



НОВЫЙ КУРС ИСТОРИИ И КОНСТРУКЦИИ АВИАЦИОННЫХ ДВИГАТЕЛЕЙ ПРОФЕССОРА В.А. ЗРЕЛОВА

(ОКОНЧАНИЕ, НАЧАЛО В № 2 (110) 2017 ГОДА)

Дмитрий Александрович Боев, генеральный директор журнала "Двигатель", московский представитель Самарского центра истории авиационного двигателестроения, помощник проректора МАИ по научной работе

Сегодня мы познакомимся с самым, пожалуй, обширным и неоднозначным разделом во всём курсе лекций по истории авиационных двигателей профессора СГАУ Владимира Андреевича Зрелова, (начало - в журнале "Двигатель" № 2 (110) и № 4(112) 2017 г.

Хотя в первой статье я обещал придерживаться текста В.А. Зрелова,

придётся всерьёз заниматься всю жизнь.

То, что кажется простым и логичным в его свершившемся виде, пришло к нему зачастую удивительно сложными путями

здесь позволил себе добавить немного вводных терминов, зная, что Владимир Андреевич всегда сам пояснял их, чтобы убрать те недоразумения, какие могут встречаться у студентов, начинающих знакомиться с тем, чем им потом

"ЭПОХА БУРИ И НАТИСКА"

ЗАВОЕВАНИЕ НЕБА ГАЗОТУРБИНЫМИ ТУРБОРЕАКТИВНЫМИ

Газотурбинными двигателями (**ГТД**) именуется большой класс тепловых машин, которые объединяет два основных свойства: наличие газовой турбины самой разнообразной конструкции (которые могут сами подразделяться по широчайшему классу признаков: активные, реактивные, осевые, центробежные, центростремительные, парциальные, комбинированные разного рода и прочее, прочее...) и использование в работе энергии сжигаемого топлива. Топливо тоже может быть совершенно разного рода. Газотурбинные двигатели работают как в стационарных энергетических силовых установках - при выработке электрической энергии на электростанциях, механической - в станциях подкачки трубопроводов и насосах, предназначенных для решения разных за-

дач, так и транспортных машинах разного назначения: наземных, водных, летающих.

На летательных аппаратах используется ещё и свойство газотурбомашин создавать реактивную тягу. Такие устройства образуют подкласс **воздушно-реактивных двигателей (ВРД)**. Или иначе - **турбореактивных двигателей (ТРД)**. Отличаются в применении эти термины тем, что в класс ВРД включают ещё и **прямоточные двигатели** разного рода, которые мы рассматривали выше, и также уже нами описанные **мотокомпрессорные** и **турбокомпрессорные двигатели**. Сейчас они применяются значительно реже, а потому более часто употребляемо именование **ТРД**.

Первый патент на газотурбинный двигатель был выдан в 1791 г. англичанину Джону Барберу, который стал первым человеком, в деталях описавшим принцип функционирования газовой турбины.

Первые проекты самолётов с реактивным дви-

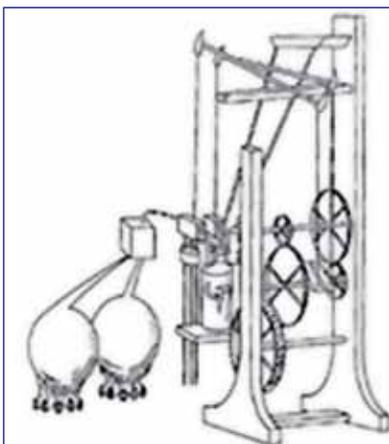
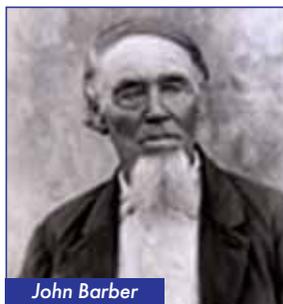


Рисунок из патента Дж. Барбера № 1833

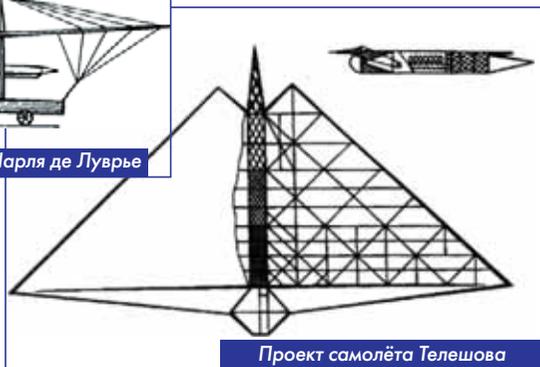
гателем были созданы в 60-е годы XIX века П. Маффийоти (Испания), Ш. де Луврье (Франция) и Н.А. Телешовым (Россия). Идея была ясная: скрестить воздушный змей и ракету. И то и другое неплохо летало (по отдельности) в Китае уже не одну сотню лет.



