

ШЕРЕМЕТЬЄВ

Олександр Вікторович – кандидат технічних наук, заступник головного конструктора ДП «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» імені академіка О.Г. Івченка»

КРАВЧЕНКО

Ігор Федорович – доктор технічних наук, Генеральний конструктор – директор ДП «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» імені академіка О.Г. Івченка»



Федір Михайлович Муравченко
(1929–2010)

ТВОРЕЦЬ ДВИГУНІВ ВИСОКОЇ НАДІЙНОСТІ І ВЕЛИКОГО РЕСУРСУ

До 90-річчя від дня народження
члена-кореспондента НАН України
Ф.М. Муравченка

Цього року виповнилося 90 років від дня народження відомого вченого в галузі авіаційного двигунобудування, керівника і генерального конструктора ДП «Запорізьке машинобудівне конструкторське бюро «Прогрес» імені академіка О.Г. Івченка», Героя України (2002), заслуженого діяча науки і техніки України (2003), лауреата Державної премії СРСР (1984), Державної премії України в галузі науки і техніки (1994), доктора технічних наук (1991), члена-кореспондента НАН України (2003) Федора Михайловича Муравченка.

Федір Михайлович Муравченко народився 18 березня 1929 р. в с. Запоріжжя-Грудувате Синельниківського району Дніпропетровської області. Будучи восьмим з дев'яти дітей у великій селянській родині, ще підлітком почав працювати в сільській кузні. З авіацією, яка й визначила подальше його життя, Федір Муравченко познайомився в перші повоєнні роки, коли навчався в Дніпропетровській спецшколі військово-повітряних сил. Потім він вступив до Харківського авіаційного інституту, а після його закінчення в 1954 р. розпочав свій професійний шлях у Запорізькому ДКБ заводу № 478, яке спеціалізувалося на розробленні нових та модернізації вже наявних авіаційних двигунів середньої і малої потужності для цивільної авіації (майбутнє ДП «Івченко-Прогрес»). На посаді інженера-конструктора Ф.М. Муравченко з властивою йому енергією і цілеспрямованістю долучився до розроблення газотурбінного двигуна АІ-20.

У 1959 р. Ф.М. Муравченка було призначено начальником конструкторської бригади із запуску двигунів. Під його керівництвом уперше в СРСР замість складної і громіздкої електричної системи запуску газотурбінного двигуна (ГТД) розроблено повітряну систему, яку й донині застосовують на літальних апаратах транспортної та пасажирської авіації для запуску практично всіх ГТД великої і середньої потужності.

Федір Михайлович завжди глибоко аналізував роботу елементів конструкції, вмів знаходити оптимальні та оригінальні рішення, що дозволило помітно підвищити технічний рівень камер згоряння і ще в 1965 р. вперше у світовій практиці двигунобудування досягти ресурсу 4000 годин. Він був одним із перших, хто зрозумів переваги застосування кільцевих камер згоряння. Завдяки створеній ним школі проектування малоємісійних камер згоряння всі двигуни, розроблені на підприємстві після 1965 р., відповідають найжорсткішим світовим екологічним стандартам.

У березні 1965 р. Федора Михайловича було призначено провідним конструктором з керівництва роботами, пов'язаними з наземним застосуванням авіаційних ГТД. За його безпосередньої участі на замовлення Міністерства нафтової і газової промисловості на базі авіаційного турбогвинтового двигуна АІ-24 розроблено двигуни для бурових установок і приводів з інтенсифікації видобутку нафти (АІ-23, АІ-23У, АІ-23СГ), за допомогою яких було розвідано основні родовища нафти і газу в Сибіру. Проведено великий комплекс робіт з переведення живлення ГТД на дизельне паливо і природний газ, зі створення спеціалізованих ГТД для промисловості — парогазогенератора ПГ-4, водогрійної установки 2УВАГ тощо [1].

