

## СТВОРЕННЯ ДВОКОНТУРНОГО ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГУНА АІ-25

**Чумаченко О. А.**

(Запорізький національний технічний університет)

*Розглянуто історію проектування та виробництва двоконтурного турбореактивного двигуна АІ-25 на ЗВО «Моторобудівник» та ЗМКБ «Прогрес» у 1965-1975 рр. Було проаналізовано комплексну систему створення і виробництва двигуна. Установлено та охарактеризовано конструктивні зміни та науково-технічні досягнення, які були впроваджені для покращення показників виробу.*

*Ключові слова: авіаційна промисловість, авіадвигунобудування, двоконтурний турбореактивний двигун, літак, конструкторське бюро, Запорізький моторобудівний завод.*

Україна за своїм потенціалом авіаційної промисловості входить до тих держав світу, які мають повний цикл розроблення, виробництва та експлуатації авіаційної техніки і можуть посідати вагоме місце на світовому авіаційному ринку в секторі транспортної та регіональної пасажирської авіації. Серед потенційних напрямків розвитку виробництва авіаційної техніки провідне місце належить авіадвигунобудуванню. Як відомо, в Україні існує лише один центр цієї сфери авіаційної промисловості, а саме ПАТ «Мотор Січ» та ЗМКБ «Прогрес» ім. О. Г. Івченка. Для того, щоб мати змогу розвивати перспективні напрямки галузі, потрібно проаналізувати досвід, набутий запорізькими підприємствами. Яскравим прикладом нарощування технічного прогресу в СРСР було створення та введення в експлуатацію двоконтурного турбореактивного двигуна АІ-25, що робить тему дослідження актуальною.

Серед останніх досліджень слід виділити роботу авторського колективу на чолі з В.О. Богуслаєвим та П.Д. Жеманюком, присвячену 85-тирічній історії розвитку запорізького авіадвигунобудівного підприємства [1], працю О.Е. Беззубцева-Кондакова, присвячену 100-річній історії ПАТ «Мотор Січ» [2]. Частково проблема висвітлена в моно-

графії А.І. Харука «Нарис історії авіаційної промисловості України (1910-1980-ті рр.)» [3].

Мета дослідження полягає в ретроспективі історії розвитку авіадвигунобудування Запорізького регіону 1965-1975 рр. на прикладі ДТРД АІ-25. З огляду на це були поставлені такі завдання:

1. Проаналізувати комплексну систему створення і виробництва двигуна.

2. Установити та охарактеризувати конструктивні зміни та науково-технічні досягнення, які були впроваджені для покращення показників виробу.

3. Розкрити внесок запорізьких конструкторів та працівників заводу в розробку, виготовлення та модифікацію двигуна АІ-25 та допоміжної силової установки АІ-9.

4. На прикладі АІ-25 показати місце запорізького авіадвигунобудування в розбудові Аерофлоту України.

5. З'ясувати місце запорізького авіадвигунобудування в авіаційній промисловості України та СРСР у цілому.

Радянське авіадвигунобудування другої половини 1960-х рр. характеризувалося створенням і виробництвом третього покоління газотурбінних двигунів (ГТД), а саме двоконтурних двигунів з малим чи помірним ступенем двоконтурності для цивільних літаків та в подальшому військової авіації [4, с. 4].

Основним напрямком роботи запорізьких авіадвигунобудівних підприємств зазначеного періоду залишалось створення та виробництво авіаційних двигунів, адже турбореактивні двигуни, створені в 1950-х рр., уже не відповідали потребам суспільства. Вирішити проблему шуму і витрат палива допомогла двоконтурна схема, яка вже застосовувалася на Заході. З ініціативи співробітника серійного конструкторського відділу Запорізького моторобудівного заводу А.О. Маренкова почалося проектування нового двигуна. Уже 1965 р. у ЗМКБ «Прогрес» було сконструйовано двоконтурний турбореактивний двигун (ДТРД) AI-25 [3, с. 221]. Робота проводилася в творчому змаганні з Московським конструкторським бюро С.К. Туманського. Керували процесом генеральний конструктор О. Г. Івченко, головний конструктор В.О. Лотарьов, провідний конструктор К.М. Валік, а також автор ідеї А.О. Маренков. Вагомий внесок у роботу зробив заступник головного конструктора В.М. Чуйко. Запорізький виріб виявився кращим, тому вже 7 жовтня 1967 р. успішно завершилися державні випробування двигуна на літаку Як-40. Його серійний випуск почався того ж року на Запорізькому ВО «Моторобудівник» [5, с. 26]. AI-25 став останнім двигуном, розробленим за участі О.Г. Івченка. Він був виготовлений за двоконтурною схемою, мав високі економічні показники, малу вагу в 312 кг (на ньому вперше для полегшення конструкції почали застосовувати титанові сплави), а також був обладнаний пристроєм проти зледеніння [6, арк. 5].

