

УДК 621.452.322

doi: 10.32620/akt.2022.4sup1.03

В. В. НЕРУБАССКИЙ*АО «Элемент», Одесса, Украина***ПД-14 – ТАК ЛИ ОН ХОРОШ?**

Во вводной части статьи приводится информация об особенностях обозначений современных российских самолетов и двигателей, об исчезновении всемирно известных брендов «Ту», «Як», «ПС», «НК» и других. Тональность многих публикаций свидетельствует о некоей «мании величия» российского авиапрома, реальные достижения которого сильно преувеличены. Одним из основных предметов гордости России является ТРДД ПД-14. Его оценка и является целью данной статьи. Приводится история разработки и испытаний ТРДД ПД-14. При этом указывается, что он был альтернативным двигателем для самолета МС-21, для которого изначально был выбран западный двигатель PW-1000G. Дается краткая информация по производству и испытаниям опытных двигателей, в том числе на летающей лаборатории. Отмечается, что ПД-14 является фактически программой всей авиадвигателестроительной отрасли России, и в ее реализации, кроме основных субподрядчиков ОДК - «Авиадвигателя» и «Пермских моторов», - активно участвуют и другие предприятия. При разработке ПД-14 широко использовался опыт создания и доводки ТРДД ПС-90А2. Указывается, что при создании ПД-14 было разработано и применено большое количество инновационных и передовых технологий (всего - 16 ключевых технологий). Отмечается, что разработчики ПД-14 большое внимание уделяют созданию системы эффективного сервисного обслуживания (сети полевых представительств, станций обслуживания двигателей, складов запчастей, обеспечения замены модулей в эксплуатации и т.д.), отсутствие которой ранее препятствовало успешному маркетингу российских двигателей (характерный отрицательный пример - двигатель SaM-146 самолета SSJ). Приводятся общие сведения о программах разработки, основные технические характеристики и конструктивные особенности конкурентов ПД-14- западных ТРДД PW1000G и LEAP-1. Эти двигатели уже широко эксплуатируются на нескольких типах магистральных самолетов. Дается сравнение ПД-14 с основными конкурентами по ряду параметров и конструктивных характеристик. Делается вывод о том, что в России создан современный ТРДД 5-го поколения, который вплотную приблизился по характеристикам и уровню применяемых технологий к существующим серийным западным двигателям аналогичного класса тяги. Однако будущее двигателя ПД-14 в условиях падения российской экономики из-за войны с Украиной и санкций ЕС и США, выглядит неопределенно.

Ключевые слова: ПД-14; авиационный двигатель; авиационная промышленность; ТРДД; PW-1000G; LEAP-1; МС-21; среднемагистральный пассажирский самолет.

Введение

В последние 20 лет в названиях изделий российской авиационной промышленности очень часто стали появляться слова в превосходной степени и просто амбициозные слова: «супер» (SSJ – Sukhoi SuperJet), МС-21 (Магистральный самолет 21 века), ПД-14 (ПД – «перспективный двигатель») и т.д. Что это – гордыня, желание показать объект в лучшем свете, попытка привлечь внимание или «крикнуть громче всех»? Неужели стабильно развивающаяся отрасль нуждается в таких «подпорках»?

Россия, наряду с США, Францией и Великобританией, причисляет себя к странам, обладающим технологиями для полного цикла создания современных газотурбинных двигателей. С этим нельзя не согласиться. Но позвольте, а как же Канада, Япония, Германия, Украина и некоторые другие страны? Летать на фактически «украденных» Д-18Т, Д-436, АИ-222-25 и АИ-450М можно, а считать

Украину «ровней» нельзя?

Попытка России скопировать структуры европейских концернов Airbus и Safran в виде так называемых ОАК («Объединенная авиастроительная корпорация») и ОДК («Объединенная двигателестроительная корпорация») привела к полному обезличиванию отраслей. По всей видимости, мир больше никогда не увидит новых самолетов с маркой «Ту» и «Як», двигателей «НК» и «ПС».

И все таки тема статьи – не осуждать, а разобраться. Разобраться с новейшим российским двигателем ПД-14. Как только его не называют на родине – и «двигатель прогресса», и «самый прорывной проект в гражданской авиации за последние десятилетия», и «главный козырь МС-21». Посмотрим, может ли российское авиадвигателестроение действительно гордиться своим «детищем». Вся информация для этой статьи взята из открытой печати и Internet-изданий.

