

УДК 621.3 (09)+621.3 (477)



ТВЕРИТНИКОВА
Олена Євгенівна,
кандидат історичних наук,
професор кафедри
«Інформаційно-вимірювальні
технології і системи»
НТУ «ХП»
tveekhpi@ukr.net
(м. Харків)

**СТАНОВЛЕННЯ ТА РОЗВИТОК В УКРАЇНІ НАПРЯМУ
МАТЕМАТИЧНОГО МОДЕЛЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ
ОБ'ЄКТІВ І СИСТЕМ (друга половина ХХ ст.)**

Досліджено становлення та розвиток напрямку математичного моделювання в енергетиці в Україні. З'ясовано, що початкові дослідження розгорнулися в науково-дослідних установах наприкінці 1940-х – початку 1950-х рр., однак системного характеру вони набули в Інституті електродинаміки НАН України під керівництвом академіка Г.Є. Пухова. Власне, за його ініціативи наукова тематика з електронного моделювання енергетичних об'єктів і систем перетворилася на складову науково-дослідних робіт Інституту електродинаміки. Поглиблене вивчення документів архіву Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України, кімнати-музею Г.Є. Пухова, Інституту архівознавства Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського НАН України дозволило встановити, що вченим створена наукова школа математичного моделювання, яка посіла провідне місце в галузі методів і засобів електронного та математичного моделювання в енергетиці. Аргументовано доведено, що інноваційний науковий доробок академіка Г.Є. Пухова та його наукової школи дійсно є важливим досягненням в історії української науки і техніки другої половини ХХ ст.

Ключові слова: енергетичні системи, електронне математичне моделювання, Інститут проблем моделювання в енергетиці НАН України, академік Г.Є. Пухов, історія науки і техніки.

THE DEVELOPMENT OF MATHEMATICAL MODELING OF POWER ASSETS AND SYSTEMS IN UKRAINE (second half of the twentieth century)

The phases of the formation of mathematical modeling direction in power engineering in Ukraine are investigated. It was found out that the initial studies began in research institutions in the late 1940s and early 1950s, but they received consistency at the Institute of Electrodynamics of the NAS of Ukraine under the guidance of Academician H.Ye. Pukhov. Actually, on his initiative, the scientific theme on electronic modeling of power assets and systems became a composite of research scientific work of the Institute of Electrodynamics. The in-depth study of the archive documents of the Institute of Modeling Problems in Power Engineering named after G.E. Pukhov of National Academy of Sciences of Ukraine, the room-museum of H.Ye.Pukhov, the archive of the National University «Lviv Polytechnic», the Institute of Archival Studies of the National Library of Ukraine named after V.I. Vernadskyi of the National Academy of Sciences of Ukraine made it possible to reveal that the scientist had created a scientific school of mathematical modeling, which occupied the leading position in the field of methods and tools of electronic and mathematical modeling in power engineering. It has been proved that the innovative scientific work of academician H.Ye. Pukhov and his scientific school are definitely important achievement in the history of Ukrainian science and technology of the second half of the twentieth century.

Key words: power assets, electronic mathematical modeling, Institute of Modeling Problems in Power Engineering, National Academy of Sciences of Ukraine, academician H.Ye. Pukhov.

СТАНОВЛЕНИЕ И РАЗВИТИЕ В УКРАИНЕ НАПРАВЛЕНИЯ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ЭНЕРГЕТИЧЕСКИХ ОБЪЕКТОВ И СИСТЕМ (вторая половина XX в.)

Исследовано становление и развитие направления математического моделирования в энергетике в Украине. Выяснено, что начальные исследования развернулись в научно-исследовательских учреждениях в конце 1940-х - начале 1950-х гг., однако системный характер они приобрели в Институте электродинамики НАН Украины под руководством академика Г.Е. Пухова. Именно, по его инициативе научная тематика по электронному моделированию энергетических объектов и систем стала составной частью научно-исследовательских работ Института электродинамики. Углубленное изучение документов архива Института проблем моделирования в энергетике им. Г.Е. Пухова НАН Украины, комнаты-музея Г.Е. Пухова, Института архивоведения Национальной библиотеки Украины им. В.И. Вернадского НАН Украины позволило установить, что ученым создана научная школа математического моделирования, которая заняла ведущее место в области методов и средств электронного и математического моделирования в

енергетике. Аргументировано доказано, что инновационное научное наследие академика Г.Е. Пуховая и его научной школы действительно является важным достижением в истории украинской науки и техники второй половины XX в.