John Barber



Проект самолёта Шарля де Луврье



Проект самолёта Телешова

Как ни странно, но изобретатели достаточно долго не могли привыкнуть к идее полного отказа от привычного уже в самолётах гребного винта (пропеллера). И **ГТД** по первоначально рассматривался не более чем, как привод для винта. Тем более, после выяснилось, что хотя такой способ не позволяет достичь столь высоких скоростей как различного рода **ВРД**, не использующие пропеллеры, но сам этот метод весьма и весьма экономически выгоден. Поэтому, сейчас практически на всех пассажирских и транспортных перевозчиках используется своего рода гибрид **ТРД** и винтового **ТВРД: ВВТРД** - винтовентиляторный двигатель и **ДТРД** большой двухконтурности. В последнем первые ступени двигателя, по сути, исполняют обязанности того же винта, являясь одновременно и первыми ступенями собственно двигателя.

Турбореактивный двигатель (ТРД) - тепловой двигатель, в котором кинетическая энергия сжимаемых в компрессоре и нагретых в камере сгорания газообразных продуктов сгорания, используется для получения тяги. Механическая энергия для работы компрессора получается в турбине, на которой срабатывает часть энергии высокотемпературного газового потока.

На границе 20...30-х годов XX века во многих странах велись самостоятельные исследования по разработке различных схем **ТРД**. Определить первенство здесь возможности не представляется, кроме отдельных случаев, а потому - просто постараемся показать по возможности весь спектр исследований.

В Англии работа над газовыми турбинами была начата в 1936 г. двумя группами, которые работали независимо друг от друга.

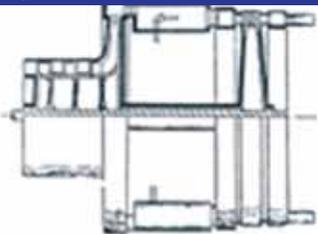
Первой группой руководил офицер британских ВВС Фрэнк Уиттл. (см. "Двигатель" № 5, 1999 г.).

Ф. Уиттл окончил Лимингтонский колледж. В 1926 г. он поступил в училище Королевских ВВС Великобритании в Крануэлле.



Frank Whittle

Рисунок из патента Уиттла № 347206



В 1928-1932 гг. он - лётчик-испытатель истребительной авиации, флайт-лейтенант (капитан).

16 января 1930 года Ф. Уиттл зарегистрировал в Великобритании первый в мире патент

№ 347206 на газотурбинный (турбореактивный) двигатель.

В 1936 г. Ф. Уиттл с компаньонами создал фирму Power Jets Ltd., в которой и были разработаны первые английские турбореактивные двигатели.

В середине 1939 г. Ф. Уиттл уже имел работающий на стенде двигатель тягой 270 кгс.



Первый в мире ТРД, испытанный в 1937 г. Ф. Уиттлом

Первый английский реактивный самолёт Gloster E.28/39 с двигателем Уиттла (W-1, "Whittle № 1"), имевшим тягу 460 кгс, поднялся в небо 15 мая 1941 г. (Впрочем, заметим: почти на два года позже первого изобретателя в № 6 "Двигателя" 1999 г.

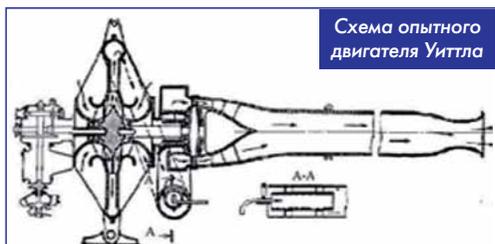


Схема опытного двигателя Уиттла

В 1944 году Уинстон Черчилль распорядился национализировать Power Jets Ltd. Конструкторская документация была передана фирмам

"Роллс-Ройс", "Де Хэвилленд" и "Ровер". "Пауэр джетс" Уиттла преобразовали в Национальный газотурбинный исследовательский центр (National Gas Turbine Establishment). Уиттл считал эти преобразования несправедливыми (хотя, видимо, это была вынужденная

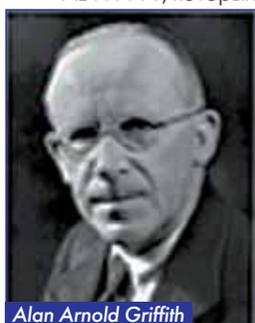


Gloster E.28/39 (G-40) Pioneer

мера, так как небольшая фирма Power Jets Уиттла уже не могла справиться со всеми проблемами нового перспективного реактивного двигателестроения, требовавшего подключения к работам крупных двигателестроителей).

Вторая группа, руководимая доктором А.А. Гриффитсом, была организована в моторном отделе Королевского авиационного института (Royal Aircraft Establishment - RAE).

В июле 1926 г. д-р А.А. Гриффитс в RAE представил доклад № H1111, который назывался "Аэродинамическая теория конструирования турбин" (An Aerodynamic Theory of Turbine Design). В этом докладе впервые в Великобритании было предложено практическое применение газовой турбины в качестве силовой установки для самолета. А.А. Гриффитс рассматривал турбину, приводящую осевой компрессор и вращающую винт.



