ISSN (print) 2312–4547, ISSN (on-line) 2415–7325.
ВІСНИК ДНУ. Серія "Моделювання". 2016. Вип. 8, № 8. С. 3–19
DOI 10.15421/141601

Проблеми математичного моделювання
та теорії диференціальних рівнянь

УДК 378.1

ПРОФЕСОР МИКОЛА ВІКТОРОВИЧ ПОЛЯКОВ — ВЧЕНИЙ, ПЕДАГОГ

О. Г. Гоман, Д. В. Євдокимов, Ю. Л. Меньшиков, В. В. Попов
Механіко-математичний факультет Дніпропетровського національного університету, Дніпропетровськ, 49010, просп.Гагарина,72,
E-mail: Menshikov2003@list.ru

1. 70-річчя член-кореспондента НАН України, професора Миколи Вікторовича Полякова

Проф. Микола Вікторович Поляков

Поляков Микола Вікторович народився 1 травня 1946 року в м. Дніпропетровську. Після 8 класу СШ № 13 вступив до ракетно-космічного технікуму, який закінчив у 1965 році. З 1966 по 1971 рік навчався у Дніпропетровському державному університеті за спеціальністю "Гідроаеродинаміка". Кандидат фізико-математичних наук (1979, Київський державний університет), доктор фізико-математичних наук (1992, Харківський інститут проблем машинобудування НАН України), вчене звання – професор (1996). Після закінчення аспірантури університету займав посади: молодший науковий співробітник, асистент, доцент, професор, завідувач кафедри диференціальних рівнянь механіко-математичного факультету. Працював деканом механіко-математичного факультету (1989–1996), проректором з навчальної роботи (1996–1998). З 1998 року до теперішнього часу — ректор Дніпропетровського національного університету. Нагороджений: знаком Міносвіти "За відмінні успіхи у роботі в галузі вищої освіти" (1984); "Заслужений діяч науки і техніки України" (1998); знаком "Відмінник освіти" (2001 р.); орденами "За заслуги" III, II, I ступенів (2000 р., 2003 р., 2006 р.); орденом "Святого Station Станіслава" IV ст. (2001 р.); орденом "Святого Владимира" (2000 р.); золотою медаллю "За заслуги в образовании" (2005 р.); золотою медаллю "Мосты дружбы Азербайджан-Украина" (2005 р.); премією НАН України ім. М. К. Янгеля за цикл робіт з гідрогазодинаміки польоту літальних апаратів" (2005 р.); академічною "Пальмовою гілкою" (2003 р., Франція); знаком "Пошана УМВС України" (2003 р.); дипломом Президії АН Вищої школи України (2005 р.); знаком МОН "Софія Русова" (2006 р.), дипломом "Международный комитет защиты прав человека" (2006 р.). М. В. Поляков є автором чотирьох монографій, п'яти навчальних посібників та більше ніж 310 наукових праць. М. В. Поляков — фахівець по розробці та узагальненню методів розв'язання нестаціонарних нелінійних крайових задач механіки суцільного середовища з невідомою чи вільною межею, а також по створенню нових методів розв'язку крайових задач у областях зі складною формою межі. Дослідження з проблем застосування методу граничних інтегральних рівнянь, а також симбіозу цього методу та методу параметричного диференціювання, методу послідовних конформних відображень проводяться більше тридцяти років і мають важливе народно-господарське значення. Шостого березня 2015 року професор М.В. Поляков був обраний член-кореспондентом НАН України за спеціальністю "Механіка", а з 2015 року він є Почесним громадянином міста Дніпропетровська.

М. В. Поляков є членом секретаріату Національного комітету України з теоретичної та прикладної механіки, членом Американського математичного товариства, головою двох спеціалізованих рад по захисту докторських дисертацій. Його обрано академіком АН вищої школи України (1997).

Більш двох десятиліть він був відповідальним редактором збірника "Диференціальні рівняння та їх застосування" та всесоюзного міжвузівського збірника "Дінамика та міцність важких машин", а в останні десять років членом редколегії Вісника "Математичне моделювання". Його наукова та педагогічна діяльність була відзначена нагородами та почесними званнями: Відмінник вищої школи СРСР, Заслужений професор ДДУ, радник Американського біографічного інституту. Керував науково-методичною радою з пропаганди природничо-наукових знань обласної організації товариства "Знание". Профессор М. В. Поляков – член програмних комітетів та науковий керівник секцій декількох постійно діючих міжнародних конференцій.

2. Дослідження проблем нелінійних крайових задач

Перші кроки у науковому житті Миколи Вікторовича були надзвичайно важкими: стежка, по якій необхідно було пройти, виявилася великим складним шляхом. Це був період навчання в аспірантурі (1971–1974 рр.), а проблеми — актуальні задачі гідромеханіки руху рідини з вільними межами. Ці надзвичайно важкі задачі вимагали щоденної кропіткої роботи. Але непорушна скеля нелінійності була надзвичайно неприступною. Майже щодня молодого дослідника підштовхували вперед слова Великого Каменяра:

У кожного в руках тяжкий залізний молот,
І голос сильний нам згори[1]*, як грім, гримить:*
"Лупайте сю скалу! Нехай ні жар, ні холод
Не спинить вас! Зносіть і труд, і спрагу, й голод,
Бо вам призначено скалу сею розбить."
(Іван Франко "Каменяри", 1878)

Як наслідок тієї наполегливої роботи з'явилася перша наукова стаття Миколи Вікторовича [1], що анонсувала новий напрямок розв'язування нестаціонарних нелінійних задач з вільними межам. Задача про занурення клина [1] зводилася до еволюційної суттєво нелінійної крайової задачі щодо знаходження гармонічної функції та вільної межі. Цю складну математичну задачу вдалося звести до послідовності лінійних крайових задач для достатньо складних областей. Для цього було використано автомодельні змінні та метод руху за параметром. У той же проміжок часу пропонується також метод роз'язування вісесиметричного аналога: задачі про занурення конуса [2]. Ці задачі були успішно представлено у доповіді на Першому всесоюзному симпозіумі з гідромеханіки великих швидкостей (Москва, ЦАГІ ім. Жуковського, 1974 р.). Наслідком цієї події (перший симпозіум) було стрімке збільшення кола наукових зв'зків з колегами-гідромеханіками Радянського Союзу.