1. Разработка и испытания

К концу 1990-х стало ясно, что ТРДД ПС-90А не имеет перспектив дальнейшего развития в первую очередь из-за устаревшего компрессора, ведущего свою историю от первого пермского реактивного двигателя Д-20П (1960 г.). Поэтому в 1999-2000 гг. на АО «Авиадвигатель» под руководством А. А. Иноземцева был спроектирован новый газогенератор поколения 5+: пятиступенчатый высоконапорный компрессор со степенью повышения давления 11, кольцевая камера сгорания и одноступенчатая охлаждаемая турбина. Универсальный газогенератор должен был стать основой семейства ТРДД: ПС-7 с тягой 71.6 кН, ПС-9 с тягой 100 кН, ПС-14, ПС-18 и других более мощных двигателей. Однако работы дальше теоретических чертежей и плакатов не продвинулись. Финансирования едва хватало на продолжение эксплуатационной доводки серийного ПС-90А.

В 2002 г. был завершен эскизный проект нового российского среднемагистрального авиалайнера, получившего обозначение МС-21 (Магистральный Самолет 21 века). Новый самолет должен был дополнить находящийся на завершающей стадии проектирования региональный самолет RRJ (ныне SSJ) и конкурировать с западными Airbus A320 и Boeing 737. Полномасштабные работы смогли развернуть лишь в 2008 г., когда началось полноценное государственное финансирование. Указом президента России главным исполнителем программы МС-21 была назначена корпорация «Иркут».

Тогда же стало ясно, что для нового самолета МС-21 нужен новый российский двигатель. ЦИАМ совместно с пермским АО «Авиадвигатель» был сформирован технический облик перспективного ТРДД с прямым приводом вентилятора, и с 2004 г. начала реализовываться программа создания научно-технического задела для обеспечения его разработки. Сам двигатель получил обозначение ПД-14 (Перспективный Двигатель с тягой 14 тонн). Тем не менее, в объявленном тендере на силовую установку для МС-21 в декабре 2009 г. победил американский ТРДД PW1400G!

Официально техническое задание на двигатель ПД-14 для МС-21 было сформировано в конце 2007 г., а с 2008 г. в Перми развернулись полномасштабные работы по проектированию узлов двигателя, разработке и освоению критических технологий, необходимых для создания нового ТРДД. К этому моменту российское правительство выделило 15 млрд руб. (450 млн евро по курсу того времени) для ведения НИОКР по новому двигателю. Защита

аванпроекта состоялась в марте 2010 г., а эскизного проекта – в июле 2011 г.

В 2010-2013 гг. к работам по малоэмиссионной камере сгорания для ПД-14 привлекали украинское ГП «Ивченко-Прогресс», однако по известным причинам это сотрудничество было прекращено. Тем не менее, по словам А. А. Иноземцева, разработанная на Украине камера сгорания для нового двигателя показала лучшие характеристики, чем аналогичная камера, разработанная в Перми [1].

Стендовые испытания демонстрационного газогенератора №100ГГ-01 начались в Перми в ноябре 2010 г. Двигатель - демонстратор технологий (ДДТ) №100-01 был собран и впервые запущен на стенде «ОДК-Авиадвигатель» в июне 2012 г. До конца 2015 г. было выпущено еще семь опытных двигателей.

Одним из ключевых изменений конструкции двигателя стало изменение места расположения коробки приводных агрегатов - вместо подкапотного пространства газогенератора в подкапотном пространстве мотогондолы. Кроме того, по всем узлам двигателя были разработаны и внедрены мероприятия, обеспечивающие повышение их эффективности, ресурса и снижение массы.

В октябре 2015 г. – марте 2017 г. опытный ПД-14 №100-07 проходил летные испытания на борту летающей лаборатории Ил-76ЛЛ в ЛИИ им. М. М. Громова в Жуковском (два этапа, 24 полета, наработка более 48 ч).

В 2018 г. построили двигатели № 100-14, № 100-15 и № 100-16 для третьего летного экземпляра МС-21 (первого с ТРДД ПД-14). Многочисленные задержки привели к тому, что первый полет МС-21-310 (бортовой № 005) с двигателями ПД-14В состоялся лишь в декабре 2020 г.

Необходимо отметить, что ПД-14 является программой всей ОДК (рис. 1), и в ее реализации, кроме «Авиадвигателя» и «Пермских моторов», активно задействуются и другие предприятия. Например, на долю ОДК-УМПО приходится до 30% всех работ по двигателю, включая производство вентилятора и турбины низкого давления с задней опорой. АО «ОДК – Пермские моторы» отвечает за изготовление газогенератора и окончательную сборку двигателя; в производстве компрессора НД и разделительного корпуса участвуют «ОДК-Сатурн» и ОДК-УМПО; реактивное сопло внутреннего контура и центральное тело поставляет «Металлист-Самара», центральный привод и коробку приводов – «Салют» и ОДК-УМПО, САУ FADEC и агрегаты топливной системы – пермское АО «ОДК-СТАР».