З 1966 по 1968 р. під керівництвом Ф.М. Муравченка розроблено газотурбінні приводи АІ-20С і АІ-23С-1 для суден на підводних крилах «Буревісник», на повітряній подушці «Сормович» і газотурбохода «Тайфун». Ці судна успішно експлуатувалися на лініях річкового і морського пароплавства. На базі авіаційних турбогвинтових двигунів АІ-20 і АІ-24 створено також приводи для екраноплана СМ-6, газотурбінні установки ГГУ-1000 для переувних електростанцій трубозварювального комплексу «Північ-1» та ін.

У 1967 р. Ф.М. Муравченка було призначено заступником головного конструктора з експериментальних робіт, у 1983 р. — головним конструктором, першим заступником керівника ЗМКБ «Прогрес», у лютому 1989 р. — відповідальним керівником підприємства, а з

травня 1989 р. — Генеральним конструктором ЗМКБ «Прогрес».

Федір Михайлович обґрунтував і втілював у життя концепції створення сімейства турбореактивних двоконтурних двигунів (ТРДД) з великим ступенем двоконтурності, які не мають аналогів у вітчизняному авіадвигунобудуванні, а за деякими показниками — і в світовій практиці. Зокрема, розроблено наукові засади створення двигунів тривальної схеми з установкою кожного ротора на двох опорах; модульної конструкції авіаційних двигунів; високонадійних опор роторів турбін, що працюють в ускладнених умовах; високоефективної системи автоматичного керування на базі всережимних регуляторів і струменевих датчиків; керування процесом доведення двигунів на основі залежності між кількістю дефектів, ресурсом і стендовими напрацюваннями; визначення висотно-швидкісних характеристик на літальній лабораторії.

На основі запропонованих концепцій за безпосередньої участі і під керівництвом Ф.М. Муравченка створено авіаційні двигуни: перший вітчизняний ТРДД з високим ступенем двоконтурності Д-36 (6 модифікацій, що експлуатуються на літаках Ан-72, Ан-74, Ан-74ТК-300, Як-42); найпотужніший вітчизняний двигун Д-18Т для важких транспортних літаків Ан-124 «Руслан» і Ан-225 «Мрія»; найпотужніший у світі турбовальний двигун Д-136 для гелікоптера Мі-26; ТРДД ДВ-2 для чеського навчально-тренувального літака L-59; турбогвинтовий двигун ТВЗ-117ВМА-СБМ1 і допоміжний двигун АІ9-3Б для літака Ан-140; ТРДД Д-436Т1/ТП/148 для літаків Ту-334, Бе-200, Ан-148; ТРДД АІ-222-25 для навчально-бойового літака Як-130. Крім того, ще за життя Федора Михайловича під його керівництвом розпочалося розроблення першого у світі турбогвинтовентиляторного двигуна Д-27 для транспортного літака Ан-70; ТРДД АІ-22 для літака Ту-324; ТРДД АІ-222К-25Ф із форсажною камерою для китайського УТЛ L-15; ТВД АІ-450С-2 для чеського легкого багатоцільового літака EV-55; ТВГТД АІ-450М для гелікоптера Мі-2М; ТРДД Д-18Т 4-ї серії

для літака Ан-124-100; газотурбінного приводу АІ-12.

Цікавими і повчальними є принципи, якими керувався Федір Михайлович, наукові підходи, які він використовував при створенні надійних конкурентоспроможних двигунів розробки ДП «Івченко-Прогрес». На цьому ми зупинимося детальніше.

Концепції створення і доведення сімейства ТРДД з великим ступенем двоконтурності. Базовим двигуном сімейства ТРДД з високим ступенем двоконтурності був двигун Д-36. Ф.М. Муравченко як заступник головного конструктора з цього двигуна формулював концепції і розробляв науково-технічні рішення, визначав шляхи, методи і засоби досягнення поставлених цілей. Серед основних концепцій і конструктивних рішень, реалізація яких привела до створення надійної, економічної та працездатної конструкції сімейства ТРДД з високим ступенем двоконтурності, слід відзначити такі [2]:

1) уперше запропоновано і реалізовано тривальну шестиопорну схему трансмісії ТРДД;

2) розроблено і вперше у вітчизняному двигунобудуванні реалізовано концепцію модульної конструкції двигуна;

