

Наукова школа Г.Є. Пухова в галузі математичного моделювання

Серед низки наукових шкіл в галузі обчислювальної техніки в Україні однією з провідних є школа математичного моделювання. Її засновника, академіка НАН України Георгія Євгеновича Пухова займає гідне місце серед імен відомих вчених, які сприяли становленню та визнанню української науки у світі. Він відомий своїми фундаментальними дослідженнями в галузі теоретичної електротехніки та енергетики, обчислювальної техніки, прикладної математики. Праці вченого в галузі математичного моделювання дозволяють вважати його одним із засновників даного наукового напрямку в Україні. Крупний спеціаліст з теорії чотирьохполюсників, багатополісників, параметричних та нелінійних ланцюгів, Г.Є.Пухов розвинув класичний метод гармонійної лінеаризації академіків М.М.Крилова та М.М.Боголюбова стосовно електричних та електронних ланцюгів. Розроблені ним основи теорії квазіаналогових систем дозволили суттєво розширити клас задач, розв'язних за допомогою аналогової техніки і, що особливо важливо, гібридної обчислювальної техніки. Він сформулював принцип побудови гібридних квазіаналогово-цифрових математичних машин (метод динамічного моделювання), який відкрив широкі можливості створення складних спеціалізованих комплексів — вимірювальних інформаційних систем. Г.Є.Пухов розробив теорію оборотних і квазіоборотних пристроїв, призначених для синтезу керуючих математичних машин, побудованих за

методом оборотного оператора. Великі перспективи для обчислювальної та вимірювальної техніки відкрив запропонований і розроблений Г.Є.Пуховим метод врівноваження нелінійних електричних ланцюгів та систем за допомогою динамічних квазірезисторів.

Г.Є.Пухов приділяв велику увагу педагогічній діяльності, викладав курси теоретичних основ електротехніки, електричних станцій, мереж і систем, електричних машин, електричних лічильно-розв'язувальних приладів та пристроїв у Томському та Львівському політехнічних інститутах, Таганрозькому радіотехнічному інституті, Київському інституті інженерів цивільної авіації (нині Національний авіаційний університет). Учні школи Георгія Євгеновича одержали, таким чином, наукову підготовку переважно в установах Томська, Львова, Таганрога, Києва, де в різні роки працював їх вчитель.

Величезна наукова ерудиція Георгія Євгеновича, характер справжнього дослідника, постійно генеруючого нові ідеї, завжди притягували до нього людей, захоплених наукою. Член-кореспондент НАН України А.Харкевич, якого Георгій Євгенович вважав своїм вчителем, відмічав: "Г.Є.Пухов — винятково обдарований вчений. Уся його діяльність проходила під знаком невтомної творчості. Його численні та плодотворні ідеї породжені оригінальним та сміливим розумом. Працюючи над прикладними питаннями, Г.Є.Пухов ставив та вирішував їх з широтою теоретика; в теоретич-

них його дослідженнях видно яскраву практичну цілеспрямованість. Будучи за освітою інженером-електриком, Г.Є.Пухов зацікавився питаннями прикладної математики та обчислювальної техніки... і зумів дати цілу низку видатних праць у цій новій для себе важливій галузі” [1, с. 46].

Георгій Євгенович Пухов народився 23 серпня 1916 р. у м. Сарапулі (Удмуртія, Росія) в родині службовця. Після закінчення у 1931 р. семирічки у м. Ачинськ (Західна Сибір, Росія) він у 1931—1934 рр. навчався в Томському електромеханічному технікумі, в 1934—1936 рр. — в Томському електромеханічному інституті залізничного транспорту. У 1936 р. він перевівся до Томського індустріального інституту (нині — політехнічний), який закінчив у 1940 р. з відзнакою за спеціальністю “електричні станції, мережі, системи та електропостачання”, і за рекомендацією Державної екзаменаційної комісії його залишили аспірантом кафедри “Електричні мережі та системи”. Навчання в аспірантурі було перерване у зв’язку із призовом наприкінці 1940 р. до лав Червоної Армії. У роки Великої Вітчизняної війни Георгій Євгенович приймав участь у боях під м. Можайськом при обороні Москви, був тяжко поранений і демобілізований із лав Червоної Армії через поранення. Після одужання восени 1942 р. він повернувся до Томська для продовження навчання в аспірантурі, через два роки у 1944 р. успішно захистив кандидатську дисертацію на тему “До питання серієсної компенсації реактивності ліній електропередач”, в якій дослідив деякі режими компенсованих довгих ліній електропередач, і отримав учений ступінь кандидата технічних наук [2, с.102].

У жовтні 1944 р. Г.Є.Пухова перевели на роботу до Львівського політехнічного інституту, де до початку 1949 р. він працював спочатку доцентом кафедри “Електричні станції, мережі та системи”, а потім завідував кафедрами “Електричні машини” та “Теоретичні основи електротехніки”, приймав активну участь у налагодженні навчального процесу та науково-дослідницької роботи у цьому зруйнованому війною місті.

Професор К.Б.Карандєєв, ректор Львівського політехнічного інституту тих років, згадував, що за час роботи в інституті Г.Є.Пухов “виявив себе ерудованим та дуже здібним науковим працівником, талановитим педагогом. Він користувався великим авторитетом серед професорсько-викладацького складу і студентів інституту за свої глибокі наукові знання і вміння передавати їх колегам та студентам... Викладаючи у числі інших дисциплін основний курс електротехнічного факультету — теоретичні основи електротехніки, Г.Є.Пухов забезпечував високий теоретичний його рівень та дохідливість, в результаті чого ця дисципліна ставала у студентів дійсною основою набутих ними знань. Він систематично ознайомлював викладацький склад факультету з новітніми теоріями в електротехніці та застосуванням їх у розрахунках, вів відповідні семінари, які завжди збирали велику постійну аудиторію” [3, с. 1—2].