Ключевые слова: *энергетические системы, электронное математическое моделирование, Институт проблем моделирования в энергетике НАН Украины, академик Г.Е. Пухов, история науки и техники.*

З середини ХХ ст. розвиток енергетики був пов'язаний зі створенням великих територіально розподілених енергосистем. Як наслідок виникла потреба в комплексних, міждисциплінарних дослідженнях проблем розвитку й функціонування систем енергетики. Поява й широке застосування електронно-обчислювальної техніки, а також розвиток методів обчислювальної математики сприяв започаткуванню нового напрямку досліджень. Однак на початковому етапі (1950-ті рр.) розроблення методів моделювання в енергетиці здійснювали лише окремі вчені, а не наукові колективи академічних установ та вищих навчальних закладів. У 1970-х рр. тематичний діапазон моделювання в енергетиці значно розширився. Зокрема, вирішувалися актуальні проблеми, пов'язані зі створенням та ефективним використанням засобів автоматизації процесів та об'єктів, вивченням систем за допомогою здійснення імітаційного процесу, що був сприятливішим для проведення досліджень. В Україні початок системних досліджень проблем математичного моделювання в енергетиці пов'язано зі створенням відділу математичного моделювання Обчислювального центру АН УРСР та Сектору електроніки й моделювання в Інституті електродинаміки АН УРСР.

Висвітлення проблеми розвитку напрямку математичного моделювання в енергетиці можна знайти в узагальнювальних працях з історії розвитку Національної Академії наук України, зокрема Інституту електродинаміки та Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є.Пухова [1–3]. Грунтовне дослідження наукової діяльності Г.Є. Пухова здійснила С.А. Хорошева [4]. Аналіз останніх досліджень і публікацій [5] свідчить про те, що ще існують недостатньо повно розкриті аспекти історії розвитку напрямку математичного

моделювання в енергетиці в Україні, а також не оприлюднені джерела, які стосуються діяльності академіка Г.Є. Пухова та створеної ним наукової школи.

Мета статті: на основі опрацювання наукової літератури та залучення матеріалів архівів встановити основні етапи формування та розвитку напряму математичного моделювання енергетичних об'єктів і систем в Україні, а також розкрити результати наукового доробку академіка Г.Є. Пухова та його наукової школи.

Перші фундаментальні дослідження методів і засобів моделювання й подібності, які отримали світове визнання, припадають на першу половину ХХ ст. і належать академікам М. В. Кирпичову, Л. І. Седову, М. М. Павловському, С. О. Лебедеву. Зокрема, теорія моделювання, розроблена М. В. Кирпичовим, застосовувалася в теплотехніці, електротехніці, хімії. Методи моделювання вивчали й досліджували наукові колективи Інституту проблем керування та Інституту кібернетики АН СРСР, Московського та Сибірського енергетичних інститутів, Таганрозького радіотехнічного інституту тощо. Потрібно згадати, що перша наукова робота в галузі моделювання і подібності належить професору П.П. Копняєву. Результати дослідження були надрукована ще в 1898 р. і заклала наукові основи методу аналогії в електротехніці.

В Україні напрям електронного моделювання започаткували ще в середині ХХ ст. Професор В.Є. Дьяченко з 1946 р. працював над фізико-технічними методами обчислювальної математики, конструкціями обчислювальних приладів. Під його керівництвом в Києві розроблено перший сітковий електроінтегратор для вирішення диференціальних рівнянь еліптичного типу. В.Є. Дьяченко ініціював створення в Київському університеті лабораторії електромоделювання й обчислювальної математики. Член-кореспондент АН УРСР П.Ф. Фільчаков в Інституті математики АН УРСР розробляв методи моделювання плоских статичних полів на електропровідному папері. Створено інтегратори нового типу й вирішено клас завдань з теорії квазіконформних відображень, а також їхнього застосування до завдань фільтрації та розрахунків

гідротехнічних споруд. Зокрема, прилад електрогідродинамічних аналогій для дослідження фільтрації в ґрунтових середовищах [6, арк. 2].