З 1968 р. генеральним конструктором КБ ім О.Г. Івченка був призначений В.О. Лотарьов, з ім'ям якого пов'язане подальше виробництво та вдосконалення AI-25. Одним із перших у світі він здійснив тут свою ідею створення газотурбінних двигунів з високим ступенем двоконтурності, що стало

законом і світового авіадвигунобудування [7, с. 9].

Деякі джерела стверджують, нібито основою запорізького AI-25 став американський ДТРД JT7, але оригінальність виробу доводить його визнання Федеральною авіаційною адміністрацією США, яка надала двигуну сертифікат на відповідність американським нормам льотної гідності FAR. До речі, AI-25 був першим двигуном у радянській авіації, який пройшов цю перевірку, хоча на той час вона вважалася найсуворішою у світі. Окрім цього, вітчизняний ДТРД отримав англійський сертифікат BCAR [5, с. 27].

У період освоєння нового двигуна була розроблена та введена у виробництво принципово нова технологія отримання заготовок лопаток компресора високого тиску зі сплаву BT-8. Починаючи з 1968 р. відливання лопаток здійснюють без припуску по перу, що спричинило річну економію в 350, 9 тис. крб. Випробування показали, що такі раціоналізаторські дії стосовно лопаток турбіни AI-25 підвищили їх міцність на 20%. Окрім того, жароміцність зразків з ливарною поверхнею також стала вищою на 10-15% порівняно з показниками механічно оброблених зразків. Було опановано процес лиття фасонних деталей з титанових сплавів. На Запорізькому ВО «Моторобудівник» була створена лабораторія титанового лиття, в якій цей процес здійснювався у графітові форми та кокіль з металевими чи графітними стрижнями. Така технологія дозволила досягнути гарної якості поверхні та високих механічних властивостей. Для раціонального використання металу під час виготовлення деталей замість штамповок почали застосовувати листовий матеріал, причому всі 200 деталей були переведені на подібний спосіб виробництва. Деталі ж складної конфігурації від того часу виготовляли за допомогою імпульсних навантажень (до 1968 р. їх створювали

методом зварювання, витягнення та витискання) [8, с. 525-527]. Зазначені нововведення зробили АІ-25 високоекономічним двигуном, що був простим у обслуговуванні та управлінні. Особливостями двигуна були його високі надійність та термін служби.

Серед переваг АІ-25 потрібно назвати його великий запас газодинамічної стійкості на всіх робочих режимах, висотах і швидкостях польоту та автоматизоване управління. Запуск двигуна здійснюється пусковим пристроєм малої потужності. Надійна система запуску двигуна дозволила здійснювати велику кількість запусків за ресурс. ДТРД було обладнано системою вогнегасіння, яка дозволяла швидко встановити витоки пожежі та своєчасно підвести до нього вогнегасну рідину. Система змащування двигуна була автономною, циркуляційною та замкнутою. Охолодження масла здійснювалося за допомогою палива в паливно-масляному агрегаті, причому можливість виокремлення з нього льоду за низьких температур виключалася [9, арк. 3].

Двигуни серії АІ-25 застосовувалися на двох видах літаків. У 1966 р. конструкторським бюро «Скорость» О.С. Яковлева було створено перший пасажирський і вантажно-пасажирський реактивний літак місцевих повітряних авіаліній Як-40. Він являв собою низькоплан з трьома двигунами АІ-25, установлених на хвостовій частині фюзеляжу літака. Саме вони дозволяли злітати з коротким розбігом та розвивати високу крейсерську швидкість, що вдвічі перевищувала показник тих поршневих машин, для заміни яких він і був сконструйований. Літак не потребував трапа – для посадки та висадки пасажирів відкидалася нижня частина хвостового відсіку фюзеляжу [10, с. 67]. Загальна кількість посадкових місць у салоні в основному варіанті була розрахована на 24 пасажирів, а в туристичному варіанті на 33. З урахуван-

ням максимальної злітної ваги літака в 16 тис. кг його максимальна швидкість за рахунок потужних двигунів становила 568 км/год. Установлене на Як-40 обладнання дозволяло вирішувати завдання навігації та управління в складних метеорологічних умовах як удень, так і вночі. Літак мав замінити такі застарілі та зняті з виробництва авіамоделі, як Лі-2, Іл-12, Іл-14 та Ан-2, які все ще були обладнані поршневими двигунами. Завдяки ж новим двигунам АІ-25 собівартість авіап перевезень скорочувалась на 20% відносно перевезень на літаках із двигунами АІШ-62ІР [6, арк. 2].

