

## ГОЛОВНІ НАПРЯМКИ ДОСЛІДЖЕНЬ НАУКОВО-ДОСЛІДНОГО ІНСТИТУТУ МЕХАНІКИ ШВИДКОПЛИННИХ ПРОЦЕСІВ ПРИ НАЦІОНАЛЬНОМУ АВІАЦІЙНОМУ УНІВЕРСИТЕТІ

*В роботі сформульовані головні напрямки наукової діяльності Науково-дослідного інституту механіки швидкоплинних процесів при НАУ. Наведені головні досягнення колективу.*

Інститут (НДІМШП) було створено за наказами Міністра освіти України та ректора КІЩА у 1993 р. Базою створення була Проблемна НДІ Інституту кібернетики, підпорядкована Президії АНУ та Міністерству електроніки машинобудування СРСР. Мета робіт лабораторії – розвиток чисельних методів прикладної математики та механіки (в першу чергу – чисельно-аналітичного методу потенціалу – ЧАМП) для розробки пакетів прикладних програм та інших засобів САПР, що використовувалися при проектуванні об'єктів будівництва (дослідний полігон – “Моспроект-2”) та електроніки (комп'ютери ДВК у Зеленограді).

Ідея ЧАМП полягала у побудові дискретних аналогів сингулярних інтегралів рівнянь виду [1]:

$$\begin{aligned}\Omega_{ml}^{(\alpha)}(K) &= \Omega_S + \iint P_i^{(n)}(N) \Omega_{ml}^{(\alpha)} U_i^{(n)*}(K, N) d\Gamma - \iint U_i^{(n)}(N) \Omega_{ml}^{(\alpha)} P_i^{\Gamma(n)*}(K, N) P_i^{(n)*} d\Gamma, \\ \Omega_S &= \iiint_S X_i(P) \Omega_{ml}^{(\alpha)} U_i^{(*)}(K, P) dS.\end{aligned}\quad (1)$$

Внутрішні компоненти у точках  $K \in S$  визначалися функціями граничних умов, просторові задачі було зведено до двовимірних співвідношень. У порівнянні з традиційними мереженими методами дискретизувався не увесь об'єкт, а лише його обрій, - значно зменшувалась кількість невідомих. Тому задачі, які в той час вирішувалися лише на суперкомп'ютерах, нами розв'язувалися на досить недосконалих ЕОМ.

Ці результати демонструвалися на різних міжнародних конгресах та виставках як суттєве досягнення радянської науки [2].

В той час було закладено головні напрямки досліджень інституту у різних галузях науки та техніки, що продовжують розвиватися зараз.

Основу наукових інтересів інституту складають:

- дослідження проблем механіки швидкоплинних процесів на базі розробки та розвитку теоретичних, експериментальних, числових та комбінованих методів;
- виконання науково-дослідних, проектно-вишукувальних та конструкторських робіт по розробці інженерно-технічних об'єктів і технологій машинобудування, будівництва, енергетики, транспорту тощо;
- виробництво, випробування та впровадження у промисловість дослідних зразків і партій нових інженерно-технічних об'єктів.

Виконання цих робіт базується на створенні та використанні засобів реалізації детерміністичних та ймовірностних методів, призначених для розв'язання задач визначення станів та процесів у складних просторових системах з урахуванням різних зовнішніх впливів

та особливостей об'єктів. Структура ППП дозволяє забезпечити автоматизацію процесу дослідження при використанні компактної та зручної початкової інформації про задачу, досягаючи адекватності розрахункової моделі та об'єкта. В результаті розрахунка повно і детально визначається загальний стан і локальні зони головних елементів і вузлів системи, що не тільки забезпечує її надійність, економічність і безпеку, але є базою для обґрунтування принципово нових оптимальних інженерних рішень.

Використовуються такі типи моделей прикладної механіки: масивні тіла, які можуть спиратися на пружну основу; об'єкти, складені з пластинчатих елементів, розташованих в загальному випадку в різних площинах. Області можуть бути обмежені довільними криволінійними поверхнями і мати послаблення у вигляді порожнин та тонких розрізів. Між окремими елементами конструкції дозволяються різноманітні змішані різновиди контактів.

Одним з напрямків реалізації такого підходу є аеропортобудівництво, в якому використовується досвід, накопичений в науковій та інженерній практиці найбільш прогресивних технологій. Методологія моделювання процесів та об'єктів базується на комплексному раціональному використанні детерміністичних та ймовірностних досліджень, де якість рішення оцінює ризик деградації чи екстремальних змін структури.