У Москві ми (молоді науковці) зупинилися у дядька Миколи Вікторовича, в однокімнатній квартирі. Запам'яталася ніч перед доповіддю на симпозіумі. Дядько хропів скаженно, періодично доводячи гучність свого козацького храпу до апогею в 100 децибел. Заснути було неможливо. Але молодість перемогла. Виступ був напівбадьорий, але вдалий! А потім був Матіас Руст... (1987 р.) І ніхто не здогадувався про справжню причину того, чому прикордонники проворонили літак Руста: дядько Миколи Вікторовича глушив своїм храпом усі радари!

Метод Дородніцина став на деякий час основним дослідницьким інструментом Миколи Вікторовича. Використовуючи цей метод та методи теорії функцій комплексної змінної, Микола Вікторович запропонував алгоритм побудови покрокового розв'язку задач занурення [3] та обтікання конуса надзвуковим потоком газу [4]. Ці задачі були успішно розраховані на обчислювальних машинах безпосередньо Миколою Вікторовичем.

Бібліографічні посилання

1. *Ковтуненко В.М.* До питання про плоскі нестаціонарні задачі занурення / В. М. Ковтуненко, Н. В. Поляков, В. В. Попов // Доповіді Академії наук Української РСР. Серія: А. — 1974. — № 7. — С. 623–625.

2. *Ковтуненко В.М.* К задаче осесимметричного проникания конуса в жидкость / В. М. Ковтуненко, Н. В. Поляков, В. В. Попов // Прикладна механіка. — 1975. — № 2. — С. 145–151.

3. *Гоман О.Г.* Об одном методе решения нелинейной плоской задачи погружения / О. Г. Гоман, Н. В. Поляков // Нелинейная механика: сб. науч. статей. — Днепропетровск. — 1975. — С. 154–157.

4. *Гоман О.Г.* Об одном применении метода параметрического дифференцирования / О. Г. Гоман, Н. В. Поляков // Дифференциальные уравнения и их приложения. — Днепропетровск, 1975. — Вып. 3. — С. 70–76.

3. Метод межових інтегральних рівнянь

Для характеристики наукової діяльності М.В. Полякова треба зазначити, що фактично ним у Дніпропетровському державному університеті було започатковано застосування методу граничних (межових) інтегральних рівнянь для розв'язування нелінійних задач гідромеханіки. На початку своєї наукової діяльності Микола Вікторович застосував ці рівняння для вирішення еліптичних задач математичної фізики, а саме: до задач гідродинамічного удару твердого тіла по вільній поверхні нестисливої рідини. А виникла ця задача із потреб космічної техніки, і вона була сформульована і поставлена перед аспірантом М.В. Поляковим членом-кореспондентом АН УРСР, завідувачем кафедри аерогідромеханіки Дніпропетровського державного університету проф. В.М. Ковтуненком, Головним конструктором космічного КБ Конструкторського бюро "Південне".

У ті далекі 70-ті роки XX сторіччя вже виникла проблема визначення силових навантажень на космічний літальний апарат при його посадці на поверхню океану. Така посадка розглядалася як найбільш небезпечна як для самого поверненого космічного апарату, так і для навколишнього середовища. Микола Вікторович уперше запропонував для розв'язку задачі визначення ударних навантажень при такій "м'якій"посадці застосовувати інтегральну формулу Гріна для рівняння Лапласа, яке описує поведінку нестисливої рідини. Незважаючи на недосконалу на той час обчислювальну техніку, Миколі Вікторовичу вдалося розробити алгоритм чисельного розв'язку інтегрального межового рівняння з сингулярним ядром, яке є наслідком застосування формули Гріна [1].

Зауважимо, що використання методу граничних інтегральних рівнянь, заснованих на формулі Гріна, поряд з деякими перевагами, вносить також і певні труднощі, оскільки, скажімо, для задачі удару тіла по поверхні нестисливої рідини доводиться мати справу з "некоректною"задачею для інтегрального рівняння Фредгольма першого роду [2,3].

Усі ці труднощі були успішно переборені М.В. Поляковим.

Розроблений М.В. Поляковим метод розрахунку плоскої задачі удару і занурення тіла у рідину через вільну поверхню за допомогою зведення її до послідовності задач Келдиша – Сєдова з використанням конформного відображення на кожному часовому кроці області течії на півплощину є, насправді, творчою розробкою використання методу граничних інтегральних рівнянь.

Пізніше методи граничних інтегральних рівнянь М.В. Поляковим були з успіхом застосовані також для розв'язання крайових задач параболічного типу (задач теорії теплопровідності, асимптотичних випадків течії в'язкої рідини тощо).

Методом граничних інтегральних рівнянь М. В. Полякову зі своїми учнями вдалося розв'язати низку задач з визначення аеродинамічної взаємодії занурених у рідину тіл як у випадку безмежевої рідини, так і у випадку наявності стаціонарної чи нестаціонарної вільної поверхні.

Досягнення деяких методів розв'язання нелінійних задач гідромеханіки М.В. Поляков підсумував у двох монографіях [4,5].

Бібліографічні посилання

1. *Гоман О.Г.* Об одном применении метода граничных интегральных уравнений / О. Г . Гоман, Н. В. Поляков // Гидроаэромеханика и теория упругости. — Днепропетровск, 1979. — Вып. 25. — С. 9–13.
2. *Гоман О.Г.* К решению задачи погружения с помощью последовательных конформных отображений / О. Г. Гоман, Н. В. Поляков // Математические методы механики жидкости и газа. — Днепропетровск, 1981. — С. 46–49.
3. *Гоман О.Г.* Применение метода граничных интегральных уравнений к решению задачи погружения / О. Г. Гоман, Н. В. Поляков //Дифференциальные уравнения и их приложения. — Днепропетровск, 1980. — С. 81–84.
4. *Поляков Н.В.* Методы решения нелинейных краевых задач. Задачи проникания: монографія / Н. В. Поляков. // Днепропетровск: Изд-во ДНУ, 2005.— 356 с.
5. *Поляков М.В.* Вибрані задачі механіки суцільного середовища. Обчислювально-аналітичні методи розв'язання: монографія / М. В. Поляков. // Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2006. — 320 с.