Повідомлення про новий літак з потужними двигунами запорізьких авіадвигунобудівників з'явилися в радянських газетах з великою швидкістю. Заголовки статей майоріли такими назвами, як «Реактивний стартує з ґрунту» та «Флагман малої авіації». Отже, праця багатотисячного колективу конструкторського бюро та заводу не була марною [9, арк. 3].

Як-40 випускався також у варіантах «Салон». Із салоном І класу, розрахованому на 11 місць, літак виготовлявся здебільшого на експорт, Як-40 ІІ класу на 16 посадкових місць – тільки в експортному варіанті, а от його модель на 20 місць використовувалася для польотів як усередині країни, так і за її межами. До інших модифікацій Як-40, на яких установлювали двигун АІ-25, відносять ЯК-40ДТС (десантно-транспортний, санітарний), Як-40К (конвертований варіант) та Як-40П (літак підвищеної дальності польоту). ЯК-40ДТС призначався для десантування людей, а також перевезення сидячих та лежачих поранених, з наданням необхідної допомоги під час польоту. Конвертований варіант літака випускався в 1975-1981 рр. для вантажних та змішаних перевезень. Його максимальне навантаження було збільшено до 3200 кг, а вантажно-пасажирська модель могла вмістити 10-18 людей з максимальною

вагою в 1150-2150 кг відповідно до кількості пасажирів. На літаках Як-40К чехословацькі льотчики встановили 12 світових рекордів [1, с. 94].

ДТРД АІ-25 як окремо, так і в складі літака Як-40 демонструвалися на міжнародних та всесоюзних виставках. Так, наприклад, у 1967 р. Як-40 з трьома двигунами АІ-25 був представлений на Паризькому міжнародному авіаційному салоні. Цього ж року двигун демонструвався на Міжнародній виставці в Монреалі (Канада) та на Всесоюзній виставці досягнень народного господарства СРСР. Постановою Головкинстатком ВДНГ СРСР у 1967 р. за впровадження двигуна АІ-25 у народне господарство Золотою медаллю був нагороджений провідний конструктор ЗМКБ «Прогрес» К.М. Валік, Срібною – провідний конструктор ЗВОМ І.А. Санников, а Бронзова нагорода дісталася слюсареві-збиральнику М.С. Моїсєєнку [6, арк. 2-3]. 1972 р. за створення літака Як-40 колективи КБ О.С. Яковлева та ЗМКБ «Прогрес» були відзначені Ленінською премією [9, арк. 2].

Багато оригінальних технічних рішень, які були використані в конструкції ДТРД АІ-25, виконані на рівні винаходів і захищені авторськими свідоцтвами СРСР. А на виробі Е.Г. Булавина, Ю.Є. Слюсарєва, Ю.М. Баландіна, В.В. Пінчука й інших авторів – працівників ЗМКБ «Прогрес» були отримані патенти США, ФРН, Польщі та Чехословаччини [1, с. 93].

Для експлуатації літаків, окрім маршових двигунів, які забезпечують політ, потрібні були додаткові бортові джерела енергії. Перш за все, це допоміжні силові установки (ДСУ), що слугують для запуску маршових двигунів, а також для аварійного живлення бортової енергомережі літальних апаратів. Протягом кількох десятиліть ДСУ займають помітне місце в обсязі випуску запорізьких двигунів.

З появою двигуна АІ-25 з повітряним стартером у ЗМКБ «Прогрес» 1966 р. було сконструйовано допоміжну силову установку АІ-9, яка мала здійснювати живлення повітряних систем запуску літаків серії Як-40. У подальшому двигун застосовували для запуску маршових двигунів вертольотів Мі-8, Мі-14, Мі-24, Мі-28, Ка-27, Ка-29, Ка-32 та Ка-50. Двигун складався з відцентрового компресора, камери згоряння, одношродинкової осьової турбіни, автономної маслосистеми та паливоживлення [1, с. 120].