Традицію проводити як невеликі семінари, на яких обговорювалися конкретні ідеї або результати, так і міжнародні конференції, присвячені актуальним науковим проблемам, Г.Є.Пухов зберіг на все життя. Присутність Георгія Євгеновича на наукових зібраннях гарантувала захоплюючу

дискусію, в якій він як ведучий та її учасники виступали на рівних. Така атмосфера притягувала молодих захоплених наукою людей, яких Георгій Євгенович опікував і з якими щедро ділився своїми ідеями.

Основні наукові роботи Г.Є.Пухова у львівський період відносилися до математичних та експериментальних досліджень з теорії стійкості енергетичних систем, безконтактних перетворювачів частоти та електричних машин у системах синхронного зв'язку та до теорії електричних ланцюгів. Безконтактні перетворювачі частоти, запропоновані Г.Є.Пуховим у 1946 р., були впроваджені у серійне виробництво і застосовуються дотепер у гірничорудній промисловості та на інших вибухонебезпечних підприємствах.

У грудні 1948 р. Г.Є.Пухов був змушений через хворобу дітей виїхати зі Львова і повернутися до Томська, де із січня 1949 р. почав працювати доцентом, а потім завідуючим кафедрами “Теоретичні основи електротехніки” та “Електричні лічильно-розв'язуючі прилади та пристрої”, з 1952 р. — деканом електромеханічного факультету Томського політехнічного інституту.

У ці роки ним були проведені глибокі дослідження чотирьохполюсників, багатополіусників і складених електричних ланцюгів, що отримало подальший розвиток у докторській дисертації “Елементи теорії складених електричних ланцюгів”. У праці викладено основні положення методу підсхем, який став новим загальним методом аналізу електричних ланцюгів, складених із багатополіусних елементів. Основні положення методу підсхем, що є одним із методів діакоптики, Г.Є.Пухов виклав у праці “Теорія методу підсхем”, завдяки якій

останній отримав широке поширення в теоретичній електротехніці та електронному моделюванні [4, с.3].

У 1953—1957 рр. Г.Є.Пухов працював у Таганрозькому радіотехнічному інституті, де організував та очолював кафедри “Теоретичні основи електротехніки” і “Електричні лічильно-розв'язуючі прилади та пристрої”, у 1954 р. став професором, у 1956—1957 рр. був також проректором з наукової роботи.

У даний період ним були проведені започатковані ще у Томському політехнічному інституті дослідження з параметричних та нелінійних електричних ланцюгів. Результати цих досліджень він відобразив у низці статей та узагальнив у монографії “Комплексне обчислення та його застосування до розрахунку періодичних та переходних процесів у системах зі сталими, змінними та нелінійними параметрами”. Запропоновані вченим у даній праці методи розрахунку електричних ланцюгів виявилися подальшим розвитком методу гармонійної лінеаризації М.М.Крилова та М.М.Боголюбова стосовно електричних ланцюгів. Видана невеликим тиражем, ця книжка відразу стала бібліографічною рідкістю і лише після перевидання у 1962 р. вона виявилася доступною широкому колу інженерів та спеціалістів, які займалися проблемами аналізу та проектування електричних й електронних ланцюгів.

У ці ж роки Георгій Євгенович написав працю “Вступ до теорії методу точок”, де розробив ефективний наближений метод розрахунку періодичних процесів у нелінійних ланцюгах, який виявився добре пристосованим до розрахунків на ЕЦОМ.

З 1957 р. життєвий і творчий шлях Г.Є.Пухова нерозривно пов'язаний з

Києвом, Україною. Тут понад 20 років він завідував кафедрою “Теоретичні основи електротехніки”, а потім кафедрами “Обчислювальна техніка” та “Електронні моделюючі машини” Київського інституту інженерів цивільної авіації (нині — Національний авіаційний університет). Кафедра з електронних моделюючих машин стала першою подібною кафедрою, організованою з ініціативи Г.Є.Пухова в системі вищих навчальних закладів СРСР [5, с.94—95].

Лекції Г.Є.Пухова з теорії ланцюгів та електронних математичних машин завжди відрізнялися високим науковим рівнем і користувалися великою популярністю у студентів, аспірантів, викладачів та наукових працівників інституту. У цей період в галузі теорії електричних ланцюгів активну роботу проводили учні Георгія Євгеновича: М.П.Довгановський досліджував застосування одного чисельного методу аналізу до розрахунку електричних ланцюгів зі змінними параметрами, займалися розрахунком умовно-нелінійних електричних і магнітних ланцюгів С.П.Амосова, періодичних процесів у нелінійних ланцюгах з випрямлячами Б.А.Борковський, періодичних процесів в електричних ланцюгах з нелінійними індуктивними елементами Л.Д.Мазур [6, с. 14—15].

У 1958 р. Георгій Євгенович почав роботу в системі Національної академії наук України, не залишаючи педагогічної діяльності: у 1958 р. його запросили очолювати відділ аналогових математичних машин Обчислювального центру АН УРСР (з 1962 р. — Інститут кібернетики АН УРСР). Тут за ініціативою Георгія Євгеновича було створено 5 лабораторій, з яких дві — з електричних лічильно-розв’язувальних при-

ладів та пристроїв. З 1964 р. Г.Є.Пухов очолював відділ математичного моделювання, був першим заступником директора інституту і одночасно науковим керівником сектора спеціалізованої обчислювальної техніки та технічної кібернетики.