Також напрям електронного моделювання розроблявся вченими окремих галузей науки і техніки. Так, в Інституті гідрології та гідротехніки АН УРСР керівник відділу динаміки пружних систем в рідкому середовищі професор Л.І. Дятловицький запропонував методи побудови електричних моделей для розв'язання бігармонічних рівнянь. Колишній аспірант, учень М.М. Боголюбова, завідувач кафедри обчислювальної математики Київського університету Г.М. Положій з 1954 р. моделював конформні відображення на електропровідному папері. Моделювання динамічних питань стержневих систем розробляв ініціатор створення унікальної науково-дослідної лабораторії динаміки мостів академік М.Г. Бондар. Керівник Дніпропетровського відділення Інституту механіки АН УРСР член-кореспондент В.А. Лазарян вирішував завдання моделюванням перехідних режимів стержневих систем та задач рухомого складу на залізниці. В Інституті геотехнічної механіки АН УРСР член-кореспондент АН УРСР Ф.О. Абрамов працював у галузі електричного моделювання шахтних вентиляційних мереж [7, арк. 2–3; 4].

Тобто наукові роботи в галузі електронного моделювання в науково-дослідних закладах України проводилися лише окремими вченими, однак ці дослідження не були системними. Все це негативно впливало на подальший розвиток цього наукового напрямку в Україні. Між тим, потреба в комплексних дослідженнях проблем теорії і практики моделювання та їхнього взаємозв'язку з теоретичною електротехнікою, інформаційно-вимірювальною технікою, енергетикою, кібернетикою була нагальною для підвищення ефективності науково-дослідних робіт і вирішення складних інженерних завдань.

Чільне місце в розгортанні системних досліджень за цим новим напрямом належало академіку Г.Є. Пухову. Розвиток напрямку, пов'язаного з математичним та електронним моделюванням процесів і систем в енергетиці, розпочатий в лабораторіях Інституту електротехніки та Інституту електродинаміки, призвів до формування наукової школи електронного

моделювання академіка Г.Є. Пухова. Вчений близько 40 років працював в АН УРСР, розробляв і досліджував оригінальні електромоделюючі ланцюги, що дало змогу створити аналогові машини для вирішення різних систем алгебраїчних, диференціальних та інтегральних рівнянь. Плідна діяльність Г.Є. Пухова стала підґрунтям для створення єдиної в Україні спеціалізованої наукової установи з дослідження проблем моделювання в енергетиці – Інституту проблем моделювання в енергетиці АН УРСР [5].

Ще в 1958 р. Г.Є. Пухов очолив відділ математичного моделювання, а потім став заступником директора Інституту кібернетики АН УРСР. Основним напрямом наукової діяльності вченого стали дослідження в галузі теорії електронного моделювання та обчислювальної техніки та їхнього застосування до вирішення завдань автоматизації технічних розрахунків, проектування, моделювання й керування. Вченим проведено велику кількість теоретичних та експериментальних досліджень в галузі обчислювальної техніки та створення методів вирішення різноманітних задач за допомогою математичних машин безперервної дії. У цей період Г.Є. Пуховим розпочато розроблення нового перспективного наукового напрямку, який значно розширював можливості застосування аналогової та гібридної обчислювальної техніки – основи теорії квазіаналогових систем. На основі теорії квазіаналогових моделюючих систем під керівництвом Г.Є. Пухова в Інституті кібернетики АН УРСР розроблено та запроваджено у масове виробництво низку унікальних спеціалізованих обчислювальних машин для застосування в різних сферах. Розвиток напрямку квазіаналогового моделювання дозволив Г.Є. Пухову сформулювати новий принцип побудови гібридних квазіаналогових математичних машин і пристроїв, що отримав назву динамічного моделювання. Застосування методу дозволило створити машини підвищеної надійності з автоматичним включенням вихідної інформації. Г.Є. Пухов запропонував нові оригінальні методи аналізу електричних ланцюгів, які отримали назву – прямі та інтегральні методи. На основі проведених науково-дослідних робіт розроблено

та впроваджено в серійне виробництво математичні обчислювальні машини [8, арк. 52–60].