Alan Arnold Griffith

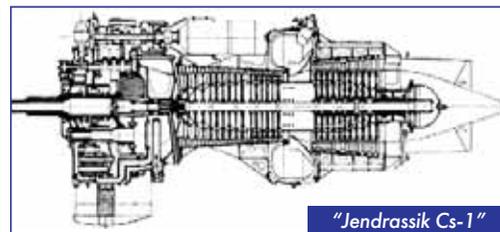
Эта идея была весьма популярна в мире - и первый ТВД был построен в 1932 году в Венгрии.

Венгрия

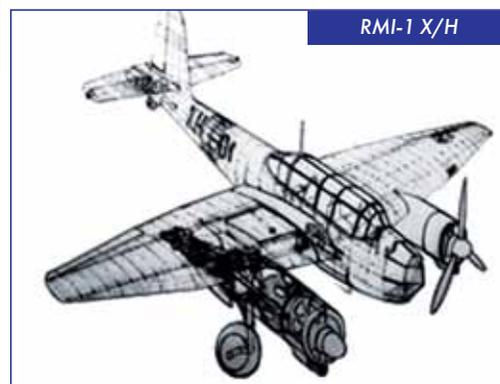
Первым в мире турбовинтовым двигателем был Jendrassik Cs-1, мощностью 1000 л.с., спроектированный венгерским инженером Дьёрдем Ендрашиком, который проводил исследования с 1932 г. Двигатель собирался и испытывался на вагоностроительном заводе Ganz в Будапеште в августе 1940 г. и предназначался для самолёта RMI-1 X/H. Он имел 15-ступенчатый компрессор и 11-ступенчатую турбину, но к 1941 г. работа была остановлена в связи с начавшейся войной.



György Jendrassik



"Jendrassik Cs-1"



RMI-1 X/H

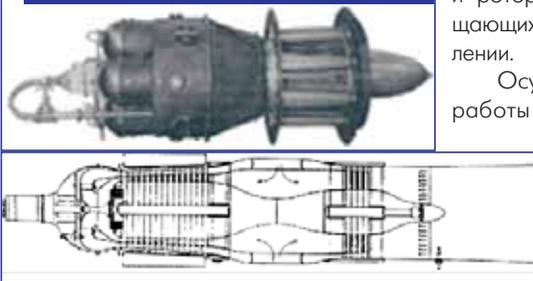
И снова - Англия

Значительное количество опытов было проделано в RAE по авиационным турбокомпрессорам. Однако, несмотря на успех экспериментов, в то время не было получено разрешение для разработки конструкции турбины, и дальнейшей работы не велось в течение нескольких лет - до 1936 г., предположительно потому, что тогдашнее правительство занималось неотложными социальными и финансовыми проблемами и их не интересовали нужды будущего. В течение этих лет в Великобритании не было прогресса в области газовых турбин.

Алан Арнольд Гриффитс родился в Лондоне в 1893 г. Его отец, исследователь, писатель и романтик, совершил несколько кругосветных путешествий. Все это вдохновило его на написание нескольких приключенческих историй, среди которых стоит упомянуть "Ангела революции" (The Angel of the Revolution), написанную в 1893 г., в которой предсказывалось свержение российской монархии, и "Изгоев Воздуха" (The Outlaws of the Air), написанную в 1895 г. В обоих научно-фантастических произведениях упоминались летающие машины тяжелее воздуха с пропеллером сзади, обеспечивающим скорость до 200 миль/час, и пятью подъемными вентиляторами для вертикального взлета. Они работали на "секретном ракетном топливе". Произведения Гриффитса-старшего (как и он сам), как футуролога-романтика техники, были весьма популярны в Англии. Недаром Герберт Уэллс подарил его фамилию своему Человеку-Невидимке.

В 1938 г. Гриффитс начал конструирование авиационного двигателя, известного как ICT (Internal Combustion Turbine). Это была чрезвычайно сложная конструкция, позже названная CR.1 (contra rotating). Она имела не менее сорока механически независимых агрегатов. Тридцать два из них принадлежали турбине, приводящей компрессор, а остальные восемь - турбине, служащей для привода вентилятора. Там был ряд колес, свободно вращающихся на зафиксированном валу. На каждом колесе были закреплены лопатки, которые представляли собой две лопатки в одной. Ближайшим к колесу был отсек компрессора. За ним следовал корпус, а за ним отсек турбины. Отсеки корпуса соединены так, чтобы получились два concentрических кольца. Внутреннее - принадлежало компрессору, а внешнее - турбине, и корпуса были изолированы друг от друга. Соседние колеса вращались в противоположных направлениях, это обеспечивало то, что напряжения на лопатках были в четыре раза меньше, чем у обычного компрессора или турбины с чередованием статорных

Двигатель CR-1 и его конструктивная схема



и роторных лопаток, вращающихся в одном направлении.