За 1956—1963 роки Г.Є.Пухов та його учні провели значні теоретичні й практичні дослідження в галузі обчислювальної техніки, методів розв’язання різних задач на математичних машинах неперервної дії, електронного моделювання стержневих систем й тонкостінних конструкцій, статичних й динамічних задач прикладної теорії пружності, електричних моделей алгебраїчних об’єктів, математичних машин неперервно-дискретної дії, електромодельюючих пристроїв для розв’язання крайових задач математичної фізики, оптимального керування. Були розроблені основи теорії квазіаналогових систем — нового перспективного напрямку в моделюванні, який дозволив значно розширити області використання засобів не тільки аналогової і, як у подальшому з’ясувалось, гібридної обчислювальної техніки. Результати цих розробок знайшли відображення в особистих монографіях Г.Є.Пухова — “Електричне моделювання стержневих й тонкостінних конструкцій” (1963), “Вибрані питання теорії математичних машин” (1964), а також в монографіях разом з учнями — “Електричне моделювання задач будівельної механіки” (1963) спільно з В.В.Васильєвим, А.Є.Степановим, О.М.Токаревою, “Методи розв’язання крайових задач на електронних моделях” (1964) спільно з Г.І.Грездовим, О.Ф.Верланем.

Книга Г.Є.Пухова “Електричне моделювання стержневих й тонкостін-

них конструкцій” виявилася дуже актуальною. У ній, як писав В.І.Скуріхін, “...викладено результати теоретичних і експериментальних розробок Георгія Євгеновича в галузі побудови електричних ланцюгів із омичних опорів з метою моделювання стержневих систем вигляду балок, рам, ферм і тонкостінних конструкцій типу пластинок та призматичних оболонки. Книга містить, зокрема, теорію й опис математичної машини ЕМСС-7, розробленої у відділі аналогових математичних машин ОЦ АН УРСР та випущеної у 1959 р. малою серією за замовленнями будівельних проектних організацій і відповідних кафедр вищих навчальних закладів” [7, с.2—3]. “Монографія Г.Є.Пухова, — писав В.М.Глушков, — присвячена детальному викладу побудованої її автором теорії врівноважених електричних мереж з омичних опорів і численних застосувань цієї теорії до питання конструювання спеціалізованих електромодельюючих пристроїв для розв’язання ряду важливих математичних і технічних задач. Детально розглянуто схеми електричних моделей для розв’язання систем лінійних алгебраїчних рівнянь, розрахунків рам при згині та крученні, а також для розв’язання інших важливих задач будівельної механіки. Деякі із цих моделей вже реалізовані у вигляді діючих пристроїв” [8, с.1].

Важливе місце в школі Г.Є.Пухова знайшли теоретичні та експериментальні дослідження в галузі амплітудно-імпульсних електронних моделей, спрямовані на значне спрощення схем деяких аналогових математичних машин.

Про впровадження розробок Г.Є.Пухова та його школи в галузі електричного моделювання у практику

роботи конструкторських та проектних організацій, а також у навчальну роботу вищих навчальних закладів країни свідчить, зокрема, доповідна Горьковського інженерно-будівельного інституту: “Г.Є.Пухов є засновником у нашій країні наукової школи з електричного моделювання задач будівельної механіки. Так, відділ аналогових математичних машин ОЦ АН УРСР має тісний науковий зв’язок з колективом кафедри будівельної механіки, якою завідує професор, доктор технічних наук О.Г.Угодчиков. Це дозволяє проводити на більш високому науковому рівні роботу на кафедрі будівельної механіки Горьковського інженерно-будівельного інституту з електричного моделювання ряду задач статичної стержневих систем та прикладної теорії пружності” [9, с. 17—18].

Серед учнів Георгія Євгеновича у цей період проблемами визначення власних частот плоских балок і рам методом електричного моделювання займався П.М.Чеголін, електричним моделюванням рам і балок — О.В.Ільєнко, розв’язанням деяких задач міцності тонкостінних авіаконструкцій методами електричного моделювання — В.М.Самусь.

Суттєво новим напрямом в науковій діяльності Г.Є.Пухова та його школи стала теорія оборотних і квазі-оборотних пристроїв, призначених для синтезу керуючих математичних машин, побудованих за методом оборотних операторів. Даний метод може бути широко використаний при синтезі керування та самоналагоджуваних систем. Результати цих досліджень, опубліковані в монографії Г.Є.Пухова та його учня К.Д.Жука “Синтез багатозв’язних систем керування за методом оборотних операторів” (1966), в наш час

отримали застосування при синтезі спеціалізованих самоналагоджуваних систем, призначених для керування об'єктами з перемінними параметрами, розв'язання задач ідентифікації лінійних та нелінійних об'єктів тощо. Як відмічалось в наукових відгуках, “у даній роботі розроблено загальні методи побудови обчислювальних схем для вироблення керуючих впливів перетворенням множин сигналів непогоджень та збурень у багатозв'язних керуючих системах за допомогою пристроїв, в яких реалізуються операції, оборотні тим, що відбуваються в самих об'єктах. Даний метод, що отримав назву метода оборотних операторів, займає в різних варіаціях значне місце в обчислювальних системах, в прикладних питаннях теорії зв'язку і набуває все більш зростаючого значення в теорії й практиці автоматичного керування, зокрема в теорії багатозв'язного регулювання” [10, с. 99—100].