З 1967 р. двигун АІ-9 було впроваджено в серійне виробництво на Запорізькому ВО «Моторобудівник». Його суха маса становила 45 кг, кількість відібраного повітря – 0,38 кг/с, а витрата палива дорівнювала 75 кг/год. За час серійного виробництва АІ-9 було збільшено його гарантійний ресурс з 500 запусків та 500 відборів повітря на 1000 запусків та 1000 відборів повітря. З метою покращення показників конструкції були проведені різноманітні заходи, а саме: були посилені шестірні центрального привода та їх осьові фіксації, чашковий замок та вузол привода, обмежено сопло та перепускний клапан АІ-9. Великий внесок у серійне доведення двигуна й роботу з подальшого підвищення його якості, надійності та ресурсу зробили такі конструктори, як О.М. Ракітін, О.П. Білостоцька і А.О. Демченко [11, арк. 1].

У 1973 р. було створено сільськогосподарський літак М-15, на якому встановили один двигун серії АІ-25. Цей літальний апарат був виготовлений у Польській Народній Республіці виробничим об'єднанням «Дельта» м. Мелець під керівництвом головного конструктора Єжи Кероньські та групи радянських конструкторів, яких очолював головний конструктор Р.О. Ізмайлов. М-15 мав

замінити застарілі та зняті з виробництва літаки Ан-2. Порівнюючи ці літаки, потрібно звернути увагу на підвищений показник завантаження хімікатів (2200 замість 1300 кг), у 1,5-2,1 рази більший виробничий потенціал під час виконання авіахімробіт, а також більшу в 2-3 рази ширину захоплення при розсіюванні сипучих хімікатів за рахунок використання енергії повітря, що відбиралося від двигуна АІ-25, для пневмотранспорту та викиду хімікатів. Уведення в експлуатацію М-15 дозволило в 2-4 рази скоротити чисельність злітно-підйомного й технічного складу цивільної авіації, який займався авіахімроботами, та покращити умови роботи пілотів [6, арк. 3].

У процесі серійного виробництва двигуна АІ-25 колективом заводу разом із розробником був проведений великий комплекс робіт, спрямованих на покращення конструкції, підвищення технологічності, надійності та ресурсу, усунення дефектів, які було виявлено під час випробовувань та експлуатації.

Основні конструктивні зміни дозволили ліквідувати найсуттєвіші недоліки двигуна. Вдалося зменшити рівень роторних вібрацій двигуна, запобігати випадкам розпаду робочих лопаток турбіни, покращити запаси газодинамічної стійкості двигуна, знизити рівень димлення, позбутися уражень деталей міжвального підшипника та уражень деталей підшипника ТВД. Вагомий внесок у розроблення та запровадження у профіль АІ-25 модифікованих збиральних одиниць і конструктивних змін внесли конструктори УГК Ф.А. Арсланов, І.Г. Берим, І.А. Санников, В.О. Львов, А.П. Мірошніченко та інші. У результаті плідної роботи Управління головного конструктора вдалося збільшити гарантійний ресурс з 300 до 3500 год., за технічним станом до 6000, назначений ресурс у 900 год. до 16000. Окрім того, календарний строк зберігання та експлуатації двигуна був збі-

льшений з 5 до 6, а за технічним станом – до 10 років [9, арк. 4-5].

На початку 1980-х рр. виробництво Як-40 було зупинено. Загалом за весь час виробництва АІ-25 було випущено близько 6,5 тис. одиниць ДТРД [12, с. 15]. Багаторічна робота Як-40 забезпечила вітчизняну цивільну авіацію безперервними пасажирськими перевезеннями, що було б неможливим без високоефективного двигуна. Недаремно О.С. Яковлев назвав АІ-25 найменшим і найнадійнішим з двоконтурних ТРД для літака Як-40 [13, с. 253].

Отже, в результаті аналізу історії створення та виробництва ДТРД АІ-25 встановлено основу виробничої програми Запорізького ВО «Моторобудівник» та ЗМКБ «Прогрес» 1965-1975-х рр. Показано вагомий внесок у проектування та виробництво двигуна генерального конструктора О.Г. Івченка, головного, а з 1968 р. генерального конструктора В.О. Лотарьова, а також інших заводських працівників. Значну участь у серійному доведенні допоміжної силової установки АІ-9, яка мала здійснювати живлення повітряних систем запуску літаків серії Як-40, взяли такі конструктори, як О.М. Ракітін, О.П. Білостоцька та А.О. Демченко. Була простежена та охарактеризована раціоналізаторська діяльність працівників підприємств, яка сприяла покращенню показників АІ-25. Основні конструктивні зміни дозволили ліквідувати найсуттєвіші недоліки двигуна. Завдяки глибокому опрацюванню газодинамічних та конструктивних рішень та їх оптимізації, було забезпечено поєднання високої конструктивно-технологічної надійності, великого ресурсу, простоти та економічності в експлуатації й виробничій технології двигуна. Упродовж багатьох років АІ-25 встановлювали на літаках Аерофлоту України, представником яких був реактивний Як-40 та сільськогосподарський літак М-15. Було з'ясовано провідне мі-