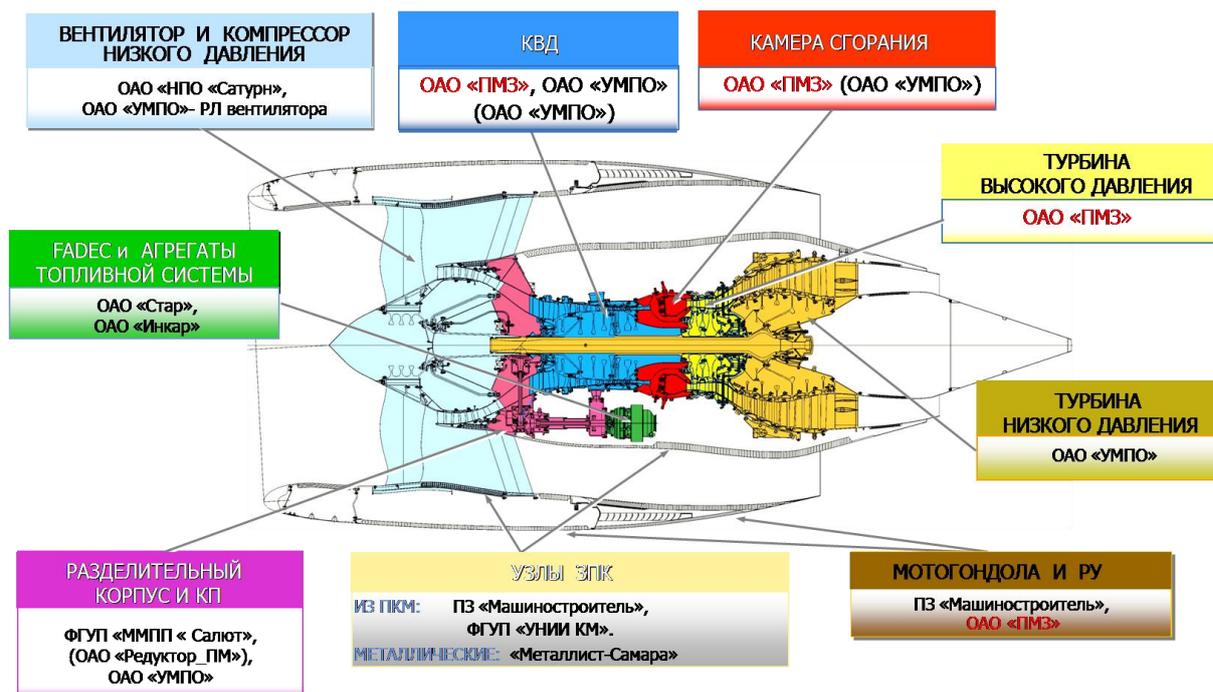


Рис. 1. Распределение работ по ТРДД ПД-14 между предприятиями ОДК

2. Особенности конструкции и применяемые технологии

Большую роль для проекта ПД-14 сыграл уже существующий ПС-90А. Например, опыт работы над модификацией ПС-90А2 лег в основу разработки турбины ПД-14 и значительно снизил риски создания нового двигателя. Вообще, весь объем работ по двигателю ПС-90А, опыт его создания и доводки - это ключевой опыт, использованный при реализации ПД-14.

При проектировании и создании ПД-14 было разработано и применено большое количество инновационных и передовых технологий (16 ключевых технологий), позволивших достичь нужных характеристик. Например, все элементы и модули газоздушного тракта разработаны с применением методов трехмерного аэродинамического проектирования, все конструкторские работы выполнены по безбумажной технологии.

Вентилятор снабжен широкохордными титановыми рабочими лопатками. Технология расчета и проектирования таких лопаток была разработана ЦИАМ в 2000 г. и впервые применена в вентиляторах ТРДД SaM146 и Д-436-148ФМ. Лопатки ПД-14 выполнены полыми и изготовлены методом сверхпластичной формовки и диффузионной сварки. Справедливости ради стоит отметить, что подобный способ изготовления лопаток был впервые применен фирмой Роллс-Ройс в ТРДД RB211-535E4 в 1983 г.!

Блиски компрессора ВД (степень повышения давления 17) на первой, второй и пятой ступенях изготовлены из титанового сплава, диски шестой - восьмой ступеней - из никелевого гранульного сплава нового поколения. Детали камеры сгорания выполнены из жаростойкого интерметаллидного сплава, а в ней самой реализовано малоэмиссионное горение, установлены форсунки с пневмораспылом, применено керамическое теплозащитное покрытие второго поколения. Рабочие и сопловые лопатки турбины высокого давления изготовлены из новейших монокристаллических сплавов ВЖМ4/5, защищены керамическим теплозащитным покрытием, диски - из никелевого сплава нового поколения. Рабочие и сопловые лопатки первой - шестой ступеней турбины низкого давления полые, из алюминид титана, применено активное управление радиальными зазорами.

В конструкции мотогондолы композиционные материалы занимают примерно 65% по массе. Мотогондола оснащена реверсивным устройством решетчатого типа с электромеханическим приводом.