Продовжуючи теоретичні дослідження щодо розвитку ідей квазіаналогового методу побудови обчислювальних пристроїв, Г.Є.Пухов сформулював у 1964 р. новий принцип побудови гібридних квазіаналого-цифрових математичних машин та пристроїв і запропонував метод їх синтезу, який отримав назву методу динамічного моделювання. Проведені теоретичні дослідження показали, що відповідні електронні математичні машини можна побудувати за допомогою програмно та функціонально переключуваних кодокерованих розв'язуючих елементів. Було доведено, що застосування методу динамічного моделювання дозволяє створити гібридні машини з меншою кількістю основних розв'язуючих елементів та електронних посилювачів, зі зменшеними габаритами, відносно малим спо-

живанням електроенергії та з підвищеною надійністю. Було підтверджено, що метод динамічного моделювання можна застосувати для побудови різних лічильно-розв'язуючих пристроїв та математичних машин, у тому числі для розв'язання задач лінійного та квазілінійного програмування, машин для обчислення сіткових графіків, електронно-сіткових інтеграторів та інших спеціалізованих математичних машин.

У ці роки Г.Є.Пуховим були запропоновані нові оригінальні методи аналізу електричних ланцюгів, які отримали назву прямих та інтегральних методів і знайшли застосування для проведення обчислень на ЕЦОМ.

Основні результати з динамічного моделювання, застосування його до синтезу спеціалізованих математичних машин та з теорії ланцюгів було викладено в монографії “Методи аналізу і синтезу квазіаналогових електронних ланцюгів” (1967). Завідуючий кафедрою теоретичних основ радіотехніки Львівського політехнічного інституту, доктор технічних наук, професор Ю.Т.Величко писав: “Г.Є.Пухов створив наукову школу, основним напрямом праць якої є розробка методів аналізу та синтезу квазіаналогових систем з метою побудови моделюючих пристроїв нового типу для задач математичної фізики. На нашу думку, цей напрямок є новим в теорії електричних кіл, має велике практичне значення для розвитку обчислювальної техніки” [11, с.24].

Цікаво відмітити, що дослідженням різних проблем електричного моделювання в Україні займалося чимало відомих вчених. Так, В.Є.Дяченко з 1946 р. проводив дослідження в галузі електромоделювання задач теорії поля. Під його керівництвом було розроб-

лено сітковий електроінтегратор для розв'язання задач теорії фільтрації і теорії пружності, створено лабораторію електромодельовання в Київському університеті. П.Ф.Фільчаков з 1947 р. займався розробкою методів моделювання плоских статичних полів на електропровідній бумазі. В Інституті математики АН УРСР в лабораторії, очолюваній П.Ф.Фільчаковим, було розроблено ряд інтеграторів типу ЕГДА і розв'язано багато задач теорії фільтрації та розрахунку гідротехнічних споруд. Л.І.Дятловицький з 1950 р. розробляв методи побудови електричних моделей для розв'язання бігармонічних рівнянь. У лабораторії Л.І.Дятловицького в Інституті гідрології та гідротехніки АН УРСР було розв'язано на електромоделях значну кількість задач щодо розрахунку пластин. Г.М.Положий з 1954 р. займався моделюванням конформних відображень на електропровідній бумазі, М.Г.Бондар з 1952 р. — моделюванням динамічних задач стержневих систем, В.О.Лазарян з 1955 р. — питаннями моделювання перехідних режимів стержневих систем та задач динаміки рухомого складу на залізницях, Ф.О.Абрамов працював у галузі електричного моделювання шахтних вентиляційних мереж, розробив принцип побудови моделюючого пристрою, прийнятого до серійного виробництва.

Г.Є.Пухов працював в галузі електричного моделювання з 1952 р. і саме йому належить розробка теорії математичного моделювання на основі загальних ідей кібернетики як науки про управління. Розроблена ним теорія квазіаналогових моделюючих пристроїв є узагальненням класичної теорії моделювання. Принцип подібності було узагальнено і стало окремим випадком більш загального принци-

пу — принципу еквівалентності рівнянь моделі та об'єкта у відношенні до отриманих результатів. Коло задач, розв'язуваних засобами математичного моделювання, було суттєво розширено. Основні положення теорії квазіаналогових систем були сформульовані Г.Є.Пуховим в працях 1960—1961 рр.

На основі розробленої Г.Є.Пуховим теорії квазіаналогових моделюючих систем, його праць з теоретичних питань обчислювальної техніки і теорії електричних ланцюгів і під його керівництвом учнями вченого в Інституті кібернетики НАН України у 1958—1963 роках було розроблено, передано у серійне виробництво та запроваджено в народне господарство спеціалізовані обчислювальні машини, зокрема машини ЕМСС-7, ЕМСС-7М, “Альфа” для розв'язання задач будівельної механіки, моделююча установка “Інтегратор-1” для розв'язання крайових задач математичної фізики, машина “Оптіум” для розв'язання транспортних задач лінійного програмування, машина “АСОР-1” (“РИТМ”) для обчислення сіткових графіків, розроблено та виготовлено за заказами окремих організацій інші математичні машини малими серіями, зокрема сіткові електроінтегратори “Сігма” та КСМ для розв'язання задач теорії пружності.

На початку 60-х років Г.Є.Пухов ініціював та очолив розробку ряду нових математичних машин: електронної самоналагоджуваної машини “Аркус” для розв'язання нелінійних диференціальних рівнянь зі складними крайовими умовами, цифрової моделюючої установки “АСОР-2” для застосування в системах СПУ та інших.