4. Дослідження проблем обчислювальної теорії потенціалу

Внесок члена-кореспондента НАНУ, професора Миколи Вікторовича Полякова у розвиток обчислювальної математики полягає, у першу чергу, у послідовному розвитку обчислювальної теорії потенціалу та впровадженні цих досягнень у різних галузях обчислювальної механіки.

Треба зазначити, що історично розвиток обчислювальної математики, а особливо обчислювальної механіки, був досить заплутаний, зазнавав різноманітних, інколи повністю суперечливих впливів. На різних етапах розвитку обчислювальної механіки залежно від специфіки задач, які належало розв'язувати, домінували різні чисельні методи та концепції математичного моделювання. Щоб належним чином оцінити окремий внесок у розвиток того чи іншого напрямку обчислювальної механіки, доцільно прослідкувати розвиток відповідних тенденцій з історичної точки зору.

У "докомп'ютерну епоху"у механічному розрахунку домінували аналітичні, наближені аналітичні та так звані інженерні методи. Причому аналітичними методами розв'язувалася досить невеличка кількість задач, наближені аналітичні методи були поширені значно більше, але переважна більшість розрахунків приходилася на інженерні підходи. Перші дві групи згаданих методів вимагали граничного спрощення задач, що підлягали розв'язку. В результаті, переважна більшість задач формулювалася як лінійні вже із самого початку розгляду.

На самому початку застосування комп'ютерів для розрахунків розв'язувалися переважно задачі Коші для систем звичайних диференціальних рівнянь, але вже всередині 50-х років минулого сторіччя розпочалися інтенсивні чисельні розв'язки крайових задач математичної фізики. Першим "популярним" чисельним методом був метод скінченних різниць — найбільш простий та, як потім з'ясувалося, універсальний з основних чисельних методів. Однак метод скінченних різниць був дуже чутливим до форми області розв'язку, призводив до проблем з точністю розрахунку для певних задач та вимагав надмірних комп'ютерних ресурсів для багатовимірних задач. Зазначені обставини змусили шукати ефективні альтернативи для методу скінченних різниць. Зрозуміло, що такий пошук проводився в першу чергу серед традиційних методів розв'язку інженерних задач. Так, на основі аналітичних методів теорії потенціалу (методи потенціалів, методи функцій Гріна) були розвинуті чисельні методи теорії потенціалу, а на основі варіаційних методів - метод скінченних елементів. Перші спроби застосування теорії потенціалу у комп'ютерному моделюванні було зроблено у першій половині шістдесятих років минулого сторіччя, тобто на 10 років пізніше, ніж методу скінченних різниць, але дещо раніше методу скінченних елементів. Треба зазначити, що, на відміну від традиційних нечисленних практичних застосувань теорії потенціалу, у чисельних реалізаціях цієї теорії мова йдеться про розв'язок граничного інтегрального рівняння зі всіма особливостями, йому притаманними. Зокрема, головною складністю, що затримувала застосування цього підходу, була необхідність розв'язувати великі системи лінійних алгебраїчних рівнянь з повністю заповненими матрицями загального вигляду, що вимагало певного, досить високого рівня обчислювальної техніки. Проте, коли такий рівень техніки було досягнуто, перші методи обчислювальної теорії потенціалу набули дуже швидкого, можна сказати, бурхливого розвитку. Швидкий прогрес у даному напрямку було визначено двома причинами: по-перше, методи обчислювальної теорії потенціалу спиралися на теорію потенціалу — загальновідомий та достатньо добре досліджений розділ математичної фізики, по-друге, потреби цивільної та військової авіації, цивільного та військово-морського флоту, що також бурхливо розвивалися того часу, вимагали ефективного чисельного розв'язку крайових задач для рівняння Лапласа у плоскому та просторовому випадках, що не міг забезпечити метод скінченних різниць. Перша прикладна реалізація методів обчислювальної теорії потенціалу — так званий панельний метод, розроблений декількома групами фахівців у Сполучених Штатах Америки, — у другій половині шістдесятих та на початку сімдесятих років набула значного поширення. Наприклад, за допомогою панельного методу було розраховано у просторових постановках аеродинаміку сімейства ширококофюзеляжних літаків фірми Боїнг — один з наймасштабніших технічних проектів в історії світової авіації.

Однак методам обчислювальної теорії потенціалу були притаманні певні проблеми та недоліки, які потребують спеціального детального аналізу. На перший погляд, найбільш суттєва особливість граничних інтегральних рівнянь теорії потенціалу у порівнянні зі звичайними регулярними інтегральними рівняннями, що розглядаються у теорії Фредгольма, полягає у сингулярних ядрах перших. На жаль, на відміну від добре відомої теорії Фредгольма, для сингулярних граничних інтегральних рівнянь теорії потенціалу не вдалося отримати аналогічних простих результатів. Більш того, якщо теорія Фредгольма стверджує некоректність регулярних (фредгольмових) інтегральних рівнянь першого роду, справедливість аналогічного твердження для сингулярних граничних інтегральних рівнянь теорії потенціалу досі залишається неясною. Окрім того, чисельне інтегрування потенціалів із сингулярними ядрами теж призводило до досить суттєвих труднощів, які на початковому етапі розвитку обчислювальної теорії потенціалу здолати майже не вдалося. Внаслідок згаданих труднощів практично усі методи розв'язку регулярних інтегральних рівнянь, окрім найпростішого методу механічних квадратур, виявилися непридатними для чисельного чи чисельно-аналітичного розв'язку сингулярних граничних інтегральних рівнянь. У результаті, на початковому етапі розвитку обчислювальної теорії потенціалу практично для кожної окремої задачі доводилося будувати нове граничне інтегральне рівняння з власним специфічним ядром, а потім при застосуванні методу механічних квадратур чи вибирати з великого числа квадратурних формул, чи будувати для нього спеціальні квадратурні формули. Зрозуміло, що при практичному застосуванні відповідних методів обчислювальної теорії потенціалу їх алгоритмічність та ефективність значно поступалися методу скінченних різниць та, навіть, методу скінченних елементів, який тоді тільки народжувався.