ПД-14 будет сертифицирован с тягой 123-137 кН для двух вариантов самолета МС-21: МС-21-300 (163-211 мест) и МС-21-200 (132-165 мест). ТРДД меньшей тяги для МС-21-200 получается путем простого перепрограммирования электронного регулятора двигателя.

ПД-14 имеет конструкцию, предусматривающую возможность модульного ремонта двигателя во

время эксплуатации без снятия его с самолета. Этот же фактор позволяет снизить продолжительность ремонта в заводских условиях.

Главная задача, которую предстоит решить – это усовершенствовать систему послепродажного обслуживания [2]. Как отметил Сергей Попов, управляющий директор АО «ОДК-Пермские моторы», ОДК в этой сфере неплохо себя зарекомендовала с двигателем SaM146. Теперь эту систему следует развивать и применить принципы сервисного обслуживания SaM146 к двигателю ПД-14. Задача быстрого и эффективного сервисного обслуживания закладывалась и решалась изначально, при проектировании двигателя – перед конструкторами стояла задача максимально сократить время обслуживания двигателя на крыле. Для обеспечения послепродажного обслуживания планируется создание центра поддержки с круглосуточной работой 365 дней в году, открытие сети полевых представительств, станций обслуживания двигателей, обеспечение замены модулей в эксплуатации. Ожидается, что это все в совокупности должно увеличить маркетинговые перспективы нового российского двигателя.

3. Конкуренты

ПД-14 – не единственный в своем классе тяги двигатель и ему придется конкурировать как минимум с двумя соперниками: PW1000G и LEAP-1.

PW1000G – семейство ТРДД, разработанное фирмой Пратт-Уитни специально для ближне- и среднемагистральных авиалайнеров нового поколения вместо популярного ТРДД V2500. Ключевая особенность двигателя – редукторный привод вентилятора. Планетарный редуктор с передаточным отношением 3:1 позволяет вентилятору и деталям контура НД вращаться независимо друг от друга с наиболее эффективной для них скоростью, а также уменьшить количество ступеней турбины НД и облегчить конструкцию.

Пратт-Уитни впервые предприняла попытку создать редукторный ТРДД в 1998 г. в рамках проекта двигателя PW8000 на основе серийного PW6000. Затем появился проект ATF1 (Advanced Technology Fan Integrator), прототип которого был впервые испытан в марте 2001 г. В итоге в сотрудничестве с немецкой фирмой MTU был разработан новый газогенератор, вокруг которого был создан ТРДД GTF (Geared TurboFan), впервые запущенный на стенде в ноябре 2007 г. В июле 2008 г. GTF был переименован в PW1000G и получил «коммерческое» название PurePower.

При доводке использовались восемь прототипов, четыре из которых относились к этапу 1 (Block 1), а остальные четыре – к этапу 2 (Block 2).

Эти последние предназначались для сертификационных испытаний [6].

Конструктивно PW1000G – двухвальный ТРДД с восьмиступенчатым компрессором ВД со степенью повышения давления 16, все роторные ступени которого выполнены в виде конструкции блиск, двойной кольцевой камеры сгорания TALON-X, двухступенчатой охлаждаемой турбины ВД с лопатками с интерметаллидным покрытием. Секция НД включает в себя вентилятор с 20 широкохордными рабочими лопатками гибридно-металлической конструкции, редуктор, передающий мощность около 30000 л.с., три опорные ступени и трехступенчатую высокооборотную (частота вращения более 10000 об/мин) турбину НД. Применяется активное управление радиальными зазорами в турбине. Механизм редуктора рассчитан на весь срок службы двигателя и должен обслуживаться в рамках стандартных сервисных интервалов.

В производстве деталей и узлов двигателей PW1000G принимают участие фирмы MTU, Fiat, Volvo и Mitsubishi, т.е. почти все партнеры по консорциуму IAE.

Существует несколько вариантов ТРДД PW1000G: PW1100G для семейства Эрбас A319/320/321NEO (эксплуатируются с января 2016 г.), PW1200G для японского регионального авиалайнера MRJ (программа приостановлена), PW1400G для MC-21-310, PW1500G для семейства Airbus A220 (эксплуатируются с июля 2016 г.), PW1700G и PW1900G для EMBRAER E-Jet E2 175/190/195.

К настоящему времени общая наработка двигателей семейства превысила 8,0 млн. ч, а в эксплуатации находится более 1000 самолетов с ТРДД PW1000G.

Двигатель PW1400G для MC-21 разработан на базе PW1100G для Airbus A320NEO и имеет степень общности с последним более 80%. Пока именно на этот двигатель приходится более 75% заказов на MC-21.

