наукову, науково-педагогічну та науково-організаційну діяльність членів НКУТПМ у 2023–2025 роках. Інформаційна збірка та подані тези, 2025.
- [5] Ухвала Загальних зборів членів Національного комітету України з теоретичної і прикладної механіки від 11 листопада 2025 року «Про діяльність Національного комітету України з теоретичної і прикладної механіки та його Президії у 2023–2025 роках».
- [6] Лобанов Л. М. Основні досягнення за 2023–2025 рр. Матеріали, подані до НКУТПМ, 2025.
- [7] Михаськів В. В. Тези діяльності за 2023–2025 роки. Матеріали, подані до НКУТПМ, 2025.
- [8] U.S. National Science Foundation. Mechanics of Advanced Materials Systems (MAMS), NSF 26-515. <https://www.nsf.gov/funding/opportunities/mams-mechanics-advanced-materials-systems>
- [9] U.S. National Science Foundation. Designing Materials to Revolutionize and Engineer our Future (DMREF), NSF 25-508. <https://www.nsf.gov/funding/opportunities/dmref-designing-materials-revolutionize-engineer-our-future/nsf25-508/solicitation>
- [10] International Congress of Theoretical and Applied Mechanics. ICTAM 2024, official congress programme. <https://ictam2024.org/>
- [11] European Commission. Advanced Materials for Industrial Leadership. COM(2024) 98 final, 27.02.2024. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:52024DC0098>
- [12] GAMM e.V. (Gesellschaft für Angewandte Mathematik und Mechanik). Activity Groups. <https://www.gamm.org/en/organisation-eng/gamm-activity-group/>
- [13] National Academies of Sciences, Engineering, and Medicine. Foundational Research Gaps and Future Directions for Digital Twins. Washington, DC: The National Academies Press, 2024. <https://doi.org/10.17226/26894>
- [14] European Structural Integrity Society (ESIS). Technical Committees, including TC10 Environmentally Assisted Cracking. <https://www.esis.site/technical-committees/>
- [15] Інститут енергетичних машин і систем ім. А. М. Підгорного НАН України. Інформаційна записка про стан досліджень у галузі механіки та перспективи їх розвитку; редакція Костікова–Угрімова, отримана секретаріатом НКУТПМ, вересень 2026 року (внутрішній матеріал).
- [16] Національний аерокосмічний університет «Харківський авіаційний інститут». Інформація щодо розвитку напряму теоретичної та прикладної механіки; отримано секретаріатом НКУТПМ через А. О. Костікова, вересень 2026 року (внутрішній матеріал).
- [17] The American Society of Mechanical Engineers (ASME). About ASME. <https://www.asme.org/about-asma>

- [18] Altenbach H., Bogdanov V., Bulat A., Guz A., Nazarenko V. (2023). A Brief Review of the Development of Mechanics in the National Academy of Sciences of Ukraine. In: Guz A.N., Altenbach H., Bogdanov V., Nazarenko V.M. (eds) *Advances in Mechanics. Advanced Structured Materials*, vol 191. Cham: Springer, - P. 1-19. https://doi.org/10.1007/978-3-031-37313-8_1
- [19] Інститут механіки ім. С. П. Тимошенка НАН України. Історія і сучасність: структура та кадровий склад. <https://inmech.kyiv.ua/history/>
- [20] Львівський національний університет імені Івана Франка, механіко-математичний факультет. Кафедра механіки: співробітники та освітні програми. <https://new.mmf.lnu.edu.ua/department/mehaniky>
- [21] Київський національний університет будівництва і архітектури. Науково-дослідний інститут будівельної механіки: штатний склад і напрями досліджень. <https://www.knuba.edu.ua/naukovo-doslidnij-institut-budivelnoyi-mexaniki-2/>
- [22] Фізико-механічний інститут ім. Г. В. Карпенка НАН України. Основні напрями наукових досліджень. <https://www.ipm.lviv.ua/>
- [23] Національна академія наук України. Відділення механіки і машинознавства НАН України: структура та наукові установи. <https://www.nas.gov.ua/structure/section-physical-technical-mathematical-sciences/department-mechanics>