Інша проблема, що притаманна методам обчислювальної теорії потенціалу, має принциповий характер. Справа в тому, що для рівнянь у частинних похідних з нелінійним диференціальним оператором невідомі фундаментальні розв'язки чи функції Гріна, внаслідок чого аналоги граничних інтегральних рівнянь, які ефективно розв'язувалися для лінійного випадку, для нелінійних рівнянь отримати не вдалося. В цьому випадку процедура розв'язку вимагала спеціальних локальних лінеаризацій з подальшою організацією ітераційних процесів, що призводило до повної втрати обчислювальної ефективності відповідних алгоритмів. Існування цієї проблеми навіть стало підґрунтям для поширення думки про принципову непридатність обчислювальної теорії потенціалу для розв'язку нелінійних задач та неперспективність цього напрямку обчислювальної механіки взагалі.

Початковий етап розвитку обчислювальної теорії потенціалу завершився у середині сімдесятих років минулого сторіччя створенням методу граничних елементів, який, на відміну від попередніх алгоритмів обчислювальної теорії потенціалу, при апроксимації граничних інтегральних рівнянь базувався не на методі механічних квадратур, а на принципах методу скінченних елементів, що одразу ж суттєво розвинуло алгоритмічну базу гранично-елементного підходу.

Перші роботи професора М.В. Полякова, пов'язані з обчислювальною теорією потенціалу, відносяться до середини сімдесятих років минулого сторіччя. З обчислювальної точки зору вони містять усі вищезгадані недоліки початкового етапу розвитку обчислювальної теорії потенціалу, тому казати тут про якийсь внесок у розвиток саме обчислювальної математики не можна. Про значення цих робіт для гідромеханіки того часу вже було сказано вище. Але саме у цих роботах професор М.В. Поляков одним з перших указав на задачі з лінійним диференціальним оператором еліптичного типу та нелінійними крайовими умовами, для яких підходи теорії потенціалу дозволяють отримати суто межові формулювання інтегральних рівнянь, тобто зберегти обчислювальну ефективність, що спостерігалася при застосуванні аналогічних підходів до лінійних задач. Тобто для таких задач методи обчислювальної теорії потенціалу значно перевершували за точністю та ефективністю методи скінченних різниць та скінченних елементів. Більш того, у наступних своїх роботах з гідродинаміки течій з вільною поверхнею, що також були згадані вище, він виділив ще два класи задач, для яких методи обчислювальної теорії потенціалу зберігали високу ефективність: задачі з лінійним диференціальним оператором та рухомою межею та задачі з лінійним диференціальним оператором та невідомою межею. У задачах обох цих класів присутня специфічна нелінійність, пов'язана з рухом чи невідомим положенням межі. Зазначені дослідження також були простимульовані потребами гідромеханіки.

Незадовільна ефективність алгоритмів початкового етапу розвитку обчислювальної теорії потенціалу змусила професора М.В. Полякова звернутися до методу граничних елементів з метою побудови високоефективних алгоритмів та пошуку таких задач математичної фізики, актуальних для сучасної обчислювальної механіки, для яких методи обчислювальної теорії потенціалу мають певні переваги перед іншими чисельними методами, тобто їх застосування найбільш доцільно.

У перших роботах професора М.В. Полякова з дослідження методу граничних елементів, він розглянув питання про підвищення ефективності цього методу, наприклад, за допомогою функції Гріна [2], низка робіт з методу граничних елементів була продовжена професором М.В. Поляковим та його учнями. Проблема полягає в тому, що цілком зрозуміле, на перший погляд, поняття ефективності чисельного методу вимагає суворого визначення й бажано з деяким кількісним критерієм ефективності, який одночасно може бути й критерієм порівняння ефективності чисельних алгоритмів або навіть чисельних методів. У сучасній обчислювальній математиці ще не сформувалася загальна точка зору на критерій обчислювальної ефективності алгоритму, що є наслідком великого різноманіття вимог до розрахунків у конкретних випадках. Для оцінки ефективності алгоритмів методу граничних елементів у роботах професора М.В. Полякова та його учнів використовувався чисельний експеримент на тестових задачах, що мають аналітичний розв'язок у квадратурах. Такий підхід було застосовано у роботах [2, 4, 11, 16–19, 26, 30], окрім того, у роботі [17] було сформульовано загальну методику тестування алгоритмів методу граничних елементів, яка суттєво відрізняється від аналогічних методик для методів скінченних різниць та скінченних елементів завдяки особливим рисам та властивостям, притаманним методам обчислювальної теорії потенціалу. Особливо велику увагу при розробці правил тестування алгоритмічних та програмних реалізацій методу граничних елементів було приділено методиці тестування за допомогою малих штучних збурень, яка, хоча й не була принципово новою ідеєю, але у працях професора М.В. Полякова набула виключних можливостей стосовно методів чисельного розв'язку граничних інтегральних рівнянь теорії потенціалу.