LEAP-1 – преемник одного из самых массовых и успешных гражданских ТРДД CFM56, создан совместным предприятием CFMI, в состав которого с соотношением долей 50:50 входят американская фирма Дженерал Электрик и французская Safran (SNECMA). Разработка нового двигателя под обозначением LEAP-X (Leading Edge Aviation Propulsion eXperimental – передовая авиационная силовая установка) на основе результатов исследовательской программы TECH56 началась в июле 2008 г. [6].

LEAP-1 – типичный двухвальный ТРДД. Вентилятор – с 18 композитными рабочими лопатками, изготовленными методом RTM (Resin Transfer Molding), основанном на принципе инъекции смолы

в зарьгую форму, заполненную стеклонаполнителем. Передняя кромка лопаток усилена титаном. За вентилятором установлены три подпорные ступени.

Газогенератор LEAP-1 получен масштабированием аналогичного узла ТРДД GE90 и GE9x, который отлично зарекомендовал себя в эксплуатации. Первые пять ступеней 10-ступенчатого компрессора ВД состоят из титановых блисков, вслед за которыми идут остальные ступени из блисков, выполненных из жаропрочного никелевого сплава. Степень повышения давления в компрессоре равна 22, что эквивалентно значениям в двигателях GE90 и немного меньше по сравнению со значениями, полученными в двигателях GE9x.

Камера сгорания двигателей LEAP-1 представляет собой второе поколение двойной кольцевой камеры сгорания с предварительной закруткой TAPS II (Twin Annular, Pre-Swirl combustor), применяемой на силовых установках серии GE9x и отличающейся низким уровнем выброса вредных веществ [6]. Топливные форсунки выполнены методом 3D печати.

Двухступенчатая турбина ВД двигателей LEAP-1 также вобрала в себя многие черты турбин, используемой на GE90 и GE9x, и при этом она отличается использованием схемы охлаждения нового поколения. Кроме того, первая ступень турбины ВД изготовлена из композитных материалов на основе керамической матрицы (Ceramic Matrix Composites - СМС) - данное решение впервые используется на двигателях консорциума CFMI. По словам инженеров, использование такого материала как СМС несет значительные преимущества, в первую очередь, благодаря его жаропрочным свойствам, в результате чего снижаются требования к охлаждению турбины. Семиступенчатая (пятиступенчатая на LEAP-1B) турбина НД за время стендовых испытаний продемонстрировала высокую эффективность.

Реверсивное устройство – О-образное в отличие от четырехстворчатого на предшественнике - CFM56-5B, выполнено из КМ. Сопла наружного и внутреннего контуров – обычные, а для 737MAX - с шевронами.

LEAP-1 поставляется в трех базовых вариантах: LEAP-1A для семейства Airbus A319/320/321NEO (эксплуатируются с августа 2016 г.), LEAP-1B для Boeing 737MAX (эксплуатируются с мая 2017 г.) и LEAP-1C для нового китайского авиалайнера COMAC C919 (проходит испытания). Все варианты имеют по несколько уровней тяги. К настоящему времени произведено более 2500 двигателей.

Начало эксплуатации PW1000G и LEAP-1 не было безоблачным. Авиакомпании столкнулись с многочисленными проблемами (повышенная вибра-

ция, затянутый запуск, помпаж, разрушение компрессора, отслаивание покрытий в турбинах, коррозия деталей компрессора, раннее загрязнение топливных форсунок и др.), которые оперативно решались инженерными службами разработчиков.

4. Сравнение

Сравнение двигателей – достаточно сложное занятие. Можно заметить, что ПД-14, LEAP-1 и PW1000G очень близки по характеристикам и отличаются друг от друга по массе на 1,5-2,5%, по тяге на 2-5%, а по удельному расходу топлива не более чем на 2%. Близок и уровень применяемых материалов и технологий.

Анализ Таблицы 1 позволяет сделать несколько выводов. Газогенератор ПД-14 по расходу воздуха переразмерен по сравнению с PW1431G на 12-15%, что может свидетельствовать о намерении разработчика использовать его на более мощных модификациях (ПД-14М, ПД-18 с тягой 15,6-18 тс). Выбранная для ПД-14 степень двухконтурности, равная 8,5, меньше чем у конкурентов. При этом уменьшение диаметра вентилятора на 8-15 см не дает существенных преимуществ в снижении аэродинамического сопротивления мотогондолы ПД-14. Тем более что мотогондола базового для самолета МС-21 двигателя PW1431G вполне нормально “вписывается” под его крыло с приемлемым расстоянием от поверхности ВПП.

Вообще ПД-14 - очень противоречивый двигатель. Если бы для него были выбраны параметры термодинамического цикла, близкие к ТРДД LEAP-1A, то он мог бы иметь несколько лучшую экономичность, чем конкуренты. Но увеличение степени двухконтурности и диаметра вентилятора потребовали бы добавления еще одной ступени турбины НД и привели бы к росту массы ПД-14 на 100-150 кг.