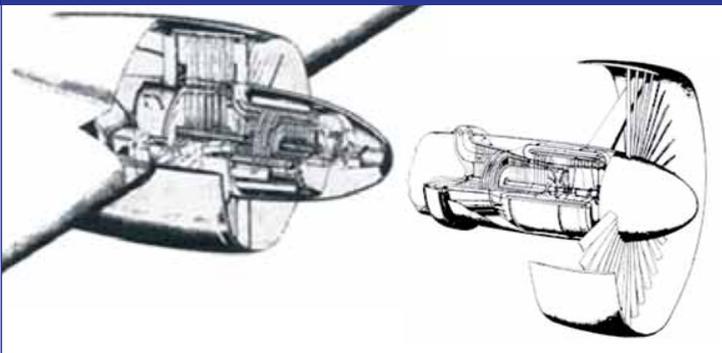
Осуществление такой работы было связано с множеством проблем, которые недооценивали в то время.

На фирме Rolls-Royce узнали, что научный потенциал Гриффитса не был использован в достаточной степени и в 1939 г. убедили его перейти к ним, давая ему полную свободу беспрепятственно развивать свои идеи.

В 1939 г. А. Гриффитсом была разработана концепция турбовентиляторного двигателя с большой степенью двухконтурности. Газогенератор (CR.1) спереди, перед многоступенчатым вентилятором.

Первый 14-ступенчатый двигатель CR.1 был построен в 1942 г. Параллельно с работой по доводке CR.1 компанией Rover Company велась работа по доводке двигателя Уиттла на заводе в Barnoldswick. В течение 1943 г. стало понятно, что потребуются годы, чтобы довести CR.1 до состояния, пригодного к полетам. Поэтому было принято решение переключиться на двигатель типа Whittle, и Rolls-Royce переняла на себя его разработку от Rover в 1943 г., а разработка CR.1 прекратилась в 1944 г.

Проекты турбовентиляторного двигателя с большой степенью двухконтурности



Хотя работы над ICT/CR.1 были закончены, доктор Гриффитс в том же году предложил новую версию ICT. Это был CR.2, называвшийся "двигатель с разделенным потоком" ("Divided Flow Engine").

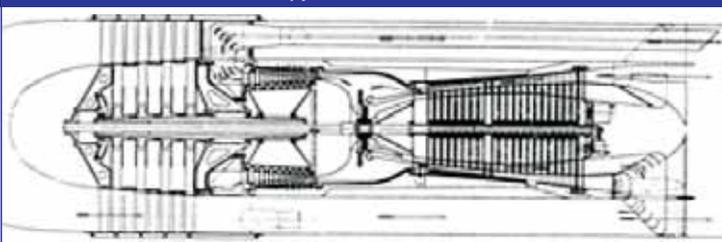
CR.2 представляет собой одну из первых конструкций двухконтурных двигателей.

Ранние двигатели Уиттла выпускались фирмой British Thomson-Houston Co, так как объединение "Power Jets" не имело производственных возможностей; точно так же RAE пришлось обратиться за помощью к другим фирмам, главным образом к фирме Метрополитэн-Виккерс (Metropolitan Vickers).

Швеция

В 1933 г. шведский инженер А. Лисхольм запатентовал газотурбинный двигатель. По его проекту в 1934 г. фирма "Bofors" ("Бофорс") изготовила для проведения стендовых испытаний турбореактивный

Конструктивная схема CR.2



двигатель. В годы войны компания Svenska Flygmotor AB (Свенска флюгмотор- AB - (SFA) (сейчас Volvo Aero) под руководством Лисхольма спроектировала ТРД Р/15-54 с двухступенчатым центробежным компрессором и четырехступенчатой турбиной, кольцевой камерой сгорания. Тяга двигателя была порядка 1800 кгс. В 1944 - 1945 гг.

фирма SAAB проектировала под этот двигатель истребители RX-1, RX-2 и R-101.

Германия

В 1934 г. Ганс Йоахим Пабст фон Охайн с механиком Максом Ханом начинают строить опытный образец газотурбинного двигателя.

10 ноября 1935 года, доктор наук Геттингенского университета фон Охайн получил секретный патент за номером 317/38 на турбореактивный двигатель, который он разработал еще в период своего обучения.

В апреле 1936 г. авиапромышленник Эрнст Хейнкель приглашает фон Охайна к себе в компанию Ernst Heinkel Aircraft и обеспечивает его всем необходимым для успешной работы.

В середине марта 1937 г. фон Охайн и его сотрудники испытывают модель двигателя на водородном топливе - HeS 1 (Heinkel Strahltriebwerk - "Реактивный двигатель Хейнкеля"), который показал тягу в 250 кгс. Испытания проходили в течение пяти месяцев, слишком долго, чтобы стать первым в мире, поскольку Франк Уиттл первые испытания своего двигателя начал в апреле 1937-го. Кроме того, двигатель Охайна был "сырым" и плохо регулируемым в отличие от уиттловского, но в то же время работа в Англии

продолжалась медленно, а в Германии она развивалась с нарастающими темпами.

27 августа 1939 года летчик-испытатель Эрих Варзитц поднял в небо первый в мире турбореактивный самолет He 178 ("Heinkel 178") с двигателем Охайна HeS 3, имевшим тягу 450 кгс.