3) запропоновано концепцію проектування високотемпературних камер згоряння з поліпшеними енергетичними та екологічними характеристиками з використанням двоконтурного завихрювача і аерофорсунок;

4) уперше запропоновано і на прикладі двигуна Д-18Т експериментально обґрунтовано концепцію зняття висотно-швидкісних і тягово-витратних характеристик сучасних ТРДД з високим ступенем двоконтурності на літальній лабораторії, що не потребує використання дорогих термобарокамер;

5) сформульовано і реалізовано концепцію створення високонадійних опор роторів турбін для підвищених температурних режимів роботи і високих відносних швидкостей ковзання;

6) широко впроваджено в практику систему повітряного запуску на більшості цивільних і військових ГТД розробки ДП «Івченко-Прогрес»;

7) створено модифікації різних типів двигуна на базі серійного газогенератора: турбовальних двигунів (Д-136), промислових газотурбінних приводів (Д/АІ-336), ТРДД з форсажною камерою згоряння (АІ-322Ф) та ін.

Удосконалення методології встановлення і збільшення ресурсів двигунів. Спираючись на великий обсяг проведених еквівалентно-циклічних та спеціальних випробувань, Федір Михайлович дійшов висновку про непридатність усталеної в 1980-х роках практики робіт зі встановлення та збільшення ресурсів авіаційних ГТД. Порівняння даних випробувань вітчизняних і зарубіжних двигунів засвідчило, що в іноземних фірмах напрацювання двигунів на стендах становило 50–80% (або й менше) від величини встановлених ресурсів. У нас, за чинною тоді методологією, на кожну годину збільшення ресурсу потрібне було напрацювання на стендах 4–6 годин, а реально стендові напрацювання були ще вищими.

Тому Федір Михайлович справедливо вважав, що відповідне «Положення про встановлення і збільшення ресурсів ...» слід переробити.

По-перше, оскільки конструктивні недоліки двигуна насамперед проявляються при проведенні еквівалентно-циклічних випробувань саме деталей, а не двигуна в цілому, то для скорочення часу слід виключити проведення обов'язкового комплексу випробувань двигуна.

По-друге, ресурсні випробування при впровадженні поліпшувальних заходів слід здійснювати з урахуванням виконаного обсягу перевірок прототипів і нових методів розрахунку.

По-третє, регламент міжремонтного ресурсу стримує ефективність експлуатації двигунів, оскільки двигуни навіть у хорошому стані примусово мають повертатися в ремонт.

І нарешті, ресурс потрібно встановлювати за основними деталями і визначати незалежно від того, чи розбирали двигун у процесі випробувань чи ні, чи проходили деталі циклічні випробування на одному або на кількох двигунах.

Поява у вітчизняних нормативних документах розділів про експлуатацію авіаційних ГТД

за технічним станом, введення другої і третьої стратегій управління ресурсами були ініційовані Ф.М. Муравченком і підтримані фахівцями та провідними працівниками галузі. Ідеї Федора Михайловича відразу ж було застосовано в роботах зі збільшення ресурсів двигуна Д-18Т 3-ї серії. На підприємстві на практиці було використано метод встановлення циклічних ресурсів авіаційних ГТД, заснований на досвіді доведення, випробувань та експлуатації прототипу, — так званий ретроспективний метод. Цей метод характеризується високою достовірністю і дає змогу враховувати двочастотні навантаження [3]. В основу ретроспективного методу покладено порівняння конструктивної і фізичної подібності відповідних основних деталей двигуна, що розробляється, і прототипу.

