

В. П. Герасименко**В. М. ЄРШОВ – зразковий приклад для наслідування,
– особистість, яка заслуговує виняткової поваги,
– Людина з великої літери**

У цьому році виповнюється 100 років із дня народження Володимира Миколайовича Єршова – видатного вченого, – засновника декількох наукових шкіл; – учителя, який навчав і прищеплював знання тисячам фахівців у галузях енергетики і газотурбобудування, реактивного авіадвигунобудування та автономного енергоживлення космічної техніки; – педагога, що виховував власним прикладом.

Він – заслужений працівник вищої освіти України, доктор технічних наук, професор, – один із учнів академіка Г. Ф. Проскури, чим завжди пишався і намагався успадкувати досвід, кращі риси характеру та морально-етичні якості

свого вчителя. Так у своїх спогадах до 100 річниці Г. Ф. Проскури 1976 р. він писав: «Георгій Федорович – невичерпне джерело нових ідей і задумів, ... ділився своїми думками з молодими працівниками і при цьому був педантичним у питаннях наукової етики... – не вважав себе автором всіх робіт, виконаних під його керівництвом, ... був доброю і чуйною людиною...». Звідси стає зрозумілим чому серед прізвищ тих, хто виконував кандидатські дисертації під науковим керівництвом Г. Ф. Проскури, відсутнє прізвище В. М. Єршова, який розпочинав аспірантуру першого року навчання перед війною 1941-45 р.р., а повернувшись із фронту пред'явив рукопис виконаної практично самостійно дисертації. Висловивши деякі зауваження щодо можливого її поліпшення Георгій Федорович порекомендував її захищати у пред'явленому вигляді.

Їхня більш тісна співпраця розпочалася у 1947 році, коли Г. Ф. Проскурі було доручено очолити новостворену в ХАІ спеціальну кафедру (реактивних двигунів), а до складу

молодих її викладачів залучено В. М. Єршова. І уже у наступному 1948/49 навчальному році розпочав вперше читати курс «Основи теорії реактивних двигунів» більш досвідчений у реактивному русі Л. Н. Піротті – представник Харківської Групи вивчення реактивного руху (ГИРД) у період 1929-41 р.р. (що при ХАІ організована у 1937 році також під керівництвом Г. Ф. Проскура і відзначена як початок ракетно-космічної тематики). На першу пробну лекцію крім студентів прийшли також Г. Ф. Проскура для попереднього прослуховування і В. М. Єршов. Відсутність на той час будь-яких підручників з дисципліни та відчуття у студентів переваг реактивної авіації над поршневою у швидкості польоту та висотності були основними складнощами у підготовці до лекцій, незважаючи на наявність окремих хоча й скупих відомостей про практичні успіхи у реактивній авіації деяких країн (Німеччини та Англії), а також отриманих ще у 1936 р. в лабораторії авіаційних двигунів ХАІ молодим інженером А. М. Люлькою під наглядом В. Т. Цветкова і Г. Ф. Проскура. А саме про термодинамічно обґрунтований несподіваний висновок щодо недоцільності спроб застосування парової установки у якості авіаційного двигуна та використання запропонованого ним проекту турбореактивного двигуна (ТРД), здатного вдвоє перевищити швидкість польоту літаків того часу з поршневими двигунами. А уже у 1947 р. літак Су-11 з ТРД «ТР-1» А. М. Люльки здійснив перший політ з подвійною швидкістю. З цього часу розпочалося стрімке впровадження газотурбінних двигунів (ГТД) у авіації замість поршневих, що збіглося зі створенням кафедри реактивних двигунів та відкриттям відповідної спеціальності з підготовки інженерних кадрів у ХАІ.