Отдельно следует упомянуть камеру сгорания ПД-14. Она действительно далеко ушла от аналогичного узла ПС-90А, но не дотягивает до уровня конкурентов с их двухзонными камерами сгорания 2-го поколения (TALON-X на PW1000G и TAPS II на LEAP-1). Поэтому приводимые запасы по уровням эмиссии в соответствии с нормами ICAO Annex 16 для ПД-14 скорее всего достигаются только в области крейсерских режимов.

По словам А. А. Иноземцева, ПД-14 не хуже иностранных конкурентов. Преимуществом ПД-14 является сниженная температура газов на входе в турбину (на 60-80°). При этом имеются потери в тяге, но получается экономия в ходе эксплуатации. По заявлению представителей Корпорации «Иркут», издержки двигателя на 2,5-3% ниже его конкурентов.

Таблиця 1

Основные данные современных двигателей для среднемагистральных пассажирских самолетов

| Модель | LEAP-1A33 | PW1431GA-JM | ПД-14 |
|---|---------------------------|-------------------------|------------------|
| Фирма | CFMI | PW/IAE | ОДК |
| Страна-изготовитель | США/Франция | США/Германия/ Япония | Россия |
| Схема, число ступеней | (1+3)+10/2+7 | (1+3)+8/2+3 | (1+3)+8/2+6 |
| Взлетный режим, H=0, M=0, MCA | | | |
| Тяга, кН (сохраняется до температуры окружающего воздуха) | 143,05 (+30°C) | 140,44 (+30°C) | 137,0 (+30°C) |
| Удельный расход топлива, кг/Н·ч | - | - | - |
| Расход воздуха, кг/с | - | 721 | 630 |
| Степень двухконтурности | 11 | 12 | 8.5 |
| Общая степень повышения давления | 43,6 | 45,0 | 41,0 |
| Степень повышения давления в КВД | 22 | 16 | 17 |
| Температура газов перед турбиной, К | 1830 | 1820 | 1760 |
| Крейсерский режим, H=11000, M=0.85, MCA | | | |
| Тяга, кН | 26,05 | 25,49 | 23,82 |
| Удельный расход топлива, кг/Н·ч | 0,052 | 0,053 | 0,054 |
| Общая степень повышения давления | 50.0 | - | - |
| Габаритные размеры, м | | | |
| диаметр вентилятора | 1,98 | 2,057 | 1,90 |
| максимальный диаметр | 2,543 | 2,448 | - |
| максимальная длина | 3,328 | 3,401 | - |
| Сухая масса двигателя (масса силовой установки), кг | 2990 (4030) | 2858 (4080) | 2870 (3970) |
| Дата сертификации | 03.2016 (1) | 05.2016 (2) | 10.2018 (3) |
| Сертификат типа | E.110 | E00087EN | FATA-01011E |
| Состояние программы | Серийный | Серийный | Опытный |
| Применение | Airbus A321NEO | ОАК МС-21-300 | ОАК МС-21-310 |
| (1) Сертификат EASA (2) Сертификат FAA | (3) Сертификат Росавиации | | |

Выводы и перспективы

Действительно, для российского авиадвигателестроения ПД-14 – это гигантский скачок, вплотную приблизивший, но никак не обогнавший уровень западных технологий. Единственное важное место, где наблюдается отставание от конкурентов на 6-7 лет – это объемы производства и эксплуатационная готовность. Но в условиях существенно сократившегося спроса на авиалайнеры, связанного с пандемией, это не такой уж большой срок. На данном этапе необходимо как можно быстрее начать поставки и завоевать доверие авиакомпаний.

Многие называют ПД-14 «локомотивом» прогресса и с этим нельзя не согласиться. Выполнена огромная работа: спроектирован, построен, испытан, подготовлен к серийному производству современный авиадвигатель, созданы рабочие места на десятках предприятий, разработаны и освоены передовые технологии и материалы. На основе базового газогенератора ПД-14 начаты работы над двигателями меньшей (ПД-7, ПД-10) и большей (ПД-35)

размерности [3]. Несомненно, такие двигатели нужны России.

В средствах массовой информации часто появляется много необоснованной критики программы ПД-14. При внимательном рассмотрении оказывается, что это в основном разговоры о «нарушениях», «хищениях», «распиле бюджета» и т.д., но никак не по технике. Наверное, мнение бухгалтеров и экономистов важно, но куда важнее мнение специалистов-двигателистов.

И все бы ничего, если бы не 24 февраля 2022 г. После начала войны с Украиной и введения санкций США и Евросоюзом у МС-21 остался только один двигатель – ПД-14, и только внутренний российский рынок. Проблемы с импортозамещением официально отодвинули начало его серийного производства на 2024 г. [7], но считается что этот прогноз слишком оптимистичен. В этой ситуации России некуда деваться – необходимо развивать свою исключительно локализованную авиационную промышленность (самолеты, двигатели, комплектующие, материалы, агрегаты, электроника, станочное оборудование, инструмент и т.д.). Я уже не говорю о лицен-

зиях на программное обеспечение CAD/CAM/CAE, CFD и другое, без которого немислимы современные исследования, разработка и производство.