У процесі розвитку теорії квазіаналогових систем виник ряд нових напрямів. Це побудова оборотних і

квазіоборотних моделей лінійних та нелінійних алгебраїчних та диференціальних рівнянь, моделювання задач лінійного програмування, побудова керуючих систем за методом оборотних операторів та квазіаналогових пристроїв для розв'язання нелінійних крайових задач. У 1963 р. Г.Є.Пухов розробив теорію нового перспективного класу квазіаналогових моделюючих пристроїв, що отримав назву амплітудно-імпульсні моделі.

У 1961 р. Г.Є.Пухова обрали членом-кореспондентом, у 1967 р. — дійсним членом НАН України зі спеціальності “обчислювальна техніка”.

Одним з учнів Георгія Євгеновича у ці роки був Аркадій Євгенович Степанов, нині доктор технічних наук, провідний науковий співробітник Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України. А.Є.Степанов був асистентом кафедри опору матеріалів Київського інженерно-будівельного інституту, коли наприкінці 1959 р. доля звела його з Георгієм Євгеновичем з приводу виконання сумісних досліджень Київським інженерно-будівельним інститутом та Інститутом кібернетики АН УРСР щодо виготовлення спеціалізованої аналогової обчислювальної машини ЕМСС-7 для розрахунку жорстких балок та рам.

Після закінчення випробувань машини Г.Є.Пухов запропонував Аркадію Євгеновичу перейти на роботу до нього у відділ, щоб провести дослідно-промислову перевірку машини. При цьому він зацікавився, чи збирається молодий асистент захищати кандидатську дисертацію. А.Г.Степанов розповів Георгію Євгеновичу, що у нього є майже готова робота в галузі опору матеріалів. У відповідь Г.Є.Пухов сказав, що керувати дисертацією з опору ма-

теріалів він не береться, проте гарантує захист нової роботи на протязі трьох років, якщо Аркадій Євгенович зважиться перейти до нього у відділ. Так, з кінця березня 1960 р. А.Є.Степанов став співробітником Інституту кібернетики АН УРСР у відділі Г.Є.Пухова.

Георгій Євгенович поставив перед А.Є.Степановим наступну задачу:

— Методи моделювання диференціальних рівнянь математичної фізики другого порядку загальновідомі, — сказав він. — А для рівнянь четвертого порядку, так званих бігармонічних, немає. Я хотів би, щоб Ви розробили і побудували сіткову модель для розв'язання таких задач.

Через певний час, коли А.Є.Степанов достатньо розібрався у запропонованій задачі, Георгій Євгенович спитав його:

— Ну, як ?

— Мені дуже сподобалось у Вас, я дуже радий, що перейшов на роботу до Вас.

Через два роки була побудована сіткова модель. Г.Є.Пухов як автор ідеї та А.Є.Степанов як її розробник отримали на неї авторське свідоцтво.

У липні 1963 р. Аркадій Євгенович успішно захистив кандидатську дисертацію за порадою Г.Є.Пухова на об'єднаній раді трьох інститутів АН УРСР — Інституту математики, Інституту кібернетики та Астрономічної обсерваторії. Г.Є.Пухов підтримав пропозицію дирекції Інституту кібернетики НАН України і передав зі свого відділу групу співробітників, що працювали разом з А.Є.Степановим, щоб організувати для Аркадія Євгеновича лабораторію, яка з часом переросла у науковий відділ.

Коли у 1971 р. Г.Є.Пухов разом зі своїм відділом перейшов з Інсти-

туту кібернетики АН УРСР до Інституту електродинаміки АН УРСР, А.Є.Степанов приєднався до нього разом зі співробітниками свого відділу. У 1976 р. Аркадій Євгенович підготував докторську дисертацію з основ теорії квазіаналогових сіткових машин. Георгій Євгенович був дуже радий успіхам свого учня, який самостійно розв'язав важку проблему, підтримав його при захисті. Аркадій Євгенович з великою теплотою згадував свого вчителя, крупного вченого і прекрасну людину.

“Загальною рисою роботи відділу Г.Є.Пухова, — писав він, — була висока самовіддача, прагнення з високою наполегливістю та енергією, з мінімальною втратою часу здійснювати дослідження, видаючи все нові й нові як теоретичні, так і практичні результати.

Робочий день у співробітників відділу починався з 8.00, хоч офіційно з 9.00. Перший час роботи йшов на обмін інформацією між керівником відділу та керівниками робіт. На паління та гру у пінг-понг відводилося 10 хвилин щогодини. Проте якимось стилем для гри та сітка зникли.

— Я спостерігав, — сказав Георгій Євгенович ентузіастам пінг-понгу, — що ви надто багато часу приділяєте грі, тому й забрав її!

Він був дуже турботливим у відношенні до співробітників. У першу чергу це виявлялось у підготовці дисертацій та промисловій реалізації виконаних розробок. Відділ Г.Є.Пухова у цьому відношенні був прикладом. Г.Є.Пухов вмів працювати і відпочивати. Його хобі була рибалка. У ній він здобував сили на весь залишившийся рік. У свою чергу співробітники відповідали йому величезною увагою та любов'ю.

Передчасна смерть дружини негативно відобразилась на житті вченого. Галина Федорівна чітко дотримувалась свого кредо: чоловік повинен завжди працювати і може відволікатися лише на випадок пожежі або землетрусу. Вона була відданим помічником свого неординарного чоловіка, Георгій Євгенович важко справився зі спітканим його горем” [12, с.258—259].

А.Є.Степанов розповів про одну із причин виходу Г.Є.Пухова з Інституту кібернетики НАН України. “Його пригнічував намір В.М.Глушкова приділяти більше уваги цифровій обчислювальній техніці. Погодитись з цим — значило для Георгія Євгеновича відмовитися від наукового напрямку, заснованого і розвинутого за багато років. Георгій Євгенович наважився на рішучий шаг — залишився вірним собі, своїм учням, тій галузі науки, якій самовіддано служив” [12, с. 259].