Для переконливого доведення того, що основні деталі двигуна-прототипу є фізичними моделями деталей нового двигуна, необов'язково використовувати математичний опис фізичної функціонально-геометричної моделі [4]. Перелік величин, які фігурують у рівняннях оригіналу і моделі, аналіз розмірностей цих величин і π -теорема дозволяють знайти критерії подібності, а за ними — отримати масштабні рівняння. Можна показати [3], що подібність відповідних деталей порівнюваних двигунів визначається шістьма критеріями подібності. До числа критеріїв спочатку включаємо всі безрозмірні визначальні параметри:

$$K_1 = \varepsilon = \text{idem}; \quad K_2 = \mu = \text{idem}.$$

Наступними критеріями подібності є критерії, утворені за допомогою відношення параметрів однакової розмірності (критерії-симплекси):

$$K_3 = \frac{\sigma}{E} = \text{idem}; \quad K_4 = \frac{u}{l} = \text{idem}.$$

$$K_5 = \frac{t\alpha}{l} = \text{idem}$$

Нарешті, останній критерій — це критерій-комплекс:

$$K_6 = \frac{P}{El^2} = \text{idem}.$$

Значення величин критеріїв подібності для оригіналу і моделі дуже близькі одне до одного, але все ж деталі двигуна-прототипу не є точними фізичними моделями основних деталей нового двигуна. Отримане порушення повної подібності можна віднести до випадків часткової подібності, в яких зберігаються основні умови моделювання, що визначають процес або явище в цілому. Однак, оскільки кожний конкретний випадок часткової подібності характеризується притаманним лише йому масштабним ефектом, має бути проведено «...спеціальний аналіз умов моделювання з подальшою експериментальною перевіркою» [5].

Усе це дало змогу використати результати еквівалентно-циклічних випробувань двигуна Д-36 для встановлення ресурсів двигуна Д-18Т. У результаті вдалося досягти істотної економії матеріальних засобів і значного скорочення термінів встановлення ресурсів за одночасного підвищення достовірності величин встановлених ресурсів.

Ці ідеї Федора Михайловича було застосовано також при створенні двигунів ТВЗ-117ВМА-СБМ1, Д-436 (Т1, ТП), Д-436-148 та ін.

За 20 років, що минули з часу встановлення ресурсів двигуна Д-18Т 3-ї серії, напрацювання окремих екземплярів цих двигунів становило понад 25 000 годин, сумарне напрацювання парку двигунів уже давно перевищує 1 600 000 годин. Прибуток авіакомпаній від успішної експлуатації двигунів Д-18Т 3-ї серії у складі літаків Ан-124-100 оцінюється в мільярди доларів США, що є наочним підтвердженням правильності ідей Федора Михайловича Муравченка.

Основні принципи розроблення нових двигунів. Основоположний принцип, якого дотримувався Федір Михайлович при розробленні нових двигунів, можна сформулювати так: всюди, де можливо, без шкоди для основних характеристик двигуна, застосовувати перевірені конструкторські рішення, які мають великий досвід експлуатації.

Так, при форсуванні двигуна ТВЗ-117ВМА-СБМ1 для забезпечення працездатності турбі-

ни за більш високих температур було використано перевірену схему системи охолодження деталей, застосовано добре відомі, перевірені серійною експлуатацією жароміцні сплави. Робочу лопатку вентилятора двигунів Д-436 (Т1, ТП) моделювали з робочої лопатки вентилятора двигуна Д-18Т і т.п. При створенні двигунів Д-436 (Т1, ТП), Д-436-148, АІ9-3Б, АІ-222-25 максимально було збережено конструкції, відпрацьовані на двигунах-прототипах, що дозволило в стислі терміни та без значних матеріальних витрат довести і сертифікувати нові двигуни.

Другий принцип, яким керувався Федір Михайлович, — усувати дефекти слід, по можливості, без суттєвої переробки конструкції. Радикальна переробка конструкції, крім великих матеріальних витрат, призводить до появи нових дефектів. З особистого досвіду Ф.М. Муравченко знав, що з введенням у конструкцію двигуна чотирьох нових деталей з'являється принаймні один новий дефект. У середині 1980-х років під час виконання робіт з усунення дефекту, пов'язаного з поломкою вала турбіни низького тиску на двигуні Д-136, було застосовано саме цей принцип, що дало змогу, зміцнивши одну з ділянок вала, зберегти незмінними всі інші деталі і в такий спосіб забезпечити швидкий та успішний ремонт усього парку двигунів.