У 1971 р. відділ математичного моделювання, який очолював Г.Є. Пухов, приєднано до Інституту електродинаміки. Науковці під керівництвом вченого досліджували застосування методів математичного моделювання до завдань автоматичного керування. В Інституті електродинаміки він керував Сектором електроніки та моделювання, до складу якого входили чотири наукові відділи. Керівництво Академії наук УРСР доручило Сектору виконання додаткової науково-дослідної теми «Розроблення швидкодіючих інтегруючих гібридних обчислювальних пристроїв високої точності», що мало важливе наукове та практичне значення. Впровадження автоматизованих систем керування на базі широкого використання економічно-математичних методів і засобів обчислювальної техніки передбачалося в різних галузях промисловості, зокрема нафтовій, газовій, оборонній, а також в енергетиці. Розвиток теорії квазіаналогового моделювання сприяв створенню нового наукового напрямку – розрядно-аналогового моделювання [9, арк. 1].

Отже, наприкінці 1970-х рр. Г.Є. Пуховим створено сприятливі умови для організації окремого наукового спеціалізованого закладу в системі АН УРСР. Вченим заснована наукова школа в галузі спеціалізованих математичних машин і теорії електронних ланцюгів. Кандидатські і докторські дисертації під його керівництвом захистили понад 100 здобувачів та аспірантів. Значним є науковий доробок Г.Є. Пухова – це понад 400 наукових праць, серед них монографії та статті, а також підручники, посібники та 130 винаходів. Завдяки новаторським ідеям вченого вдалося сформуванню наукової проблематики новоутвореної установи та започаткувати електронне моделювання як фундаментальний напрям академічної науки [10, арк. 5].

Особливої уваги щодо значущості постаті Г.Є. Пухова у формуванні української наукової школи електронного моделювання заслуговують матеріали листування, що зберігаються в Інституті архівознавства Національної бібліотеки України ім. В.І. Вернадського НАН України. Ці документи

підтверджують необхідність і вагомість започаткованих Г.Є. Пуховим теоретичних семінарів. Цей тип творчої співпраці науковців мав ключове значення у формуванні наукової школи академіка Г.Є. Пухова та розширення напрямів наукових досліджень. До семінарів, окрім молодих науковців, залучалися відомі фахівці в галузі кібернетики, обчислювальної техніки, автоматичного керування. Доповіді провідних учених, присвячені детальному аналізу новітніх тенденцій розвитку електротехніки підкреслили значущість новаторського наукового доробку Г. Є. Пухова. Наприклад, академік С.О. Лебедев вважав, що Г.Є. Пухов запропонував новий напрям у розвитку аналогово-цифрових пристроїв – порозрядне моделювання змінних. Цей метод значно підвищував точність без зменшення швидкодії. Президент АН СРСР академік Г.І. Марчук зазначав, що проблема швидкодії електронних обчислювальних машин була актуальною, і підтримав розширення науково-дослідної тематики Інституту електродинаміки. Фахівець у галузі автоматичного керування академік Б. М. Петров довів, що розроблені Г. Є. Пуховим високоточні та швидкодіючі пристрої повинні застосовуватися в замкнених системах керування швидкоплинними процесами. Ініціативу Г. Є. Пухова щодо створення надшвидкодіючих засобів обчислювальної техніки підтримав також і директор Інституту проблем керування АН СРСР академік В. О. Трапезніков. Ця висока оцінка провідних вчених переконливо свідчить про вагомість результатів наукових досліджень отриманих Г.Є. Пуховим [11, арк. 1–10].

У 1981 р. Г.Є. Пухов на базі сектору електроніки й моделювання ІЕД АН УРСР ініціював створення нового Інституту проблем моделювання в енергетиці АН УРСР (нині ІПМЕ НАН України ім. Г.Є. Пухова). Впродовж 1981–1988 рр. Г. Є. Пухов обіймав посаду директора інституту. Мета створення наукового закладу – розвиток науково-дослідних робіт у галузі моделювання швидкоплинних процесів в енергетиці. Завдяки високому теоретичному рівню розробок інститут посів провідне місце в галузі методів і засобів електронного та математичного моделювання в енергетиці. До складу інституту входили 11

відділів за різними напрямками електронного моделювання та проблемна лабораторія. Під час організації нової академічної установи було враховано нагальну потребу створення потужної дослідно-виробничої бази. Окрім відділів, структурними підрозділами інституту стали спеціальне конструкторсько-технологічне бюро засобів моделювання з дослідним виробництвом та спеціальне конструкторсько-технологічне бюро у м. Житомир [12, арк. 1].