Серед наукових праць професора М.В. Полякова з дослідження теорії потенціалу треба виділити низку робіт, у яких зазначена теорія застосовується до задач тепломасообміну [1, 10, 11, 20–22, 24, 25, 27, 28]. Зазвичай спроби такого застосування були обмежені лінійними задачами теорії теплопровідності, але такі спроби ніяк не можна вважати вдалими, оскільки відповідні алгоритми методу граничних елементів за обчислювальною ефективністю значно поступалися методу скінченних різниць. Однак професору М.В. Полякову вдалося знайти такі проблеми теорії тепломасообміну та сформулювати відповідні задачі, для яких метод граничних елементів має безперечні переваги перед традиційними чисельними методами. Ці задачі належать до класу так званих багатомасштабних задач, тобто задач, у формулюванні яких присутні щонайменше два характерних параметри, які різняться по порядку. Першими у цій групі робіт були статті, в яких розглядалися крайові задачі для системи рівнянь Онзагера [1, 27]. Як відомо, позадіагональні елементи матриці Онзагера значно поступаються по величині відповідним діагональним елементам, що й породжує в задачі малий параметр. В роботах професора М.В. Полякова було запропоновано два підходи до розв'язку крайових задач для системи рівнянь Онзагера: перший — це аналітичне перетворення [1], а другий — асимптотичне розкладання по згаданому малому параметру [27]. Іншою проблемою теорії тепломасообміну, що природно містить малий параметр, виявилася задача про повільний фазовий перехід, при обезрозмірюванні якої з'являється мале число, що отримало назву числа Стефана. Застосовуючи асимптотичне розкладання по числу Стефана, як малому параметру, професор М.В. Поляков отримав формулювання, зручне для ефективного застосування методу граничних елементів [20, 24]. Треба зауважити, що ефективність та точність такого підходу значно перевершують аналогічні показники для інших методів розрахунку фазових переходів. Розвиваючи описану методику, вдалося показати аналогію між задачею про повільний фазовий перехід та задачею про зростання біологічної структури, на основі якої було запропоновано унікальну ефективну методику математичного моделювання процесів зростання [25, 28], яка є актуальною для теоретичної біології, сільського господарства, медицини. Серед інших досліджень, в яких методи теорії потенціалу застосовуються разом з асимптотичними підходами, можна пригадати статті [10, 11, 21, 22], де асимптотичне розкладання застосовується для врахування малих фізичних [10] та геометричних [21, 22] ефектів.

Не залишив професор М.В. Поляков й свою традиційну галузь досліджень — гідродинаміку, у якій завдяки високій обчислювальній ефективності та унікальним властивостям запропонованих їм алгоритмів обчислювальної теорії потенціалу вдалося досягнути суттєвих успіхів. В першу чергу, це стосується задач про течії з вільною поверхнею [3, 6]. Доволі новим напрямком застосування теорії потенціалу стали для професора М.В. Полякова течії при малих числах Рейнольдса [9, 12, 13], що набули виключної актуальності останнім часом завдяки розвитку мікроелектроніки, мікромеханіки та мікробіології. Врешті-решт, найсуттєвішим досягненням професора М.В. Полякова у галузі застосування методів обчислювальної теорії потенціалу до задач обчислювальної гідродинаміки була низка робіт, в який метод дискретних особливостей застосовувався разом з методом граничних елементів [4, 5, 7, 8, 16, 23, 29, 30] для розрахунку течій при великих числах Рейнольдса. Оскільки при великих числах Рейнольдса ефекти конвекції значно переважають дифузійні ефекти, у тому числі в'язкість рідини, тому за проміжки часу, протягом яких вплив конвекції виявляється суттєвим, сумарний вплив в'язкості залишається малим, внаслідок чого локалізовані об'єкти протягом цих проміжків часу зберігають власні локальні характеристики. До таких локалізованих об'єктів можна віднести дискретні вихори, дискретні диполі та дискретні джерела, що моделюють геометрично локалізовані об'єкти з відповідними інтегральними властивостями. Треба зазначити, що в обчислювальній теорії потенціалу з самих ранніх етапів її розвитку були відомі методи дискретних джерел та дискретних вихорів, що ґрунтувалися саме на наведеному вище принципі. Обидва ці методи, пізніше об'єднані спільною назвою "метод дискретних особливостей", забезпечували ефективні розрахункові схеми для ефектів конвективного та адвективного переносів, дозволяли отримувати подання для полів швидкостей, досить точні у деякому статистичному інтегральному розумінні. Однак поблизу межі області розв'язку методи дискретних особливостей належної точності розрахунку не забезпечували. Комбіновані методи дискретних особливостей та граничних елементів позбавлені цих недоліків. У вищезазначених роботах професора М.В. Полякова в якості дискретних особливостей розглядалися не тільки дискретні джерела та дискретні вихори, а й малі матеріальні частинки, що робить їх релевантними для розрахунку течій багатофазних середовищ.

Хотілося зазначити ще одну загальну рису наукових досліджень професора М.В. Полякова у галузі обчислювальної теорії потенціалу: він завжди прагнув спрощення алгоритмів, наприклад, всюди, де це було можливо, він застосовував регулярні методи граничних елементів (функціональні рівняння В.Д. Купрадзе), що не містять сингулярних ядер та допускають значно простіші програмні реалізації.

Узагальнення великого та багаторічного досвіду професора М.В. Полякова у галузях обчислювальної математики, математичного моделювання та обчислювальної механіки зроблено у роботах [18, 19, 26]. По-перше, в цих роботах детально розглянуто питання про позиціювання методів обчислювальної теорії потенціалу, насамперед, методу граничних елементів. У цьому питанні професор М.В. Поляков значно розійшовся з точкою зору К. А. Бреббія, який розглядав метод граничних елементів як універсальний метод високої обчислювальної ефективності та точності. На великій кількості прикладів, тестових розрахунків, порівнянь результатів застосування різних чисельних методів, що проводилися за спеціально розробленими методиками, професор М.В. Поляков переконливо показав, що метод граничних елементів не може бути універсально ефективним для широкого кола задач. Скоріше, доцільно розглядати метод граничних елементів як потужний та виключно точний засіб чисельного розв'язання окремих задач, для яких він забезпечує переваги, яких немає в основних традиційних чисельних методах. У роботах [18, 19] професором М.В. Поляковим вичерпно детально описано проблему обчислення об'ємного потенціалу, зазначено існуючі та перспективні засоби її розв'язання, показано, що, з точки зору об'ємного потенціалу та його зв'язку з нелінійними задачами, найбільш перспективним зараз є метод граничних елементів з локалізацією.