Макс Ханн с опытным ГТД HeS 1 1935 г.

При разработке первых проектов ГТД использовался опыт создания турбокомпрессоров, применявшихся для наддува поршневых моторов с целью



Слева направо: H. Ohain, E. Heinkel, E. Warsitz

повышения их высотности.

В 1947 г. Охайн был вывезен в США в ходе операции "Paperclip" ("Скрепка") - по выявлению и вывозу в Америку американцами по возможности всех ведущих специали-

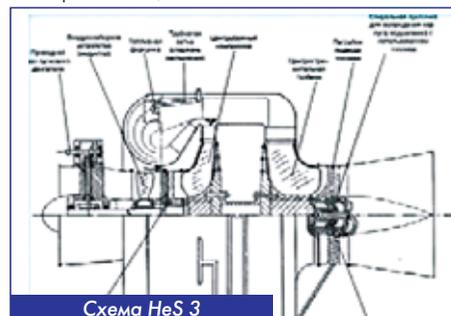


Схема HeS 3

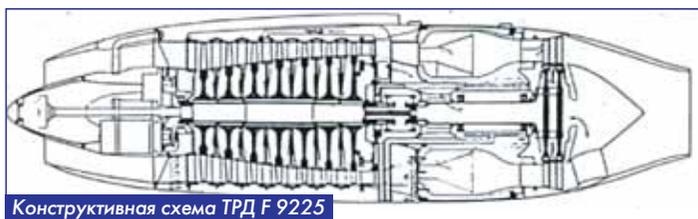
тов побеждённой Германии. В 1970-е годы Охайн являлся главным специалистом Лаборатории ВВС США Air Force Research Laboratory Propulsion Directorate. Далее Охайн - профессор Дейтонского института (США), консультант правительства США, почетный профессор Национального аэрокосмического музея США.

В это же время в магдебургском филиале фирмы Junkers Motorenwerke GmbH "Юнкерс Моторенверке Дессау АГ" профессор Г. Вагнер излагает свои предложения относительно реактивного двигателя, а в Мюнхене на фирме "BMW" и ее филиале в Шпандау специалисты приступают к разработке проектов таких двигателей.

В 1939 г. в Мюнхене под руководством доктора К. Лехнера и доктора В. Мюллера-Бернера был разработан проект F 9225 - ТРД с осевым семиступенчатым компрессором, кольцевой камерой сгорания и двухступенчатой турбиной.

Несколько позднее в Берлине-Шпандау под руководством доктора Г. Вейнриха был разработан проект P 3304 (BMW 109-002) с биротативной турбиной - вращающиеся сопловые аппараты приводили во вращение направляющие аппараты компрессора

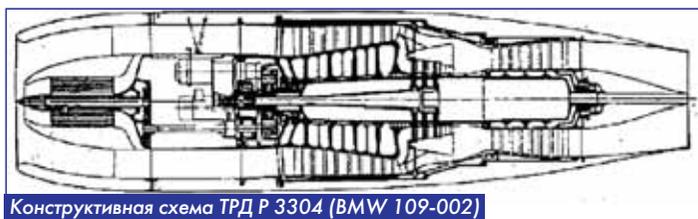
В 1942 г. разработка BMW-002 ввиду его сложности была прекращена. Еще раньше, в 1941 г. было прекращено проектирование мотокомпрессорных двигателей. В сентябре 1939 г. также были прекращены работы над двигателем с центробежным компрессором и все усилия были сосредоточены на проекте двигателя с



Конструктивная схема ТРД F 9225

осевым компрессором, разработанным на заводе в Шпандау и получившим обозначение P 3302. Он стал основой для создания ТРД BMW 109-003.

ТРД BMW-003 тягой 800 кгс., первое испытание которого было



Конструктивная схема ТРД P 3304 (BMW 109-002)

осуществлено в 1940 г., производился серийно с 1942 г. Руководил разработкой двигателя BMW-003 Г. Ойстрих. Всего было изготовлено более 700 шт. ТРД BMW-003 разных модификаций. Он применялся на самолётах He-162, Ar 234 V8 и др.

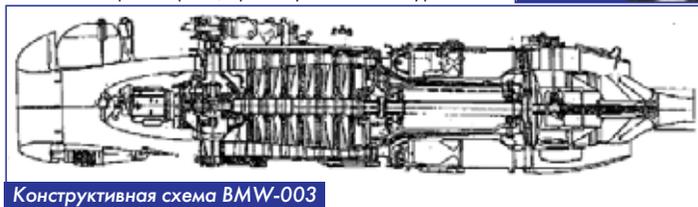
Еще в 1940 г. фирма BMW приступила к проектированию мощного турбовинтового двигателя P 3320, получившего в 1941 г. обозначение BMW-109-028. Его эквивалентная мощность на высоте 6100 м и скорости 640 км/ч должна была составлять 7940 л.с.

На основании этого проекта в 1941 г. разрабатывался ТРД P 3303, названный BMW-109-018. Проектная тяга двигателя составляла 3000 кгс.