Плідна науково-дослідна діяльність академіка Г. Є Пухова в попередні роки дала змогу йому не лише створити потужну академічну наукову установу, а й отримати вагомі результати вже в перші роки її існування. Зокрема, розвинуто прикладні напрями теорії диференційних перетворень для використання її в моделюванні електротехнічних та енергетичних об'єктів, розроблено прикладні програми аналізу, спрямовані на реалізацію методів диференційних перетворень, забезпечення високої точності розрахунків і зменшення часу вирішення завдань, порівняно з відомими на той час методами (керівник Г.Є. Пухов, Е.П. Семагіна); розроблено прикладні програми для реалізації низки складних завдань крайових задач поля, в тому числі для розрахункового та експериментального аналізу електромагнітних і теплових процесів в потужних турбогенераторах за умов перенавантаження; обґрунтовано можливості резерву потужності Тираспольської ГЕС (А.Е. Степанов, Б.Г. Бладзевич); запропоновано методи фрагментарного моделювання інформаційних мереж великого обсягу, орієнтовані на реалізацію спеціального обчислювача (В.В. Васільєв, Л.І. Левіна); впроваджено електронну модель процесу зварювання та створено експериментальний макет тренажеру для навчання (В.В. Васільєв, А.І. Баранов, С.Н. Даніляк); завершено промислове впровадження обчислювальної системи для вирішення завдань диспетчерського керування; створено технічну документацію блоку багатопроцесорної обчислювальної машини для розрахунків трубопровідних систем енергетики (М.Н. Кулик); розроблено першу чергу автоматизованої системи проектування програмних і структурних моделей тренажерів для

навчання (В.Д. Самойлов); запропоновано оптико-запам'ятовувальні пристрої ємністю 1010 біт (В. В. Петров) [13, арк. 51–68].

Визначальною ознакою діяльності наукового колективу ІПМЕ стала велика кількість впроваджень у різні сфери народного господарства. Зокрема, серія гібридних ЕОМ знайшла застосування в науково-дослідних установах для виконання інженерних розрахунків, що охоплювали питання нелінійного програмування та реалізації низки сумісних проектів.

Унікальною розробкою інституту стало створення систем структурних тренажерних комплексів для навчання. Розвиток науки і техніки висунув нові вимоги до системи підготовки технічного персоналу. Автоматизація процесів та застосування обчислювальної техніки зумовили пошук нових підходів до підвищення кваліфікації працівників. Розроблено також тренажерні комплекси для моделювання процесів зварювання, навчання основам роботи на верстатах з числовим програмним керуванням для операторів електростанцій і атомних станцій. Уперше в СРСР створено навчально-тренажерний центр Тираспольської електростанції. На базі центру відбувалося навчання та підвищення кваліфікації операторів електростанцій не лише з СРСР, а також із Індії, Пакистану, Алжиру. Під керівництвом Г.Є Пухова створено Регіональну систему навчання і тренажеру України, де розроблялося програмне забезпечення тренажерів; навчання оперативно-диспетчерського персоналу енергосистем, атомних та теплових електростанцій. Важливою була також і плідна методична робота зі створення стандартів та рекомендацій для організації процесів навчання. Зокрема, створено діалогову систему підготовки технічного персоналу, що дозволяло проводити контроль теоретичних знань і практичних навичок керування та прийняття рішень. Результатом багаторічної роботи інституту стало створення унікального експериментального підприємства тренажерних і навчальних систем [14, арк. 6; 15, арк. 20].

Широке застосування методів та засобів моделювання дало змогу значно зменшити термін і вартість створення нових енергетичних проектів, аерокосмічних систем, забезпечити оптимальне керування швидкоплинними

процесами на основі випереджального експерименту на моделі. Держдоговірна тематика проводилася на замовлення Міністерства енергетики та електрифікації, нафтової промисловості, житлового і комунального господарства, геології, сільського господарства, вищої, середньої та спеціальної освіти, газової промисловості, рибного господарства, гідрометеорології та контролю природного середовища. Також виконувалася спеціальна тематика. Наприклад, у 1986 р. держдоговірна тематика складалася з 70 тем з кошторисом понад 25 млн. крб., з них понад 18 млн. крб. – за спеціальними темами [16, арк. 52–54].