У роботі [26] на прикладі обчислювальної теорії потенціалу розглянуто проблема вибору математичної моделі у зв'язку з подальшим вибором чисельного методу, впливу властивостей математичної моделі на адекватність та точність отриманих у подальшому чисельних результатів. Окремо розглянуто питання про суворість схеми фізична модель — математична модель — обчислювальна модель — прикладне програмне забезпечення. У статті висунуто та обґрунтовано думку про те, що адекватність властивостей елементів наведеної послідовності має аналізуватися на рівні раціональних міркувань, однак, якщо підвищення покажчиків на одному з етапів не вимагає суттєвих додаткових ресурсів, то його треба прагнути у будь-якому разі, оскільки це неодмінно має скоротити загальну похибку розрахунків.

З наведеного вище не важко побачити, що внесок члена-кореспондента НАНУ, професора М.В. Полякова в обчислювальну математику відбувався у таких напрямках:
- вдосконалення алгоритмів методу граничних елементів;
- дослідження методологічних питань обчислювальної теорії потенціалу та математичного й чисельного моделювання в цілому;
- спільне застосування методу граничних елементів з іншими чисельними (скінченних різниць, дискретних вихорів, дискретних особливостей) та аналітичними (асимптотичними) методами;
- пошук задач обчислювальної гідродинаміки та обчислювального тепломасообміну, для яких методи теорії потенціалу мають переваги у порівнянні з іншими чисельними методами.

Бібліографічні посилання

1. *Евдокимов Д.В.* Граничные интегральные уравнения процессов фильтрационно-диффузионного тепломассопереноса в пористой среде / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Метод дискретных особенностей в задачах аэродинамики, электродинамики и теории дифракции: тр. VII Международ. симп. "Метод дискретных особенностей в задачах математической физики", 26–29 июня 1997. — Феодосия, 1997. — С. 58–61.
2. *Евдокимов Д.В.* Граничные интегральные уравнения процессов фильтрационно-диффузионного тепломассопереноса в пористой среде / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Метод дискретных особенностей в задачах аэродинамики, электродинамики и теории дифракции: тр. VII Международ. симп. "Метод дискретных особенностей в задачах математической физики", 26–29 июня 1997. — Феодосия, 1997. — С. 62–65.
3. *Евдокимов Д.В.* Использование функций Грина в методах сингулярных граничных интегральных уравнений / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Метод дискретных особенностей в задачах аэродинамики, электродинамики и теории дифракции: тр. VII Международ. симп. "Метод дискретных особенностей в задачах математической физики", 26–29 июня 1997. — Феодосия, 1997. — С. 66–69.
4. *Евдокимов Д.В.* К вопросу о моделировании диффузии завихренности в граничноинтегральных методах вычислительной гидродинамики / Д. В. Евдокимов, М. А. Найденова, Н. В. Поляков // Труды института прикладной математики и механики НАН Украины. — Донецк, 2001. — Т. 6. — С. 39–43.
5. *Поляков Н.В.* Применение метода граничных элементов для расчета процесса напыления / Н. В. Поляков, Д. В. Евдокимов // Вісник Дніпропетровського ун-ту. — 2001. — Сер. Механіка. — Вип. 4. — Том 1. — С. 146–151.
6. *Поляков Н.В.* Применение метода граничных элементов для расчета плоского течения идеальной жидкости в слое конечной глубины со свободной поверхностью / Н. В. Поляков, Д. В. Евдокимов // Диференціальні рівняння та їх застосування. — Днепропетровск: ДГУ, 2000. — С. 11–17.
7. *Евдокимов Д.В.* Гидродинамическое взаимодействие малых объектов в потоке / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Вестник Донецкого ун-та. — Серия А. Естественные науки. — 2002. — № 1. — С. 157–161.

8. *Бразалук Ю.В.* Применение комбинированного метода граничных элементов и дискретных вихрей для решения некоторых задач гидродинамического взаимодействия в плоских потоках / Ю. В. Бразалук, Д. В.Евдокимов, Н. В. Поляков // Вестник Харьков. нац. ун-та. — 2003. — № 590. Серия Математическое моделирование. Информационные технологии. Автоматизированные системы управления. — Вып. 1. — С. 55–60.
9. *Евдокимов Д.В.* Об одном интегральном представлении для уравнений Стокса в плоском случае / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Дифернціальні рівняння та їх застосування: зб. наук. праць. — Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2003. — С. 3–9.
10. *Евдокимов Д.В.* Приближенное интегральное представление для стационарного распределения температуры в слабонеоднородной среде / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Диференціальні рівняння та їх застосування: зб. наук. праць. — Дніпропетровськ: РВВ ДНУ, 2003. — С. 9–14.
11. *Бразалук Ю.В.* Совместное применение методов расщепления и граничных элементов для решения задач теплопроводности / Ю. В. Бразалук, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Вестник Херсон. гос. техн. ун-та. — 2003. —№ 3 (19). — С. 46–50.
12. *Евдокимов Д.В.* Построение матриц фундаментальных решений для системы уравнений Стокса / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков, А. Н. Фетищев // Вестник Херсон. гос. техн. ун-та. — 2003. — № 3 (19). — С. 127–130.
13. *Поляков Н.В.* Матрицы фундаментальных решений для плоских нестационарных уравнений Стокса / Н. В. Поляков, Н. Г. Зинченко, Д. В. Евдокимов // Диференціальні рівняння та їх застосування. — Дніпропетровськ: Вид-во ДНУ, 2005. — С. 3–11.
14. *Бразалук Ю.В.* Численное определение присоединенных масс методами теории потенциала / Ю. В. Бразалук, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Вісник ХНУ. — № 661. — 2005. — С. 24–36.
15. *Бразалук Ю.В.* Применение метода граничных элементов для расчета присоединенных масс / Ю. В. Бразалук, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Труды междунар. симпозиума "Методы дискретних особенностей в задачах математической физики". — Харьков-Херсон, 2005. — С. 42–46.
16. *Бразалук Ю.В.* Исследование устойчивости вихревых структур путем численного эксперимента / Ю. В. Бразалук, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Автоматика, автоматизация, электротехнические комплексы и системы: сб. науч. трудов. — К. — № 1 (15). — 2005. — С. 31–36.
17. *Бразалук Ю.В.* Совместное применение метода малого параметра и метода граничных элементов для численного решения эллиптических задач с малыми возмущениями / Ю. В. Бразалук, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Вісник ХНУ. — № 703. — 2005. — С. 50–66.
18. *Поляков Н.В.* Вычислительная теория потенциала. Современное состояние и перспективы использования в механике сплошной среды, Часть 1. Линейные задачи / Н. В. Поляков, Д. В. Евдокимов // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Механіка. — 2006. — № 2/1. — С. 7–25.
19. *Поляков Н.В.* Вычислительная теория потенциала. Современное состояние и перспективы использования в механике сплошной среды, Часть 2. Нелинейные задачи / Н. В. Поляков, Д. В. Евдокимов // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Механіка. — 2006. — № 2/1. — С. 25–42.