У 1971—1981 рр. Георгій Євгенович керував сектором електроніки й моделювання, а також був заступником директора Інституту електродинаміки АН УРСР. У цей період він провів дослідження щодо застосування методів математичного та електронного моделювання до задач автоматичного керування (монографії “Локальні математичні моделі систем керування”, “Моделі технологічних процесів”, “Критерії і методи ідентифікації об'єктів керування”).

Розвиток теорії квазіаналогового моделювання привів до створення нового наукового напрямку в гібридній обчислювальній техніці та електронному моделюванні — розрядно-аналогового моделювання. Основні наукові та технічні результати досліджень у цьому напрямі Г.Є.Пухов та його учні опублікували у низці статей та монографіях

“Автоматизовані аналого-цифрові пристрої моделювання”, “Гібридне моделювання в енергетиці”, “Розрядно-аналогові обчислювальні системи”.

У 1975 р. Георгій Євгенович запропонував та розробив операційні методи аналізу складних нелінійних ланцюгів та систем на основі диференціальних перетворень. Ці методи характеризуються ефективністю операційного та комплексного числення, розширюють область застосування операційних методів на суттєво нелінійні системи і одночасно мають високу обчислювальну спроможність. Дослідження Г.Є.Пухова у даному напрямі знайшли відображення в працях “Перетворення Тейлора та їх застосування в електротехніці та електроніці”, “Диференціальні перетворення функцій та рівнянь”, “Диференціальний аналіз електричних ланцюгів”.

Результати багаторічних теоретичних досліджень та практичних розробок Г.Є.Пухова та його учнів створили об’єктивні передумови для формування електронного моделювання як академічної науки. Важливим підсумком цього стало заснування журналу “Електронне моделювання” та створення Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України — єдиної в Україні наукової установи, спрямованої на проведення фундаментальних та прикладних досліджень з моделювання засобами електроніки складних динамічних процесів і систем, застосування методів і засобів моделювання в енергетиці та інших галузях господарства. З 1981 р. Г.Є.Пухов — директор інституту та головний редактор журналу. З 1978 р. Г.Є.Пухов виконував обов’язки академіка-секретаря Відділення фізико-технічних проблем енергетики і члена Президії НАН України.

Результати наукових досліджень Г.Є.Пухова в галузі електротехніки, енергетики і моделювання, прикладної та обчислювальної математики викладені у 60 монографіях, понад 600 наукових статей та 152 авторських свідоцтвах і патентах.

Георгія Євгеновича завжди відрізняли цілеспрямованість у роботі та надзвичайна енергія вченого-організатора. Він багато років очолював редакційну колегію започаткованого ним журналу “Електронне моделювання”, був головою Національного комітету СРСР Міжнародної асоціації з аналогових обчислень, організованого у 1967 р., головою Комісії з аналогової та гібридної обчислювальної техніки Державного комітету по науці та техніці РМ СРСР, заступником голови Наукової ради з комплексної проблеми “Кібернетика” при АН УРСР, членом експертної ради ВАК СРСР з електротехніки, головою наукових семінарів “Методи математичного моделювання і теорія електричних ланцюгів”, “Спеціалізовані електронні моделюючі математичні машини та пристрої”, “Електронне моделювання задач механіки”, заступником голови Бюро центральної секції з аналогової обчислювальної техніки при Центральному правлінні Науково-технічного товариства радіотехніки та електроніки ім. Попова, а також членом секції цього товариства з аналогових методів і засобів розв’язання крайових задач, членом секції Національного комітету СРСР з автоматичного управління “Аналогові та комбіновані (аналого-цифрові) обчислювальні пристрої для цілей керування”, членом понад 10 вчених і науково-технічних рад вузів та НДІ. Участь Г.Є.Пухова в роботі названого журналу та комісій різного рівня (особливо ВАКу) суттєво допомогала

Георгію Євгеновичу у підготовці молодих спеціалістів і формуванні наукової школи.

Напружена науково-дослідницька та організаційна робота підірвала здоров'я Г.Є.Пухова і 3 червня 1998 р. його не стало.

У Георгії Євгеновичі вдало поєднувалися такі риси людського характеру, як талант та обдарованість, широта і різнобічність знань, педагогічна майстерність та вміння відбирати творчих людей. Різноманітність наукових інтересів, що тісно пов'язувалися з відчуттям нових проблем в кібернетиці, обчислювальній техніці, електротехніці, та його особиста чарівність, яка перш за все виявлялися у чуйності та доброзичливості, вражаюча працездатність та захопленість, гострота розуму та ерудиція були тими головними факторами, котрі сприяли створенню ним наукової школи. Він був прекрасним педагогом і вихователем наукових кадрів.

Початок формування наукової школи Г.Є.Пухова припадає в основному на 50–60-ті роки ХХ ст. У подальшому понад 40 років він читав спеціальні курси лекцій з актуальних напрямів електротехніки, електричних мереж, електричних машин, теоретичних основ електротехніки, електричних лічильно-розв'язуючих пристроїв та приладів, аналогової та цифрової обчислювальної техніки, моделювання. Георгій Євгенович був талановитим лектором, він вміло поєднував питання навчальної програми з актуальними проблемами науки, пропагандою її найновіших досягнень. Спосіб викладання, вільне володіння матеріалом завжди сприяли творчому сприйняттю лекцій. Тому не випадково до нього тягнулися студенти, аспіранти,

пошукачі, співробітники. Його численні монографії, фундаментальні за своїм змістом, одночасно слугували зразком навчально-методичної літератури. Всюди, де працював Георгій Євгенович, виникали активно працюючі творчі колективи. Маючи високі адміністративні посади, він завжди знаходився у центрі цих творчих колективів і по праву очолював їх як лідер.