Давать прогнозы по срокам импортозамещения вообще и в авиа- и двигателестроении в частности – неблагодарное занятие. По этому поводу можно привести слова известного блоггера: «Неужели чтобы подготовить олимпийского чемпиона по бегу, ему сначала надо сломать ногу?».

Литература

1. Разработка двигателя ПД-14 идет при участии Украины [Электронный ресурс] / Агентство "Интерфакс-АВН". – Режим доступа: <https://bmpd.livejournal.com/817123.html>. – 16.04.2014.

2. Вся правда про наш новый авиадвигатель ПД-14 [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://zavodfoto.livejournal.com/6374609.html>. – 14.08.2019.

3. Латышев, А. Родоначальник целого семейства силовых установок: как двигатель ПД-14 может повлиять на развитие российской авиации [Электронный ресурс] / А. Латышев, Е. Комарова. – Режим доступа: <https://www.aviaport.ru/digest/2021/02/10/666427.html>. – 10.02.2021.

4. Карпенко, А. В. Турбовентиляторный двухконтурный двигатель ПД-14 [Электронный ресурс] / А. В. Клименко. – Режим доступа: <http://nevskii-bastion.ru/engine-pd-14/>. – 8.04.2022.

5. Epstein, Alan. The Pratt & Whitney PurePower Geared Turbofan Engine [Online] / Alan Epstein // *Technology and Environment Pratt & Whitney*. – Academie de l'Air de l'Espace, Paris, September 2015. – Available at: <https://academieairespace.com/wp-content/uploads/2018/05/prattw.pdf>. – 8.04.2022.

6. Sato, Atsushi. Development of PW1100G-JM Turbofan Engine [Text] / Atsushi Sato, Mitsuo Imamura, Tetsuji Fujimura // *IHI Engineering Review*. – 2014. – Vol. 47, No.1. – P. 23 – 28.

7. Производство МС-21 с российскими двигателями ПД-14 начнется в 2024 году [Электронный

ресурс]. – Режим доступа: <https://www.m24.ru/news/bezopasnost/05012022/199182>. – 5.01.2022.

References

1. *Razrabotka dvigatelya PD-14 idet pri uchastii Ukrainy* [The development of the PD-14 engine is underway with the participation of Ukraine]. Agenstvo "Interfaks-AVN". Available at: <https://bmpd.livejournal.com/817123.htm> (accessed 16.04.2014).

2. *Vsya pravda pro nash novyy aviadvigatel' PD-14* [The whole truth about our new aircraft engine PD-14]. Available at: <https://zavodfoto.livejournal.com/6374609.html> (accessed 14.08.2019).

3. Latyshev, A., Komarova, Ye. *Rodonachal'nik tselogo semeystva silovykh ustanovok: kak dvigatel' PD-14 mozhet povliyat' na razvitie rossiyskoy aviatsii*. [The ancestor of a whole family of power plants: how the PD-14 engine can affect the development of Russian aviation]. Available at: <https://www.aviaport.ru/digest/2021/02/10/666427.html> (accessed 10.02.2021).

4. Karpenko, A.V. *Turboventilyatornyy dvukhkонтурnyy dvigatel' PD-14* [PD-14 Turbofan engine]. Available at: <http://nevskii-bastion.ru/engine-pd-14>. (accessed 8.04.2022).

5. Epstein, Alan. The Pratt & Whitney PurePower Geared Turbofan Engine. *Technology and Environment Pratt & Whitney*, Academie de l'Air de l'Espace, Paris, September 2015. Available at: <https://academieairespace.com/wp-content/uploads/2018/05/prattw.pdf>. (accessed 8.04.2022).

6. Sato, Atsushi., Imamura, Mitsuo., Fujimura, Tetsuji. Development of PW1100G-JM Turbofan Engine. *IHI Engineering Review*, 2014, vol. 47, no. 1, pp. 23-28.

7. *Proizvodstvo MS-21 s rossiyskimi dvigatelyami PD-14 nachnetsya v 2024 godu* [Production of MS-21 with Russian PD-14 engines will begin in 2024]. Available at: <https://www.m24.ru/news/bezopasnost/05012022/199182>. (accessed 05.01.2022).

Надійшла до редакції 30.05.2022, розглянута на редколегії 8.08.2022

ПД-14 – ЧИ ТАКИЙ ВІН ВДАЛИЙ?