До 1952 року практично завершено формування у ХАІ спеціальності, лабораторно-матеріальної бази та навчальних посібників з теорії і конструкції ГТД. У цьому році Г. Ф. Проскура залишив завідування кафедрою, а виконуючим обов'язки завідуючого кафедрою було призначено одного із його учнів – к.т.н., доцента (з 1961 р. – д.т.н., професора) О. І. Борисенка з одночасною зміною її назви на кафедру спецмашин (авіаційних лопатних машин і прикладної газодинаміки), яку з 1967 року перейменовано у кафедру газотермодинаміки і реактивних двигунів (ГТД і РД), де організаційно в підрозділі ГТД наукове керівництво здійснював завідуючий кафедрою, а в підрозділі РД – д.т.н., професор В. М. Єршов. По цим підрозділам відповідно розподілялися в основному і навчальні дисципліни та викладачі кафедри, що за ними закріплені. А саме до підрозділу РД відносилися дисципліни теорії та випробування повітряно-реактивних двигунів і лопатних машин. На цей час кафедра виросла у великий колектив, що складався із 22 викладачів і 150 співробітників декількох наукових і учбових лабораторій. Зокрема до підрозділу РД входили створена у 1957 р. за сприянням генерального конструктора А. М. Люльки лабораторія Міністерства авіаційної промисловості СРСР, а у 1971 р. заснована В. М. Єршовим і його учнем М. В. Біланом лабораторія нової техніки з унікальним обладнанням для дослідження електроракетних двигунів і космічних енергоустановок, чим започатковано нову наукову школу, що у подальшому сприяло відкриттю відповідних спеціальностей з підготовки інженерних кадрів та організації факультету ракетно-космічної техніки. Таким чином у 1977 р. із кафедри ГТД і РД утворено три кафедри: «Теорії повітряно-реактивних двигу-

нів», очолювану В. М. Єршовим (нині «Теорії авіаційних двигунів»), «Теплофізичних основ двигунобудування», очолювану О. І. Борисенком і спецфізики (Космічної енергетики і електроракетних двигунів), яку очолив М. В. Білан.

Інтенсивний розвиток й впровадження газотурбінних двигунів у авіацію в повоєнні роки привернув увагу до деяких значущих проблем, серед яких одна із першочергових – необхідність забезпечення газодинамічної стійкості, а отже і надійності експлуатації. Ця проблема не залишилася непомітною для більшості авіадвигунобудівних фірм, а навпаки зріс до неї інтерес, про що наприклад засвідчує значне збільшення публікацій протягом 1953-1960 р.р. Американського об'єднання інженерів-механіків у тому числі матеріали «Symposium on compressor stall, surge and system response. ASME, New York, 1960, 56 p.». А також публікації з цієї проблеми ЦІАМ, ЦАГІ, ЦКТІ, Академії ім. М. Є. Жуковського та ім. академіка О. М. Крилова, МГТУ ім. Баумана, МЕІ. В ХАІ засновником єдиної в Україні, однієї з перших у світі наукової школи з проблем газодинамічної нестійкості турбомашин і ГТД, що знайшла світове визнання, став В. М. Єршов. Саме помпаж і обертовий зрив, як основні явища, що визначали газодинамічну нестійкість ТРД, вимагали поглиблення досліджень з метою розробки заходів щодо їх запобігання. Але якщо помпаж, як явище був відомий згідно публікаціям з 1929 р. у шахтних вентиляторах, то обертовий зрив виявився порівняно новим, про який було повідомлено L. J. Chesire лише у 1945 р. в Англії, що обертовий зрив вперше спостерігався у 1938 р. групою дослідників «Whittle» у відцентровому компресорі ТРД. А лише значно пізніше у 1970 р. появився образний (спрощений) опис відмінностей помпажу у ТРД від обертового зриву: «У компресорі зрив потоку може спостерігатися протягом частини часу на усіх лопатках або протягом усього часу на частині лопаток». Але більш вагома відмінність помпажу від обертового зриву полягає у його перевазі при відновленні стійкої роботи авіаційного ГТД. За такої скупі інформації про нові явища звичайно у дослідників виникає більше запитань ніж знаходиться відповідей. Але відчуття нового у В. М. Єршова, як і у його учителя, мабуть що надихнуло покликком у вирішенні відповідальної проблеми у авіадвигунобудуванні. В умовах відсутності експериментальної бази і кваліфікованих фахівців можна було розраховувати лише на власні можливості та студентів-старшокурсників з творчими здібностями. Саме з такими поталанило зустрітися у студентській аудиторії, серед яких були Г. В. Павленко і М. В. Білан (у подальшому аспіранти). До них також приєдналися студент-вечірник лаборант кафедри Ю. Г. Миколаєнко, аспіранти з Китаю і аспірант ХАІ останнього року навчання – А. М. Аніютін, який завершував дисертаційну роботу під науковим керівництвом Г. Ф. Проскури та В. М. Єршова і захистив її у 1961 році, звичайно не маючи можливості кардинально змінити напрям своїх досліджень, хоча встиг до захисту опублікувати статтю з Володимиром Миколайовичем зі впливу радіального зазору на границю стійкої роботи ступеня осьового компресора відповідно темі дисертації, що стала однією із перших у зазначеній школі з газодинамічної нестійкості ГТД.