20. *Бевза Э.К.* Математическая модель медленного фазового перехода на поверхности пузырьков и капель / Э. К. Бевза, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков, Д. Н. Сербиченко, Т. Э. Смоленская // Диференціальні рівняння та їх застосування. — Дніпропетровськ: ДНУ, 2006. — С. 157–166.
21. *Евдокимов Д.В.* Расчет стационарных температурных полей в областях с малыми возмущениями границы / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков, Т. И. Тарасова // Диференціальні рівняння та їх застосування. — Дніпропетровськ: ДНУ, 2006. — С. 167–176.
22. *Евдокимов Д.В.* Анализ теплопроводности в неасимптотически тонком слое / Д. В. Евдокимов, Д. Н. Ивасишина, А. А. Кочубей, Н. В. Поляков // Диференціальні рівняння та їх застосування. — Дніпропетровськ: ДНУ, 2006. — С. 141–156.
23. *Бразалук Ю.В.* Расчет движения малых объектов в сложных потоках жидкости / Ю. В. Бразалук, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Вестник ХНТУ. — 2007. — № 2 (28). — С. 63–68.
24. *Евдокимов Д.В.* Расчет движения малых объектов в сложных потоках жидкости / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков, Д. Н. Сербиченко // Вестник ХНТУ. — 2007. — № 2 (28). — С. 114–119.
25. *Андросова М.О.* Применение асимптотического анализа для расчета поверхностного роста биологической структуры / М. О. Андросова, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков, Т. Э. Смоленская // Диференціальні рівняння та їх застосування. — Дніпропетровськ: ДНУ, 2007. — С. 50–58.
26. *Евдокимов Д.В.* Анализ тенденций развития современного математического и численного моделирования / Д. В. Евдокимов, А. А. Кочубей, Н. В. Поляков // Вісник Дніпропетр. ун-ту. — № 8. Серія Моделювання. — Вип. 1. — 2009. — С. 5 –17.
27. *Дидинский А.В.* Асимптотический анализ системы уравнений Онзагера / А. В. Дидинский, Д. В. Евдокимов, А. А. Кочубей, Н. В. Поляков // Вісник ДНУ, Серія: Моделювання. — 2010. — Вип. 2. — № 8. — С. 36–44.
28. *Евдокимов Д.В.* Численное моделирование роста биологических структур / Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков, Д. Н. Сербиченко // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Механіка. — Вип. 15. — Т. 1. — 2011. — С. 145–157.
29. *Бразалук Ю.В.* Численная реализация обобщенного метода Блоха-Гиневского / Ю. В. Бразалук, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Вісник Дніпропетр. ун-ту. Серія Механіка. — Вип. 17. — Т. 1. — 2013. — С. 35–51.
30. *Бразалук Ю.В.* Исследование погрешности вихревых методов путем численного эксперимента / Ю. В. Бразалук, Д. В. Евдокимов, Н. В. Поляков // Вісник Херсон. нац. техн. ун-ту. — 2014. — № 3(50). — С. 224–229.

5. Дослідження проблем математичного моделювання

Починаючи з 90-х років Миколу Вікторовича зацікавили сучасні проблеми математичного моделювання, наприклад, проблеми підвищення достовірності результатів прогнозування методами математичного моделювання.

Відомо, що однією з основних задач математичного моделювання динамічних систем чи процесів є співпадання результатів математичного моделювання вибраного математичного опису реального об'єкта (системи) з експериментальними даними (вимірювання) [1–3].

Іншими словами, результати математичного моделилювання мають бути адекватними експерименту. Під вказаним описом мається на увазі аналітичний зв'язок (диференціальний, алгебраїчний, інтегральний тощо) певної структури між вибраними змінними стану системи, що досліджується, із зовнішніми впливами (навантаженнями). Досягають такої адекватності шляхом побудови «правильної» математичної моделі досліджуваної системи і вибором «хорошої» моделі зовнішнього впливу для відкритих систем. Для замкнутих систем зовнішні впливи будуть відсутні. Під «правильною» моделлю інтуїтивно мається на увазі така модель объ'єкта (системи), поведінка якої співпадає з експеримантальними вимірами з прийнятною точністю під дією функції зовнішнього впливу, що відповідає реальному зовнішньому впливу («хороша» модель) [4–14].

В роботах ювіляра розглядалася проблема адекватності результатів математичного моделювання (співпадання з експериментом). Вперше було сформульовано поняття адекватного математичного опису [4–6]. Було показано, що задача синтезу такого опису зводиться до некоректної (нестійкої) задачі [15–23]. Крім того, було встановлено, що не існує критеріїв вибору „хорошого" математичного опису динамічної досліджуваної системи окремо від вибору вірної моделі зовнішнього впливу на відкриті динамічні системи [15–23].