Вже за 5 років після створення, у 1986 р., в інституті функціонувало 20 відділів та 14 лабораторій. Плідна наукова робота сприяла створенню нових відділів: оптико-механічних запам'ятовувальних пристроїв з лабораторією матзабезпечення, відділ оптоелектронних систем, оптичних носіїв інформації, моделювання завдань екології, системних досліджень в енергетиці, високотемпературних перетворювань енергії. Значну виробничу діяльність проводили науковці СКТБ з дослідним виробництвом. Це розроблення та конструювання експериментальних зразків оптико-механічних запам'ятовувальних пристроїв, створення системно-технічних засобів моделювання енергетичних систем, розроблення спеціалізованих обчислювальних пристроїв і програмного забезпечення, проектування імітаційних і навчальних систем в енергетиці [16, арк. 51–66, 88–90].

У 1987 р. на базі 5-ти відділів ІПМЕ організовано нову установу – Інститут проблем реєстрації інформації Академії наук УРСР. Створення цього академічного закладу стало необхідним для організації робіт у галузі оптичних накопичувачів інформації [17, арк. 5–16]. У 1988 р. зі складу ІПМЕ виокремився ще один науковий заклад. На основі підрозділів Інституту проблем моделювання в енергетиці, системних досліджень в енергетиці та високотемпературних перетворювань енергії, відділів Інституту технічної теплофізики академії наук УРСР створено новий Інститут проблем енергозбереження зі спеціальним конструкторсько-технологічним бюро та

експериментальним виробництвом, реорганізований у 1997 р. в Інститут загальної енергетики НАН України [18, арк. 3–4].

Подальші дослідження наукового колективу Інституту проблем моделювання в енергетиці у зв'язку з розширенням тематики наукових досліджень дещо переорієнтовувалися, враховуючи нові тенденції розвитку електротехнічного напрямку. Особливо ефективними виявилися дослідження фундаментальних проблем електроенергетики та теоретичної електротехніки в галузі аналізу й синтезу складних електричних ланцюгів і систем, дослідження швидкоплинних процесів в енергетиці й транспорті, розроблення для цього методів аналогових і гібридних обчислень, проблемно-орієнтованих моделюючих систем, розроблення методів і застосування засобів обчислювальної техніки в енергетиці та різних сферах народного господарства [19, арк. 3–4, 17].

Таким чином, дослідження в галузі моделювання енергетичних об'єктів і систем розпочалися в науково-дослідних установах Академії наук і вищих навчальних закладах України. Однак цей рівень набув системності під керівництвом академіка Г.Є. Пухова. До досліджень у галузі моделювання енергетичних об'єктів і систем учений залучив своїх учнів. Створена ним наукова школа здійснювала інноваційні дослідження та стала базою окремого інституту в системі Академії наук України – Інституту моделювання проблем в енергетиці, який сьогодні названий його іменем. Завдяки плідній діяльності академіка Г.Є. Пухова та колективу інституту, який він очолював, створено новий напрям наукових досліджень в Україні. Досягнення вчених Інституту моделювання проблем в енергетиці ім. Г.Є. Пухова сприяло розгортанню мережі академічних установ в Україні за новими напрямками наукових досліджень. Характерною ознакою наукового доробку вчених ІПМЕ та особисто академіка Г.Є. Пухова стало органічне поєднання теоретичних та прикладних досліджень. Отже, науковий доробок академіка Г.Є. Пухова та його наукової школи за напрямом математичного моделювання енергетичних

об'єктів і систем дійсно є важливим досягненням в історії української науки і техніки другої половини ХХ ст.