Прикладами таких результатів є методики ймовірностного проектування вертикального планування та конструкцій аеродромів. В основу технології досліджень з урахуванням реальних умов їх експлуатації, покладені методи розрахунку будівельних конструкцій по деформаціям, виходячи зі сумісної роботи споруди та основи. Враховується зміна реологічних параметрів ґрунтів по глибині та нелінійний зв'язок між напруженнями та деформаціями у ґрунтовій масі, геометричні параметри, просторово-часові характеристики навантаження об'єктів; геологічна структура та фізико-механічні властивості її окремих шарів, дисперсність і вологість ґрунтів.

Математична модель досліджуваних об'єктів базується на класичних положеннях механіки дисперсних вологонасичених середовищ. Розроблені алгоритми реалізовані у вигляді програмної системи, яка дозволяє визначити характеристики ущільнення ґрунтів, закономірності зміна водонасиченості, осадку об'єкту, тиску гранта на огорожу.

У галузі будівництва за ліцензією, виданою Головним центром Державного комітету будівництва, архітектури та житлової політики України нам надано право виконувати: проектні роботи, розроблення містобудівної документації (схеми ТЕО і ТЕР розміщення об'єктів, охорона навколишнього середовища), архітектурне проектування (житлові, громадські, промислові, сільськогосподарські, спеціальні, гідротехнічні, транспортні, енергетичні будівлі та споруди, їх реконструкція), будівельне проектування та конструювання, розроблення спеціальних розділів проектів (оцінки впливу на оточуюче середовище, охорона праці, не стандартизоване устаткування, організація будівництва, консервація об'єктів; технологічне проектування ( по галузях промисловості і окремих елементах господарського комплексу), інженерингові роботи у будівництві; функції генерального розробника і підрядника, обстеження, випробування, діагностика будівель, споруд і мереж з оцінкою їх технічного стану та їх захисту тощо.

В цьому напрямку найбільшу складність являє аналіз екстремальних об'єктів (розробка технології, моделювання процесів термохімічної переробки горючих відходів, геоінформаційної системи про радіоактивні відходи зони відчуження Чорнобильської АЕС, оцінка ризиків радіаційного забруднення території у випадках стихійних екстремальних ситуацій та техногенних впливів на об'єкті Укриття) [3]

Прикладом реалізації розробленої методики є дослідження об'єкту Укриття ЧАЕС як системи багатофакторного аналізу ядерної, радіаційної, екологічної та загальнотехнічної безпеки в умовах експлуатації та перетворень. Головний елемент досліджень – прогнозування поведінки деградуючої конструктивної структури ОУ при екстремальних впливах. Було розвинуто універсальний апарат детерміністично-ймовірностного чисельного

моделювання, оцінок ризиків, експериментальних та проектно-пошукових робіт. Індивідуалізованим засобом урахування особливостей ОУ стала комплексна метода визначення стану системи (поперед всього – в складно доступних зонах) на основі послідовного аналізу запроектої аварії реактора, руйнування 4-го енергоблоку та формування пилової хмари [4].

Внаслідок універсальності засоби реалізації методів були використані при автоматизації проектування об'єктів в різних галузях:

машинобудівництва (складені з'єднання листових елементів; оцінка впливу раковин, тріщин, включень та інших конструктивних неоднорідностей та технологічних дефектів);

шахтобудівництва (аналіз впливу конфігурації порожнин проходки в шарових породах);

суднобудівництва та авіабудівництва (напруження поблизу перетину палуби, надбудов та переборок, у ілюмінаторів та інших отворів);

атомної енергетики (аналіз вібрацій трубопроводів, моделювання аварій, оцінка ризиків експлуатації конструкцій блоків електростанцій на основі досвіду досліджень ЧАЕС);

спеціальної техніки (задачі про пробивання плити ударником, внутрішня та зовнішня балістика ствола).

Як один з прикладів такого використання можна навести методу розрахунку рівня вібрацій трубопроводу, викликаних пульсаціями тиску рідини, що міститься в ньому.

Метода застосовується до задач, в яких інформативним є побудова і аналіз амплітудно-частотної характеристики системи. Основна складність полягає у визначенні навантажень, прикладених до трубопроводу. У випадку пульсацій тиску теплоносія на гйбах трубопроводу, внаслідок того, що зовнішня поверхня гйба завжди більше внутрішньої поверхні, на трубопровід з боку теплоносія діє сила. Амплітудно-частотна характеристика будується як результат прикладання до коливальної системи навантажень однієї амплітуди, але різної частоти.

Метода дозволяє здійснювати задачі, пов'язані з вибором оптимальної просторової конфігурації, місць закріплення і підтримки, визначення параметрів демпфуючих пристроїв та місць їх розміщення для зниження вібрацій.