В. В. Нерубаський

У вступній частині статті наводиться інформація про особливості позначень сучасних російських літаків і двигунів, про зникнення всесвітньо відомих брендів "Ту", "Як", "ПС", "НК" та інших. Тональність багатьох публікацій свідчить про якусь "манію величч" російського авіапрому, реальні досягнення якого сильно перебільшені. Однією з основних предметів гордості Росії є ТРДД ПД-14. Його оцінка і є метою цієї статті. Наводиться історія розробки та випробувань ТРДД ПД-14. При цьому вказується, що він був альтернативним двигуном для літака МС-21, для якого спочатку був обраний західний двигун PW-1000G. Надається докладна інформація з виробництва та випробувань досвідчених двигунів, у тому числі на літаючій лабора-

торії. Зазначається, що ПД-14 є фактично програмою всієї авіадвигунобудівної галузі Росії та в її реалізації, крім основних субпідрядників ОДК - «Авіадвигуна» і «Пермських моторів», - беруть активну участь і інші підприємства. При розробці ПД-14 широко використовувався досвід створення та доведення ТРДД ПС-90А2. Вказується, що при створенні ПД-14 було розроблено та застосовано велику кількість інноваційних та передових технологій (всього - 16 ключових технологій). Зазначається, що розробники ПД-14 велику увагу приділяють створенню системи ефективного сервісного обслуговування (мережі польових представництв, станцій обслуговування двигунів, складів запчастин, забезпечення заміни модулів в експлуатації і т.д.), відсутність якої раніше перешкоджало успішному маркетингу російських двигунів (характерний негативний приклад – двигуни SaM-146 літака SSJ). Наводяться загальні відомості про програми розробки, основні технічні характеристики та конструктивні особливості конкурентів ПД-14 -західних ТРДД PW1000G та LEAP-1. Ці двигуни вже широко експлуатуються на кількох типах магістральних літаків. Дається порівняння ПД-14 з основними конкурентами по ряду параметрів та конструктивних характеристик. Робиться висновок про те, що в Росії створений сучасний ТРДД 5-го покоління, який впритул наблизився за характеристиками і рівнем застосовуваних технологій до існуючих серійних західних двигунів аналогічного класу тяги. Однак майбутнє двигуна ПД-14 в умовах падіння російської економіки через війну з Україною і санкцій ЄС і США виглядає невизначено.

Ключові слова: ПД-14; авіаційний двигун; авіаційна промисловість; ТРДД; PW-1000G; LEAP-1; MS-21; середньомагістральний пасажирський літак.

PD-14 – IS IT SO GOOD?

Vadym Nerubaskyi

The introductory part of the article provides information about the features of the modern Russian aircraft and engine designations, about the disappearance of the world famous brands such as "Tu", "Yak", "PS", "NK" and others. The tone of many publications testifies to a certain "megalomania" of the Russian aviation industry, whose real achievements of which are greatly exaggerated. One of the main prides of Russia is the PD-14 turbofan engine. This evaluation is the purpose of this article. The history of the development and testing of the PD-14 turbofan engine is given. Simultaneously, it is indicated that it was an alternative engine for the MS-21 aircraft, for which the Western PW-1000G engine was initially selected. Detailed information is given on the production and testing of experimental engines, including in a flying laboratory. It is noted that PD-14 is actually a program for the entire aircraft engine industry in Russia and other enterprises are actively involved in its implementation, in addition to the main subcontractors of the UEC - Aviadvigatel and Perm Motors. In the development of the PD-14, the experience of creating and fine-tuning the PS-90A2 turbofan engine was widely used. It is indicated that when creating the PD-14, many innovative and advanced technologies were developed and applied (16 key technologies). The developers of PD-14 pay considerable attention to the creation of an effective after-sales service system (a network of field offices, engine service stations, spare parts warehouses, ensuring the replacement of modules in operation, etc.), the absence of which previously prevented the successful marketing of Russian engines (a characteristic negative example is the SaM-146 engines of the SSJ regional airliner). General information about the development programs, the main technical characteristics and design features of the competitors of the PD-14 - western PW1000G and LEAP-1 turbofan engines are given. These engines are already widely used in several types of medium-haul aircraft. The PD-14 is compared with its main competitors in terms of many parameters and design characteristics. It is concluded that a modern 5th generation turbofan engine has been created in Russia, which has come close in terms of characteristics and the level of applied technologies to the existing serial Western engines of a similar thrust class. However, the future of the PD-14 engine in the current conditions of the fall of the Russian economy due to the war with Ukraine and EU and US sanctions looks uncertain.

Keywords: PD-14; aircraft engine; aviation industry; turbofan engine; PW-1000G; LEAP-1; MS-21; medium-haul passenger aircraft.

Нерубаский Вадим Владимирович – ст. науч. сотр. бюро разработки программного обеспечения, АО «Элемент», Одесса, Украина.

Vadym Nerubasskyi – senior scientist, software development bureau, JSC «Element», Odesa, Ukraine, e-mail: odessa@element.od.ua, ORCID: 0000-0002-7145-5753.