ще запорізького авіадвигунобудування в авіаційній промисловості країни. Доказом цього було демонстрування ДТРД AI-25 як окремого виробу та в складі літака Як-40 на численних міжнародних та всесоюзних виставках.

Отримані результати дослідження підтверджують факт, що Запорізький ре-

гіон мав повний цикл розроблення, виробництва, випробовування та вдосконалення авіаційних двигунів. Тенденції розвитку запорізького авіадвигунобудування показали також перспективи відтворення подальшого розвитку зазначеної галузі авіаційної промисловості.

### ЛІТЕРАТУРА

1. Богуслаев В.А., Жеманюк П.Д. «Мотор Сич». От поршневых – к газотурбинным // В.А. Богуслаев, П.Д. Жеманюк. – Запорожье: Научно-популярное издание. – 2000. – 231 с.

2. Беззубцев-Кондаков А.Е. Удачу нести на крыле: очерки истории ОАО «Мотор Сич» / А.Е. Беззубцев-Кондаков. – М., 2007. – 542 с.

3. Харук А. Нарис історії авіаційної промисловості України (1910-1980-ті рр.): Монографія / А. Харук – Львів: Вид-во Національного університету "Львівська політехніка", 2010. – 304 с.

4. Огородников Д.А., Сосунов В. А. Развитие советского авиадвигателестроения (к 60-летию ЦИАМ им. П.И. Баранова) / Д.А. Огородников, В.А. Сосунов // ТВФ. – 1991. – № 2. – С. 1-6.

5. Иванов И. Пламенное сердце / И. Иванов // Наука и техника. – 2010. – № 10. – Ч. 3. – С. 26-33.

6. Музей Запорізького виробничого об'єднання «Моторобудівник», о. ф. 2832, IX/1552, 5 арк.

7. Івченко Н. Мотори Володимира Лотарьова / Н. Івченко // День. – 26 листопада 2014. – С. 9.

8. Штернов А.А. Научно-технический прогресс в УССР: 1961-1970 гг. / А.А. Штернов. – К., АН УССР, 1971. – 723 с.

9. МЗВОМ, о. ф. 2834, IX/1553, 5 арк.

10. Горяшко А.М. Гражданская авиация Украины / А.М. Горяшко. – К.: Техника, 1982. – 144 с.

11. МЗВОМ, о. ф. 2842, IX/1561, 2 арк.

12. Богуслаев В. 85 лет на службе авиации / В. Богуслаев // Крылья Родины. – 2001. – № 9. – С. 14-17.

13. Яковлев А.С. Советские самолёты / А.С. Яковлев. – М.: Наука, 1982. – 408 с.

### **Чумаченко О.А. Создание двухконтурного турбореактивного двигателя AI-25.**

*Рассмотрена история проектирования и производства двухконтурного турбореактивного двигателя AI-25 на ЗПО «Моторостроитель» и ЗМКБ «Прогресс» в 1965-1975 гг. Было проанализировано комплексную систему создания и производства двигателя. Установлены и охарактеризованы конструктивные изменения и научно-технические достижения, которые были введены для улучшения показателей изделия.*

*Ключевые слова: авиационная промышленность, авиадвигателестроение, двухконтурный турбореактивный двигатель, самолёт, конструкторское бюро, Запорожский моторостроительный завод.*

**Chumachenko O.A. The Creation of Bypass Turbojet Engine AI-25.** *The article examines the history of design and production of AI-25 bypass engine at Motorobudivnyk Zaporizhzhya Production Association and Progress Zaporizhzhya Machine-Building Design Bureau during 1965-1975. It analyzes the integrated system of engine development and manufacture. The article also establishes and characterizes structural changes and scientific and technological advances implemented to improve product performance.*

*Key words: aviation industry, aircraft engine manufacturing, bypass engine, airplane, design bureau, Zaporizhzhya Engine-Building Plant.*