Незважаючи на малочисельність групи з обмеженими можливостями теоретичної і практичної підготовки дослідників-аеродинаміків за відсутності фінансування та матеріа-

льно-технічного забезпечення в умовах не лише скупості інформації про зазначені явища але і за порівняно поверхневого теоретичного висвітлення робочих процесів в турбомашинах ГТД у підручниках з повною відсутністю питань нестійких їх режимів роботи були отримані за короткі терміни значні успіхи у дослідженні обертового зриву в осьових компресорах. Поряд з цікавими експериментальними результатами для розрахунково-теоретичних досліджень запропоновано принципово новий феноменологічний підхід на відміну від використання звичайних методів розв'язання аеродинамічних задач у вигляді диференціальних рівнянь руху. Цей підхід полягав у інтегральній постановці задачі на основі варіаційних принципів нерівноважної термодинаміки. Зокрема у 1959 році В. М. Єршов опублікував варіаційний принцип «максимуму потоку механічної енергії» у ізопериметричній формі на умовний екстремум з його застосуванням у розрахунках осьових турбомашин. Постановка задач в варіаційній формі замість диференціальних рівнянь дозволяє пошук розв'язку за допомогою методів варіаційних обчислень. А відмінні особливості формулювання задач як варіаційних принципів полягають у тому, що ці принципи завжди містять у собі положення системи в цілому разом з граничними умовами.

Вперше у створенні теорії незворотніх процесів нерівноважної термодинаміки в 1931 році Ларс Онзагер сформулював принцип «найменшого розсіювання енергії», окремий випадок якого являв собою узагальнення рівнянь тепломасопереносу типу Фур'є, лінеаризованих для опису незворотніх процесів. Пізніше у 1954 році представник голландсько-бельгійської школи термодинаміків І. Пригожин запропонував більш загальний принцип «найменшого виникнення ентропії», який виявився зручнішим для розв'язання практичних задач. Потім у 1958 році засновник Угорської школи фізиків І. Д'ярматі у своїй дисертації запропонував узагальнений інтегральний варіаційний принцип нерівноважної термодинаміки, що поєднав у собі принципи Онзагера і Пригожина у квазілінійній постановці. Подальші його дослідження та учнів його школи дозволили отримати рівняння пуху у формі Нав'є-Стокса з урахуванням вихорної в'язкості, а також підтвердили можливість отримати рівняння Рейнольдса для турбулентної течії.

Таким чином загальний інтегральний варіаційний принцип І. Д'ярматі, із якого випливають рівняння руху у формі Нав'є-Стокса та Рейнольдса, чим підтверджується по суті еквівалентність (альтернативність) інтегральної і диференціальної постановки аеродинамічних задач у дослідженні обертового зриву, а отже не викликає сумніву у його об'єктивності при застосуванні для опису явищ у середовищах із дисипацією енергії.