Запропоновано алгоритм побудови математичної моделі та моделі зовнішнього навантаження, які в сукупності будуть давати адекватні експерименту результати математичного моделювання [15]. Наведено приклади. Показано, що для випадку наближено заданого оператора при розв'язанні задачі ідентифікації зовнішнього впливу не можна використовувати класичний алгоритм регуляризації для рівнянь з наближено заданим оператором, оскільки це призводить до нескінченної похибки результатів математичного моделювання. Запропоновано алгоритм побудови адекватного математичного опису досліджуваного процесу для випадку наближено заданого оператора [3,10,24].

Бібліографічні посилання

1. *Polyakov N.V.* The Models of External Action for Mathematical Simulation / N. V. Polyakov, Yu. L. Menshikov // Proc. 4th Int. Symp. on Systems Analysis and Simulation. — Berlin/Germeny, 1992. — P. 393–398.
2. *Polyakov N.V.* Operative evaluation of unbalance characteristics of a deform-able rotor / N. V. Polyakov, Yu. L. Menshikov // Proc. 8th Int. Symp. on Technical Diagnostics. (IMEKO), Dresden, 23–25 Sept. 1992. — P. 399–408.
3. *Поляков Н.В.* Выбор модели внешнего воздействия при математическом моделировании / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Математические модели и современные информационные технологии. Херсон: сб. науч. тр. — К., 1998. — С. 126–129.
4. *Polyakov N.V.* The Control of Motion of one-dimension objects / N. V. Polyakov, Yu. L. Menshikov // Proc. of ICAPV 2000, June 19-22 2000, China, 2000. — P. 173–177.
5. *Polyakov N.V.* Approximate Solution of Inverse Problem in Minimax Statement / N. V. Polyakov, Yu. L. Menshikov // Proc. of European Conference on Numerical Mathematic, August 18-22, 2003. — Prague, Chechia. – 6 p.

6. *Polyakov N.V.* The new statement of problem of unbalance identification / N. V. Polyakov, Yu. L. Menshikov // ICTAM 2004, August 15-21. — Warsaw, Poland, 2004. — 4 p.
7. *Поляков Н.В.* Минимаксная идентификация параметров / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Тези III Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", 17–19 листопада 2005. — Дніпропетровськ, Україна. — С. 96–97.
8. *Поляков Н.В.* Интегральные уравнения первого рода с неточным ядром / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Тезисы докл. междун. конф., Одесса, 2005. — С. 103.
9. *Поляков Н.В.* Идентификация параметров в детерминированной постановке / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Тези IV Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", 15-17 листопада 2006. — Дніпропетровськ, Україна. — С. 15–17.
10. *Polyakov N.V.* The Most Plausible Solution of Inverse Problem with Inexact Mathematical Description / N. V. Polyakov, Yu. L. Menshikov // Proc. of ICIAM 2007, July 16-20, 2007, Zurich, Switzeland. — P. 515–516.
11. *Polyakov N.V.* Inverse Problems for Multybody System / N. V. Polyakov, Yu. L. Menshikov // Proc. of III Int.Conf. Multybody Dynamics, 25-28 June 2007. — Milano, Italy. — P. 291–293.
12. *Поляков Н.В.* К проблеме вибродиагностики дисбаланса ротора / Н.В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Вибрации в технике и технологиях. — № 2 (47). — 2007. — С. 82–85.
13. *Поляков Н.В.* Алгоритмы построения адекватной математической модели динамической системы / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Тези VI Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", MPZIS-2008. — Дніпропетровськ, Україна, 2008. — С. 230–231.
14. *Поляков Н.В.* Обратная задача для плоского течения жидкости вдоль канала / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // II міжнар. наук. конф. "Прикладні проблеми аерогідро-механіки та тепломасо-переносу", 13–15 листопада. Дніпропетровськ, 2008. — С. 40–42.
15. *Поляков Н.В.* Идентификация моделей внешних воздействий: монография / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Днепропетровск: Наука та Освіта, 2009. — 188 с.
16. *Polyakov N.V.* The most plausible solution of inverse problem of liquid stream with free surface / N. V. Polyakov, Yu. L. Menshikov // Proc.of GAMM, 2009, 9-13 February, Abstracts. — Gdansk, Poland, 2009. — 0.5p.
17. *Поляков Н.В.* Об одном подходе к задаче синтеза адекватной математической модели процесса / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Тези VII Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", MPZIS-2008, 25-27 листопада 2009. — Дніпропетровськ. — 2 с.
18. *Поляков Н.В.* О проблеме синтеза адекватного математического описания динамических процессов / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Тези VIII Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", MPZIS-2009, 12-14 листопада 2009. — Дніпропетровськ. — 2 с.
19. *Поляков Н.В.* О выборе приближенных решений в обратных задачах синтеза и их интерпретация / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // IX Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", MPZIS-2011, 23-25 листопада 2011. — Дніпропетровськ. — С. 178–179.

20. *Поляков Н.В.* Алгоритм принятия решений на основе исследования обратной задачи распознавания / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // X Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", MPZIS-2012, 21-23 листопада 2012. — Дніпропетровськ. — С. 101–102.
21. *Меньшиков Ю.Л.* Профессор Виктор Александрович Остапенко — механик, математик, педагог / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков, Г. И. Скороход // Вісник ДНУ. Серія: Моделювання. — 2013. — Вип.5. — № 8, Т. 20. — С. 3–30.
22. *Поляков Н.В.* Алгоритм синтеза устойчивого математического описания эволюционного процесса / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // XI Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", MPZIS-2013, 20-22 листопада 2013. — Дніпропетровськ, 2013. — С. 114–115.
23. *Поляков Н.В.* Об обратной задаче астродинамики / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков // Вісник ДНУ. Серія: Моделювання. 2014. — Вип. 6. — № 8, Т. 20. — С. 155–161.
24. *Поляков Н.В.* Синтез математической модели в алгебраической форме методом идентификации / Н. В. Поляков, Ю. Л. Меньшиков, Д. Н. Тогобицкая // XII Міжнар. наук.-практ. конф. "Математичне та програмне забезпечення інтелектуальних систем", MPZIS-2014, 20-22 листоп. 2014. — Дніпропетровськ. — С. 172–173.

Надійшла до редколегії 20.04.2016