Список використаних джерел

1. Кульчицький С., Павленко Ю., Руда С., Храмов Ю. Історія Національної академії наук України в суспільно-політичному контексті 1918–1998. Київ, 2000. 528 с.
2. Національна академія наук України. 1918–2008 : до 90-річчя від дня заснування / голов. ред. Б. Є. Патон. Київ, 2008. 624 с.
3. Стогній Б. С. Відділення фізико-технічних проблем енергетики Національної академії наук України. *Вісник НАН України*. Київ, 2013. № 11. С. 49–56.
4. Хорошева С. А. Наукова школа Г. Є. Пухова в галузі математичного моделювання. *Наука та наукознавство*. Київ, 2007. № 4. С. 189–202.
5. Склярів В. Ф. Пухову Г. Е. – Человеку и институту. *Электронное моделирование*. Київ, 2016. № 4. С. 9–12.
6. Работы украинских ученых в области электронного моделирования, 1961 г. // Науково-технічний архів Інституту проблем моделювання в енергетиці ім. Г.Є. Пухова НАН України (НТА ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України). Ф. 1-ос. Оп. 1. Спр. 256. Арк. 5.
7. Отчет внедрении новой техники и экономическом эффекте, 1964 г. // НТА ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф.1. Оп. 1. Спр. 13. Арк. 66.
8. Особова справа Г. Є. Пухова // Архів Президії НАН України. Ф. 251. Оп. 632. Спр. 21. Арк. 108.
9. Довідка про використання та впровадження в практику розробок акад. Пухова Г.Є. для оперативного введення графічної інформації в ЕОМ // НТА ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф. 1-ос. Оп. 1. Спр. 260. Арк. 1.
10. Список кандидатов технических наук, защитивших кандидатские диссертации под руководством Г. Е. Пухова с 1952 г. // Архів кімнати-музею Г.Є. Пухова ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Спр. 254. Арк. 4–15.
11. Академик АН УССР Г.Е. Пухов (к 75-летию) // ІАНБУ ім. В.І. Вернадського НАН України. Ф. 152. Оп. 1. Спр. 91. Арк. 2.
12. Документи про створення інституту // Архів кімнати-музею Г.Є. Пухова ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Спр. 2. Арк. 1.
13. Отчет внедрении новой техники и экономическом эффекте, 1982 г. // НТА ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф. 1. Оп. 1. Спр. 42. Арк. 187.
14. Отчет о научно-организационной деятельности института, 1982 г. // НТА ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф. 1. Оп. 1. Спр. 27. Арк. 117.
15. Отчет внедрении новой техники и экономическом эффекте, 1984 г. // НТА ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф. 1. Оп. 1. Спр. 93. Арк. 131.
16. Отчет о научно-организационной деятельности института за 1986 г. // НТА ІПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф. 1. Оп. 1. Спр. 127. Арк. 92.

17. Отчет о научно-организационной деятельности института, 1987 г. // НТА ИПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф. 1. Оп. 1. Спр. 159. Арк. 44.
18. Отчет о научно-организационной деятельности института, 1989 г. // НТА ИПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф.1. Оп. 1. Спр. 185. Арк. 44.
19. Звіт з науково-дослідної діяльності інституту, 1991 р. // НТА ИПМЕ ім. Г.Є. Пухова НАН України. Ф. 1. Оп. 1. Спр. 197. Арк. 60.

References

1. Kul`chy`cz`ky`j, S., Pavlenko Yu., Ruda S. and Xramov, Yu. (2000). *Istoriya Nacional`noyi akademiyi nauk Ukrayiny` v suspil`no-polity`chnomu konteksti 1918–1998* [History of the National Academy of Sciences of Ukraine in the socio-political context 1918–1998]. Kyiv. 528. [in Ukrainian].
2. Paton, B. Ye. ed. (2008). *Nacional`na akademiya nauk Ukrayiny`. 1918–2008: do 90-richchya vid dnya zasnuvannya* [National Academy of Sciences of Ukraine. 1918–2008 : 90th anniversary from the day of foundation]. Kyiv. 624. [in Ukrainian].
3. Stognij, B. S. (2013). *Viddilennya fizy`ko-texnichny`x problem energety`ky` Nacional`noyi akademiyi nauk Ukrayiny* [Department of Physical and Technical Problems of Energy of the National Academy of Sciences of Ukraine]. *Visny`k NAN Ukrayiny* [Bulletin of the National Academy of Sciences of Ukraine]. Kyiv. 11, 49–56. [in Ukrainian].
4. Xorosheva, S. A. (2007). *Naukova shkola G.Ye.Puxova v galuzi matematy`chnogo modelyuvannya* [Scientific school G. E. Pukhov in the field of mathematical modeling]. *Nauka ta naukoznavstvo* [Science and science of science]. Kyiv. 4, 189–202. [in Ukrainian].
5. Sklyarov, V. F. (2016). *Puxovu G.E. – Cheloveku y` y`nsty`tutu* [Puhov G. E. – to the person and the institute]. *Elektronnoe modely`rovany`e* [Electronic modeling]. Kyiv. 4, 9–12. [in Russian].
6. (1961). *Raboty ukray`nsky`x uchenykh v oblasti` elektronnoho modely`rovany`ya* [The work of Ukrainian scientists in the field of electronic modeling]. *Naukovo-texnichny`j arxiv Insty`tutu problem modelyuvannya v energety`ci im. G. Ye. Puxova NAN Ukrayiny` (NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny)*. F. 1-os, op. 1, spr. 256, ark. 5. [in Russian].
7. (1964). *Отчет vnedreny`y` novoj texny`ky` y` ekonomy`cheskom effekte*. [Report on the introduction of new technology and economic effect]. NTA IPME im. G. Ye. Puxova NAN Ukrayiny. F. 1, op. 1, spr. 13, ark. 66. [in Russian].
8. *Osoby`sta sprava G.Ye. Puxova*. [Personal case G. E. Puff]. *Axiv Prezy`diyi NAN Ukrayiny*. F. 251, op. 632, spr. 21, ark. 108. [in Ukrainian].
9. *Dovidka pro vy`kory`stannya ta vprovadzhennya v prakty`ku rozrobok akad. Puxova G.Ye. dlya operaty`vnogo vvedennya grafichnoyi informaciyi v EOM*. [Reference on the use and introduction into practice of development of acad. Puhov G.Ye. for operative input of graphic information in the computer]. NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny. F. 1-os, op. 1, spr. 260, ark. 1. [in Ukrainian].