Досить складною задачею, яку вирішував інститут, була розробка методи дослідження пробивання плити ударником. Використовувався метод мереж у пружньо-пластичному варіанті з урахуванням температурних ефектів переходу кінетичної енергії у теплоту. Методу реалізовано у ППП з візуалізацією деформованого стану тіл у процесі пробивання.

Зараз інститут разом з Інститутом фізичної хімії РАН та космічним центром іи Келдиша виконує велику трирічну роботу за фінансуванням через УНТЦ США, Швеції та Японії по розробці технології газифікацій ній піролітичної переробки горючих та погано горючих радіоактивних відходів з метою ліквідації наслідків Чорнобильської аварії:

Пропонується переробляти побутові відходи та іли, відходи деревини (в тому числі з високим вмістом золи і вологи), зношені автомобільні шини, інші вуглецево місткі матеріали. Технологія відпрацьована на модельних установках.

Переваги технології: низька емісія забруднюючих речовин в атмосферу; можливість переробки важкогорючих відходів; можливість використання існуючих котлів для спалювання виникаючого горючого газу.

Розроблено та змонтовано експериментальну установку, що зараз проходить іспити безпосередньо у зоні відчуження. Для цього побудовано методу оцінки поведінки ізотопів при термохімічній переробці паливних відходів зони відчуження ЧАЕС, побутових відходів, дезактивації поверхонь, забруднених радіонуклідами.

Розроблені на основі чисельного методу розрахунку термодинамічних характеристик хімічних сполук типових нуклідів Cs, Sr, U, Ору, Am та даних по фізико-хімічним властивостям – моделі поведінки нуклідів при пірогазифікаційній переробці РАВ та дезактивації забрудненої поверхні асфальту, бетону. Визначені оптимальні температурні інтервали переробки, очікуваний склад фаз тощо. Чисельне моделювання виконується разом з експериментальним, шляхом введення у шихту стабільних ізотопів цезію і стронцію.

Вирішуються проблеми пов'язані з масопереносом нуклідів при термохімічній переробці паливних РАВ. Методу поширено на знищення відвалів гірничо-металургійних виробництв, сміття тощо.

Для допомоги у виробці принципів рішень ліквідації наслідків Чорнобильської аварії розроблено гео-інформаційну систему “Техногенні відходи Зони відчуження Чорнобильської АЕС”.

Розвиток цього напрямку полягає у розробці та впровадженні: автономних опалювальних установок, які працюють на усіх видах місцевих ресурсів з забезпеченням гарантованої безпеки та екологічної чистоти; газогенераторних міні електростанцій, що працюють на місцевих горючих відходах; систем газо очистки та пилуподавлення виробництв з вибросами токсичних аерозолів.

Крім того, розроблено технології виготовлення ультра легких дзеркал для тренажерів та інформаційних систем, що базується на розрахунку та моделюванні легкої, високоміцної, жорсткої структури полегшення, виборі і застосуванні високо модульних розмірно-стабільних конструкцій матеріалів, отриманих нероз'ємним з'єднанням, в тому числі методами прецизійної зварки – пайки. Досліджена контактна взаємодія, діаграми стану, дифузивні процеси берилію з різнорідними матеріалами і припоями. На основі досліджень запропоновані основи технології виготовлення виробів для приборобудування, енергетики, металооптики тощо.

### Список літератури

1. *Верюжский Ю.В.* Численные методы потенциала в некоторых задачах прикладной механики. – К.: Вища школа, 1978. – 184 с.
2. *Верюжский Ю.В. и др.* Пакеты прикладных программ «Потенциал» для прочностных исследований конструкций машин и сооружений (на рус., англ., нем. яз.) – М.: Элорг, 1982. – 18 с.
3. *Верюжский Ю.В.* Численные методы анализа экстремальных объектов.// Вісник КМУЦА – 2000. - №1. с. 209-214
4. Проблеми Чорнобильської зони відчуження. Наук.-техн. Збірник, вип. №6, 1998р.
5. *Верюжський Ю.В., Токаревський В.В., Шимановський А.В., Гелетуха Г.Г.* Концепція виробки енергії з радіоактивно забрудненої біомаси на території Чорнобильської зони відчуження. Матеріали Першої світової конференції та виставки “Біомаса для енергії та промисловості”. Севілья, Іспанія, 5-9 червня 2000.
6. *Верюжский Ю.В. и др.* Аппарат численного моделирования процессов в установках термической переработки радиоактивных отходов . Труды XVIII международной конференции «Математическое моделирование механики сплошных сред» том. II С. – Петербург – 2000 г., 126-131 с.