Опытный образец с двенадцатиступенчатым компрессором, трехступенчатой турбиной



H. Oestrich



Конструктивная схема BMW-003

был построен к 1945 г.

К несчастью Охайна и Эрнста Хейнкеля (и к

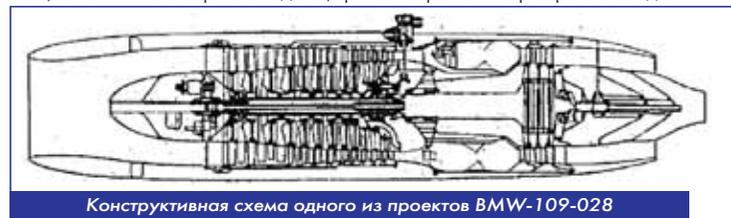


He-162



Ar-234-V8

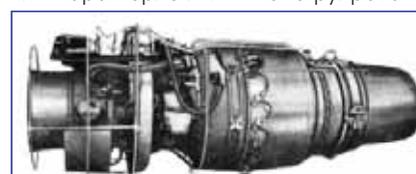
счастью для остального мира), в результате личных трений Хейнкеля с авиационным руководством Третьего рейха Эрхардом Мильхом, сменившего Эрнста Удета, финансирование разработок дви-



Конструктивная схема одного из проектов BMW-109-028

гателей Охайна производилось в недостаточной мере, хотя конструктивно они (например ТРД HeS 011 с тягой 1300 кгс.) превосходили турбореактивные двигатели подключившихся к турбореактивному моторостроению фирм Юнкерса (JUMO) и БМВ (BMW). В результате первым в мире серийным двигателем стал не двигатель Охайна (фирмы Хейнкель), а двигатель JUMO 109-004 Ансельма Франса, который разрабатывался с 1942 г. (всего было изготовлено более 6000 двигателей). Э. Мильх, вовремя не организовавший производство реактивных бомбардировщиков, по требованию Гитлера в июне 1944 г. вынужден был подать в отставку.

Моторостроительная фирма "Junkers Motorenwerke AG" предприняла предварительные работы по реактивному двигателю в 1937 г. Заказ от германского министерства авиации на разработку ТРД JUMO -109-004 фирма получила летом 1939 г. Этот двигатель, разработанный под руководством доктора А. Франца, был рассчитан на то, чтобы его можно было максимально быстро запустить в серийное производство, даже ценой некоторого ухудшения характеристик. К конструированию приступили в начале

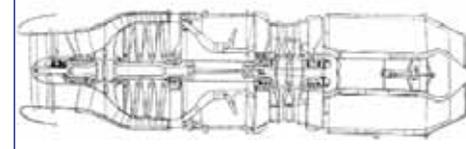


Вид и конструктивная схема HeS 011 (1944 г.)

1940 г. и в ноябре 1940 г. на стенде был испытан первый Jumo-109-004A. Его тяга была 900 кгс.

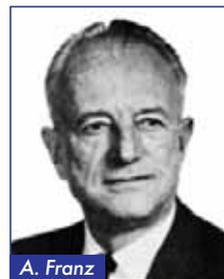
В производстве

двигателей JUMO-004 участвовали заводы, расположенные в городах Дессау, Магдебург, Кетен, Прага, Циттау и другие.



Имелась система дублирующих заводов (в том числе подземных, а среди них и те, на которых использовался труд военнопленных и своих заключённых), которые могли взять на себя производство элементов двигателей в случае выхода из строя основных предприятий. Таких заводов было более 50.

Двигатели JUMO -004 применялись на



A. Franz



Конструктивная схема JUMO -004



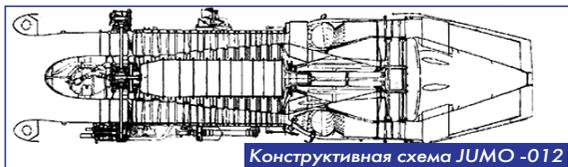
Подземный завод в Германии

Me-262 с JUMO-004

самолетах Me-262, Ar-234B, Ju-287, Ho-229, Me-1101,

He-162.

В 1944 г. фирма Junkers начала разработку нового турбореактивного двигателя JUMO-109-012 и на его базе турбовинтового JUMO -109-022. Работы над этими проектами были продолжены по окончании войны в 1946 г. на опытном заводе №2 в СССР.



Конструктивная схема JUMO -012

На фирме "Daimler - Benz AG" под руководством К. Лейста (K. Leist) был



Внешний вид и конструктивная схема ТВД 022

спроектирован и изготовлен опытный образец первого турбовентиляторного двигателя DB 109-007 на тягу 1370 кгс. Его испытание было осуществлено 1 апреля 1943 г.