Третій принцип Федора Михайловича полягає в тому, що кожне рішення має бути всебічно виваженим, ретельно продуманим, з тим щоб, остаточно прийнявши його, потім від цього рішення не відступати. На підприємстві всі добре це знали: якщо Федір Михайлович щось вирішив, то марно переконувати його в іншому — прийняті рішення не змінюються. Цей принцип давав колективу дуже сильний мобілізаційний і конструктивний імпульс у роботі.

Значну увагу Федір Михайлович приділяв підготовці наукових і технічних кадрів. Він був професором кафедри конструкції і міцності авіаційних двигунів Національного аерокосмічного університету «Харківський авіаційний інститут». Сім його учнів захистили кандидатські дисертації, а особистий доробок

Ф.М. Муравченка становить близько 200 наукових праць і 42 свідоцтва на винаходи. За видатні результати науково-дослідних робіт зі створення авіаційних двигунів у 2003 р. його було обрано членом-кореспондентом НАН України.

Ф.М. Муравченко зробив великий внесок у методологію розроблення і доведення авіаційних ГТД. Вироблені ним концепції і принципи створення авіаційних двигунів заслуговують на уважне вивчення і творче застосування. Роки перебування Федора Михайловича на посаді генерального конструктора були напрочуд плідними для підприємства. Це пояснюється, по-перше, хорошим доробком прототипів, створених його попередником, генеральним конструктором В.О. Лотаревим, і самим Ф.М. Муравченко, коли він обіймав посади заступника головного конструктора та головного конструктора, а по-друге, вмiлим застосуванням названих вище концепцій і принципів створення авіаційних ГТД.

Окремою заслугою Ф.М. Муравченка була застосована ним модель діяльності дослідно-конструкторського підприємства в умовах економічної кризи 1990-х років. У цей період, коли майже повністю припинилося державне фінансування розробок, а у споживачів не було коштів на придбання нових двигунів, відбулася переорієнтація значної частини потенціалу підприємства на діяльність з підвищення споживчих властивостей серійних двигунів, їх ремонту, з надання інжинірингових послуг. Завдяки цьому очолюване Ф.М. Муравченко ДП «Івченко-Прогрес» не лише зберегло інтелектуальний і виробничий потенціал, а й зрештою виявилось найбільш дієздатним серед подібних установ колишнього СРСР. З початку 1990-х років на підприємстві було створено і сертифіковано шість типів нових авіаційних двигунів і чотири типи наземних модифікацій, започатковано розроблення ще 10 типів двигунів.

Помер Федір Михайлович Муравченко 8 лютого 2010 р., залишивши по собі спадщину — багатотисячний колектив конструкторів, дослідників і виробничників, здатних вирішу-

вати унікальні завдання зі створення найдосконалішої авіаційної техніки. За його безпосередньої участі розроблялися довгострокові програми розвитку цивільної авіації в Україні та конверсії авіаційних двигунів з метою засто-

сування в народному господарстві. Відомий конструктор, учений, талановитий керівник Ф.М. Муравченко залишив яскравий слід в історії авіадвигунобудування не лише на теренах країн СНД, а й у всьому авіаційному світі.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Муравченко Ф.М. Актуальные проблемы динамики, прочности и надёжности авиадвигателей. *Проблемы прочности*. 2008. № 5. С. 7–14.
2. Муравченко Ф.М. Концепции создания и доводки семейства высокоэффективных ТРДД с большой степенью двухконтурности: дис. ... д-ра техн. наук: 05.07.05. Харьков, 1991.
3. Муравченко Ф.М., Симбирский Д.Ф., Шереметьев А.В. Использование конструктивного и физического подобия для установления ресурсов двигателя. *Авиационно-космическая техника и технология*: сб. науч. тр. Вып. 23. Харьков: Гос. аэрокосмич. ун-т, 2001. С. 113–115.
4. Лебедев А.Н. *Моделирование в научно-технических исследованиях*. М.: Радио и связь, 1989.
5. Шаповалов С.А. *Подобие и моделирование в задачах прочности, устойчивости и разрушения элементов машин и конструкций*. М.: Машиностроение, 1969.