Курси лекцій Георгій Євгенович завжди будував, орієнтуючись на міжнародний рівень розвитку досліджень у даній галузі, причому реальним орієнтиром були міжнародні конгреси та симпозіуми з електротехніки, прикладної математики.

Характерною рисою науково-організаційної та педагогічної діяльності Г.Є.Пухова було вміння “підключати” молодих співробітників та аспірантів до тієї багатогранної роботи, яку він проводив. Зокрема, вчений доручав їм читати окремі частини спеціальних курсів лекцій, проводити засідання семінарів, організовувати симпозіуми та конференції. Безпосередні контакти зі студентами давали можливість Г.Є.Пухову “відкривати” і запрошувати талановиту молодь до аспірантури для подальшої наукової роботи в Інституті кібернетики чи Інституті проблем моделювання в енергетиці НАН України або для педагогічної діяльності у вузах.

Важливе значення для залучення молоді до нової спеціальності та наукової роботи було створення відповідних факультетів і кафедр в інститутах, де викладав Г.Є.Пухов. Так, він був ініціатором та активним учасником створення в Київському інституті інженерів цивільної авіації факультету автоматики та обчислювальної техніки, а також спеціалізації “математичні

машини, лічильно-розв'язуючі прилади та пристрої". Георгій Євгенович організував кафедру обчислювальної техніки, а потім першу в СРСР кафедру електронних моделюючих машин. Крім того, він організував ряд наукових та навчальних лабораторій (науково-дослідну лабораторію обчислювальної техніки, лабораторію електронних моделюючих машин, елементів та вузлів обчислювальних машин та пристроїв та інші).

Г.Є.Пухов зазначав, що значну роль у формуванні та розширенні його наукової школи відігравали організовані ним семінари. Разом з провідними вітчизняними вченими-електротехніками, кібернетиками та запрошеними з інших країн у них брала участь талановита молодь. Роботу учнів Г.Є.Пухова будували так, щоб кожен із них мав свій науковий напрям, і тим самим проблеми, які розглядалися, діставали всебічне висвітлення. На семінарах Г.Є.Пухов робив ґрунтовні доповіді про нові й ті, що відходять у минуле, наукові напрями з проблем електронного моделювання, про вимоги до дисертаційних робіт, актуальні проблеми в науці. Теоретичні семінари, які проводив Г.Є.Пухов, були найавторитетнішим місцем дискусій з питань теорії аналогових пристроїв, а матеріали семінарів, що видавалися, як і монографії Г.Є.Пухова, дуже швидко ставали бібліографічною рідкістю.

У таких умовах формувалася наукова школа Г.Є.Пухова, який виховав понад 30 докторів та 160 кандидатів наук. На основі наукового колективу, створеного академіком Г.Є.Пуховим, засновано Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, першим директором якого був Георгій Євгенович, а нині

є член-кореспондент НАН України В.Ф.Євдокимов — аспірант і докторант Г.Є.Пухова; Інститут проблем реєстрації інформації НАН України, директор якого член-кореспондент НАН України В.В.Петров також був його аспірантом і докторантом; Інститут загальної енергетики НАН України, директор якого академік НАН України М.Н.Кулик — аспірант і докторант Г.Є.Пухова. У цих інститутах отримав новий і плідний розвиток творчий доробок Г.Є.Пухова. Так, наукова та науково-технічна діяльність Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України нині спрямовується на розробку теоретичних основ, методів і засобів інформатики, орієнтованих на підвищення ефективності та безпеки функціонування паливно-енергетичного комплексу (ПЕК) України, реалізацію енергозберігаючих технологій в інших галузях промисловості та господарства. Теоретичною основою досліджень інституту є насамперед розробка нових інформаційних технологій, а також методів і засобів математичного і комп'ютерного моделювання як узагальненого характеру, так і функціонально орієнтованих. Прикладні дослідження спрямовані в основному на використання нових комп'ютерних та комунікаційних технологій, методів і засобів комп'ютерного моделювання. Завдяки Г.Є.Пухову в інституті отримали розвиток такі наукові напрями, як математичне моделювання різних процесів, об'єктів і систем; комплексна інформатизація з широким використанням систем моніторингу; автоматизоване проектування різних енергооб'єктів; системи навчання, тренажу і професійної діагностики персоналу енергооб'єктів; технічна

діагностика і підвищення надійності енергооб'єктів. Важливу роль у діяльності інституту мав напрямок щодо застосування в ПЕК спеціалізованих обчислювальних машин, комплексів, систем, комп'ютерних керуючих систем, особлива увага приділялась роботам, пов'язаним з розробкою методів комп'ютерних засобів підтримки прийняття рішень щодо організаційного і технологічного керування енергетикою.