Япония

В 1944 г. документация по двигателю BMW-003A на двух подводных лодках была направлена



K. Leist

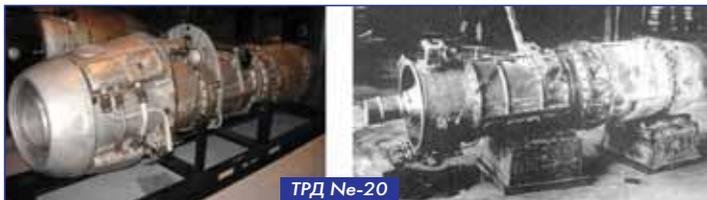


Конструктивная схема ТРДД DB 109-007

из Германии в Японию. Одна из лодок была потоплена американцами, другая благополучно добралась до Японии. Здесь под руководством Eichi Iwaya был спроектирован двигатель Ne-20, размеры которого по сравнению с прототипом BMW-003 были уменьшены, и его статическая тяга составляла 475 кгс. Двигатель был установлен на самолёте J9Y Kikka фирмы Nakajima Hikoki K K. Самолёт совершил первый полёт 7 августа 1945 г.

Франция

В 1946 г. Г. Ойстрих и около 120 специалистов по двигателям BMW стали работать на французской фирме SNECMA (Франция).



ТРД Ne-20

Самолёт J9Y Kikka



Первый ГТД этой фирмы - ATAR-101 был создан под руководством технического директора Г. Ойстриха и являлся модификацией BMW-003.

Северная Америка

Первые ГТД в США создавались самолётными фирмами. На фирме Lockheed Aircraft Corporation под руководством Натана Прайса в 1937 - 1943 гг. создавали авиационный ГТД L-1000. Его тяга составляла 2450 кгс.



АТАР-101 в музее ле Бурже

Этот двигатель предназначался для самолёта Lockheed L-133.

На фирме Westinghouse Corporation под руководством Оле Роджерса в 1942-1943 гг. разрабатывали небольшой ТРД 19А ("Yankee"). Он прошел 100-часовые испытания и был установлен в



Модель самолёта L-133

Lockheed L-1000. На фото справа - Н. Прайс

J-30, развивала 726 кгс. тяги была установлена на двухдвигательный самолет McDonald FD-1 Phantom в январе 1945 г.

Фирмой General Electric с 1941 г. разрабатывался первый американский ТВД TG-100 (Т31), мощностью 2300 л.с. для самолёта Consolidated XP-81. Первое испытание этого ТВД проходило в 1945 г.



Westinghouse 19A ("Yankee")



McDonnell XFD-1

Основное развитие газотурбинное двигателестроение в США получило после передачи фирмой Rolls-Royce документами и технологий двигателей Ф.Уиттла компаниям General Electric,

производившей на их основе J31, затем J33, и Pratt-Whitney, изготавливавшей лицензионный J42. Кроме этого фирма Wright получила от британской компании Armstrong Siddeley технологии на двигатель Sapphire, который стал обозначаться J-65.



GE J31

PW J42

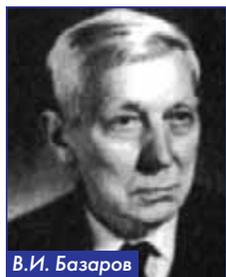
PW J48

J65

СССР

В СССР в 1924 г. конструктор Владимир Иванович Базаров (впоследствии начальник отдела перспективных разработок ОКБ А.А. Микулина) предложил схему авиационного ТВД, в которой мощность от газовой турбины передавалась компрессору и воздушному

винту. При этом воздух, выходящий из компрессора, разделялся на два потока: первый (около 25 %) направлялся непосредственно к горелке, а второй (остальные 75 %) - подмешивался к образующимся продуктам сгорания.



В.И. Базаров

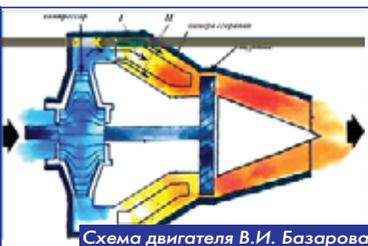


Схема двигателя В.И. Базарова

В 1925 г. Владимир Васильевич Уваров начал проводить исследования по газовым турбинам под руководством профессора Н.Р. Бриллинга, а в 1930 г. возглавил лабораторию №1 Всесоюзного теплотехнического института им. Ф.Э. Дзержинского (ВТИ). Эта лаборатория занималась разработкой и исследованием экспериментальных авиационных газовых турбин. Спустя четыре года



В.В. Уваров

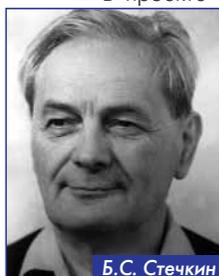


Внешний вид ТВД ЭЗ080

в ВТИ была создана и прошла длительные испытания первая отечественная высокотемпературная газотурбинная установка ГТУ-1, ставшая прообразом будущих турбовинтовых двигателей.

В 1940 г. коллектив лаборатории №1 ВТИ, накопивший опыт при проектировании первого экспериментального авиационного газотурбинного двигателя ГТУ-3, был переведен в ЦИАМ. Здесь в 1943-1946 гг. под руководством В.В. Уварова был создан и испытан летный образец экспериментального двигателя Э-3080, развивавшего мощность на валу 625 л.с. и создававшего дополнительную тягу 160 кгс. Конструктивной особенностью этого ТВД являлась высокотемпературная (1500К) охлаждаемая водой турбина.