Перший етап досліджень обертового зриву в осьових компресорах у започаткованій школі ХАІ В. М. Єршовим був завершений захистом ним докторської дисертації та біля 10-ти (із 30-ти) кандидатських дисертацій його учнями, результати досліджень яких увійшли до монографії В. М. Єршова «Неустойчивые режимы турбомашин. Вращающийся срыв», рідкісного видання 1966 р. з обмеженим тиражем, а уже у 1971 р. перекладеної англійською мовою і виданої військово-повітряними силами США під рубрикою «Закордонні технології». Теоретичні і експериментальні дослідження у монографії обмежувалися двовимірною постановкою для осьових решіток компресорних профілів і ступенів з вели-

ким відносним діаметром втулки. Задовільний збіг результатів цих досліджень слугував загальною позитивною оцінкою. Незважаючи на світове визнання отриманих результатів у ХАІ, згідно посилань на переклад монографії англомовних дослідників обертового зриву, деякий час продовжувалися дискусії у ЦІАМ відносно обґрунтування принципу «максимуму потоку механічної енергії», хоча деякі представники цієї школи з газодинамічної нестійкості турбомашин пояснювали умови виникнення обертового зриву у компресорах покладаючись на енергетичне підґрунтя виникнення ентропії, що є окремим випадком інтегрального принципу нерівноважної термодинаміки І. Д'ярматі.

Доречно згадати про дослідження 1952-1962 р.р. швейцарського ученого Г. Циглера щодо спроби дати завершене формулювання феноменологічного підходу та обґрунтування принципів термодинаміки незворотніх процесів для опису явищ з дисипацією енергії, які відтворюють одні і ті ж фундаментальні закони термодинаміки, але є зручнішими у формулюванні принципів для розв'язання практичних задач. З огляду на появу перекладів праць І. Пригожина, Г. Циглера та І. Д'ярматі російською мовою після видання монографії В. М. Єршова були подовжені додаткові дослідження в ХАІ обертового зриву у тривимірній постановці задачі в ступенях осьового компресора з малим відносним діаметром втулки та двоконтурного вентилятора з теоретичним обґрунтуванням принципу «максимуму потоку механічної енергії» за допомогою методу Ейлера варіаційного обчислення з експериментальним підтвердженням. Експертна перевірка цих досліджень в ЦІАМ підтвердила придатність розрахункових методик визначення параметрів обертового зриву на основі варіаційного принципу В. М. Єршова як окремого випадку принципу І. Д'ярматі.

Висвітлений науковий внесок В. М. Єршова у вирішення проблеми з газодинамічної нестійкості турбомашин, з одного боку як складової багатогранної його діяльності викладача у системі навчально-виховного процесу підготовки інженерних кадрів – фахівців зі створення авіаційної техніки, а з іншого боку як ученого, внесок якого сприяє підвищенню надійності такої техніки, дозволяє відчувати велику відповідальність цієї діяльності особливо у теперішній час на Україні, де є передумови для створення сучасної конкурентноспроможної авіаційної техніки завдяки наявності навчально-методичної, матеріально-технічної, лабораторно-виробничої бази ХАІ, як Єдиного спеціального навчального закладу. Закладу, де В. М. Єршов як керівник – завідуючий провідною кафедрою був взірцем для підлеглих у виконанні своїх обов'язків, виховуючи їх власним прикладом. Користуючись заслуженим авторитетом і великою повагою серед співробітників інституту і у студентському середовищі, а також у колективах споріднених організацій поза ХАІ, де йому приходилось співпрацювати, він був завжди не просто Людиною з великої літери, а – Порядною Людиною.

Герасименко Володимир Петрович – д-р техн. наук,
проф. Національного аерокосмічного університету ім. М. Є. Жуковського "ХАІ"