Серед інших розробляються комп'ютерні системи моделювання та проектування теплоенергетичних і газорідинних систем енергетичного устаткування, системи автоматизованого проектування спеціалізованих пристроїв. У відділенні гібридних моделюючих та керуючих систем в енергетиці даного інституту розвиваються фундаментальні дослідження в галузі теорії та методів синтезу електронних кіл, середовищ та структур, які мають задані властивості, для імітації динамічних процесів в енергетиці та енергомістких технологіях, розробляються моделюючі системи для оптимізації керування та забезпечення комплексної надійності енергетичних об'єктів. Учні Георгія Євгеновича — член-кореспондент НАН України В.В.Васильєв, доктори наук Г.І.Грездов та Л.О.Сімак заклали у відділенні підвалини створення нових неформальних творчих об'єднань в напрямках математичного моделю-

вання динамічних систем стосовно проблем тренажеробудування, моніторингу та керування (В.В.Васильєв); алігативних моделюючих та інформаційних систем для управління рухомими об'єктами та системами спеціального призначення (Г.І.Грездов); математичного і комп'ютерного моделювання динамічних систем нецілового порядку (Л.О.Сімак). В Інституті загальної енергетики НАН України в розвиток ідей Г.Є.Пухова М.М.Кулик та його послідовники спрямовують дослідження на розробку теоретичних основ, математичних моделей та програмного забезпечення для аналізу та оптимізації напрямів розвитку паливно-енергетичного комплексу і підвищення енергетичної ефективності в економіці України. В Інституті проблем реєстрації інформації НАН України В.В.Петров з учнями закладає фундаментальні основи реєстрації, збереження та розповсюдження великих обсягів інформації; О.І.Додонов досліджує проблеми живучості та безпеки складних систем, зокрема теорії територіально-розподілених інформаційно-обчислювальних систем; В.Г.Тоценко — питання системного аналізу, зокрема підтримки прийняття рішень, діагностики та надійності.

Учні Георгія Євгеновича працюють у наукових та навчальних інститутах України, Росії, Вірменії, Грузії, Узбекистану, його ідеї успішно розвивають вчені Польщі, Болгарії та інших країн.

1. *Документи* про обрання Г.Є.Пухова членом-кореспондентом НАН України. — Архів кімнати-музею Г.Є.Пухова Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України, ф. 1-ОС, оп. 1, спр. 254, арк. 46.

2. *Академик АН УССР Георгий Евгеньевич Пухов (К 75-летию со дня рождения)* //Изв. высших учебных заведений.— 1996. — № 6. Электротехника. — С. 115—116.

3. *Характеристика* кандидата технічних наук, доцента Пухова Г.Є. — Архів кімнати-музею Г.Є.Пухова Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України, ф. 1-ОС, оп. 1, спр. 250, арк. 1—2.

-
4. *Жизненный и творческий путь Г.Е.Пухова // Георгий Евгеньевич Пухов: Биобиблиография ученых Украины.* — Киев: Наук. думка, 1986. — С. 1—14.
 5. *Документи* про обрання Г.Є.Пухова академіком АН УРСР. — Архів кімнати-музею Г.Є.Пухова Інституту проблем моделювання в енергетиці НАН України, ф. 1-ОС, оп. 1, спр. 258, арк. 94—95.
 6. *Список* кандидатов технических наук, защитивших кандидатские диссертации под руководством Г.Е.Пухова с 1952 г. — Там же, спр. 254, арк. 4—15.
 7. *Выписка* из протокола № 12 от 30.06.1959 г. заседания ученого совета ВЦ АН УССР. — Там же, спр. 253, арк. 2—3.
 8. *Отзыв* В.М.Глушкова, члена-корреспондента АН УССР, на монографию Г.Е.Пухова “Электрическое моделирование стержневых и тонкостенных конструкций” от 14.06.1959 г. — Там же, арк. 1.
 9. *В ВЦ АН УССР* в связи с выдвижением Г.Е.Пухова в члены-корреспонденты АН УССР. 25.02.1961 г. — Там же, спр. 254, арк. 17—18.
 10. *Документи* про обрання Г.Є.Пухова академіком АН УРСР. — Там же, спр. № 22-51/ 2506, арк. 99—101.
 11. *В ВЦ АН УССР* в связи с выдвижением Г.Е.Пухова в члены-корреспонденты АН УССР. 25.02.1961 г. — Там же, спр. 254, арк. 24.
 12. *Малиновский Б.Н.* Нет ничего дороже ... — Киев: ЧП “Горобец”, 2005. — 334 с.

*А. С. Литвинко,
ст.наук.співроб., канд.фіз.-мат.наук*

Дослідження кінетичних та релаксаційних явищ у конденсованих середовищах в наукових інститутах України як важливий етап становлення та розвитку статистичної фізики

В установах Національної академії наук України, зокрема в Інституті фізики, Інституті напівпровідників, Інституті металофізики, Інституті проблем матеріалознавства, Харківському фізико-технічному інституті, Інституті радіофізики і електроніки, проводились численні дослідження властивостей конденсованого стану речовини, принципово значущих для становлення і розвитку статистичної фізики в Україні.

Важливі теоретичні дослідження в галузі кінетики електронів та фазових переходів проводились у теоретичних відділах Інституту фізики та Інституту напівпровідників НАН України [1,2]. Теоретичний відділ Інституту фізики було створено професором Л.І.Кордишем, з 1944 р. ним керував академік НАН України С.І.Пекар. У

1960 р. відділ майже у повному складі було переведено в Інститут напівпровідників, де на його базі створено відділи теоретичної фізики (завідувач— С.І.Пекар) та теорії напівпровідників (завідувач — Е.І.Рашба), об'єднані у 1983 р. Знову відділ теоретичної фізики в Інституті фізики було організовано у 1964 р. під керівництвом академіка НАН України О.С.Давидова.

Одним з найбільш глибоких досягнень даних відділів за час керівництва С.І.Пекара стало створення ним з учнями у 1945—1952 рр. теорії поляронів та F-центрів у кубічних кристалах при сильному електрон-фононному зв'язку, яка суттєво змінила поняття про носії заряду в кристалах з іонною решіткою та знайшла застосування у фізичній хімії та ядерній фізиці. Після організації Інституту напівпровідни-