В 1938 г. в СССР Архип Михайлович Лялька с группой единомышленников разработал проект двигателя РТД-1 с тягой 400 кгс. К этому времени была известна созданная Борисом Сергеевичем Стечкиным (1929 г.) теория реактивных двигателей, нашли практическое применение центробежные компрессоры и газовые турбины.



Б.С. Стечкин

В проекте "реактивного турбодвигателя" РТД-1 А.М. Ляльки использовались узлы, проверенные в турбокомпрессоростроении на поршневых двигателях и паротурбинных установках, т.е. обеспечивался максимально достигнутый коэффициент полезного действия (КПД) узлов.



А.М. Лялька в 20-х гг.

Проект РТД-1 был одобрен наркоматом авиапромышленности, были выделены средства на постройку опытного образца.



Проект РТД-1

А.М. Лялька переведён в Ленинград в специальное конструкторское бюро (СКБ-1) на Кировском заводе для продолжения своих работ. К проектированию будущего ГТД были привлечены конструкторы Центрального котлотурбинного института им. И.И. Ползунова. Здесь исходный проект был переработан в более мощный ТРД РД-1 с шестиступенчатым осевым компрессором.

В 1940 г. началось изготовление и испытание моделей турбины, компрессора и натурной камеры сгорания РД-1. К августу 1941 г. РД-1 с тягой 500 кгс был готов в металле на 75 %, но война вынудила прервать работы над всеми ТРД.

А.М. Лялька в 1941-1942 гг. работал на танковом заводе в Че-

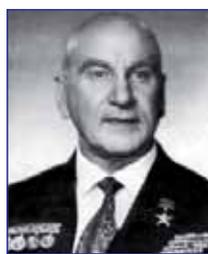
лябинске, а с 1943 продолжил создание ТРД. В августе 1945 г. первый советский турбореактивный двигатель ТР-1 был построен.

Первый в СССР опытный авиационный завод по проектированию и созданию авиационных газотурбинных двигателей - Государственный союзный опытный завод № 300 (сейчас ОАО "АМНТК "Союз") был создан 18 февраля 1943 г. Его Генеральным конструктором был назначен Александр Александрович Микулин. Первый ТРД АМТКРД-01, созданный здесь в 1948 г., успешно выдержал Государственные 25-часовые стендовые испытания. Двигатель имел восьмиступенчатый осевой компрессор, трубчато-кольцевую противоточную камеру сгорания (22 жаровые трубы), одноступенчатую турбину и регулируемое реактивное сопло с электроприводом. Двигатель имел тягу 3300 кгс.



ТР-1, первый советский ТРД

В 1949 г. прошла Государственные испытания модификация этого двигателя - ТРД АМРД-02. Этот двигатель в отличие от прото-



А.А. Микулин

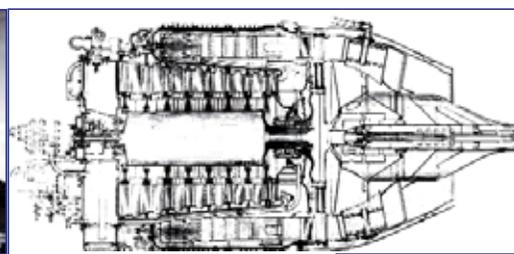


Схема АМТКРД-01

типа имел девятиступенчатый компрессор и нерегулируемое сопло. Его тяга была увеличена до 4250 кгс. Двигатель был снабжен противообледенительной системой. На двигателе впервые в отечественном авиационном двигателестроении был применен турбостартер С-300, представляющий собой ГТД с центробежным компрессором.

В 1948-1949 гг. двигатели АМТКРД-01 и АМРД-02 проходили летные испытания на опытном дальнем бомбардировщике ЕФ-140.

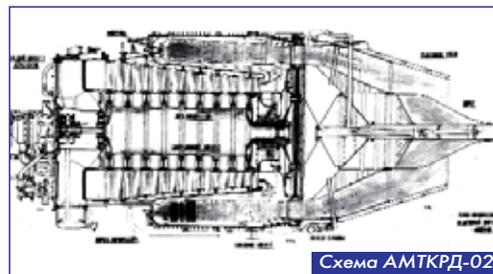


Схема АМТКРД-02



Самолёт ЕФ -140

В первые послевоенные годы на авиамоторном заводе № 36 в Рыбинске было создано ОКБ-2 НКВД, где под руководством профессора из Ленинграда Константина Ивановича Страховича, специалиста в области термодинамики, компрессоростроения, гидромеханики и газодинамики, создавался турбореактивный двигатель с тягой 3000 кгс. После 1955 г. Страхович вернулся в Ленинград, где преподавал термодинамику в ЛПИ.

Таким образом, со второй половины 1930-х гг. авиаконструкторы ведущих авиационных держав приступили к практическим разработкам идеи реактивного двигателя на самолетах. Чем и заняты по сию пору.

Связь с авторами: zrelov07@mail.ru
boeff@yandex.ru