10. *Cpy`sok kandy`datov texny`chesky`x nauk, zashhy`ty`vshy`x kandy`datsky`e dy`sertacy`y` pod rukovodstvom G.E. Puxova s 1952 g.* [List of candidates for technical sciences, who defended the candidate's dissertations under the guidance of G. E. Puhovy since 1952]. Arxiv kimnaty-muzeyu G.Ye. Puxova IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny. Spr. 254, ark. 4–15. [in Russian].

11. *Akademy`k AN USSR G. E. Puxov (k 75-lety`yu)* [Academician of the Academy of Sciences of the Ukrainian SSR G. Ye. Pukhov (on the occasion of his 75th birthday)]. Insty`tut arxivoznavstva nacional`noyi biblioteky` Ukrayiny` im. V.I. Vernads`kogo NAN Ukrayiny. F. 152, op. 1, spr. 91, ark. 2. [in Russian].

12. *Dokumenty` pro stvorenniya insty`tutu* [Documents on the establishment of the institute]. Arxiv kimnaty-muzeyu G. Ye. Puxova IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny. Spr. 2, ark. 1. [in Ukrainian].

13. (1982). *Otchet vnedreny`y` novoj texny`ky` y` ekonomy`cheskom` effekte.* [Report on the introduction of new technology and economic effect]. *NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny.* [NTA IPME them. G. E. Puhov NAS of Ukraine]. F. 1. Op. 1. Spr. 42. Ark. 187. [in Russian].

14. (1982). *Otchet o nauchno-organy`zacy`onnoj deyatel`nosty` y`nsty`tuta NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny* [Report on the scientific and organizational activities of the institute]. NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny. F. 1, op. 1, spr. 27, ark. 117. [in Russian].

15. (1984). *Otchet vnedreny`y` novoj texny`ky` y` ekonomy`cheskom` effekte.* [Report on the introduction of new technology and economic effect]. NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny. F. 1, op. 1, spr. 93, ark. 131. [in Russian].

16. (1986). *Otchet o nauchno-organy`zacy`onnoj deyatel`nosty` y`nsty`tuta NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny.* [Report on the scientific and organizational activities of the institute]. NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny. F. 1, op. 1, spr. 127, ark. 92. [in Russian].

17. (1987). *Otchet o nauchno-organy`zacy`onnoj deyatel`nosty` y`nsty`tuta NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny* [Report on the scientific and organizational activities of the institute]. NTA IPME im. G. Ye. Puxova NAN Ukrayiny. F. 1, op. 1, spr. 159, ark. 44. [in Russian].

18. (1989). *Otchet o nauchno-organy`zacy`onnoj deyatel`nosty` y`nsty`tuta NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny* [Report on the scientific and organizational activities of the institute]. NTA IPME im. G. Ye. Puxova NAN Ukrayiny. F. 1, op. 1, spr. 145, ark. 44. [in Russian].

19. (1991). *Zvit z naukovo-doslidnoyi diyal`nosti insty`tutu* [Report on research activities of the Institute]. NTA IPME im. G.Ye. Puxova NAN Ukrayiny. F. 1, op. 1, spr. 197, ark. 60. [in Ukrainian].

Рецензент:

Кучер В.І., д.і.н., проф.

Надійшла до редакції 18.09.2017 р.