

ДОКТОР ГАНС ФОН ОХАЙН И ЕГО РЫЧАЩИЕ ТВОРЕНИЯ

Николай Александров



В конце 1933 г. двадцатидвухлетний студент Геттингенского университета Ганс-Иоахим Пабст фон Охайн (Hans-Joachim Pabst von Ohain), только что закончивший изучение курсов физики и прикладной механики, заинтересовался проблемами создания турбореактивного двигателя (ТРД). Любопытно, что поводом для этого послужил... невероятный шум, создаваемый поршневым мотором и винтом, что, по его мнению, свидетельствовало о невысоком к.п.д. всей силовой установки. Опираясь на полученные глубоко теоретические знания, Охайн решил, что "гладкое" течение газа в ТРД будет способствовать уменьшению шума, вибраций, нагрузок на агрегаты и массы всей силовой установки. Все это он считал чрезвычайно важным для создания высокоскоростных летательных аппаратов.

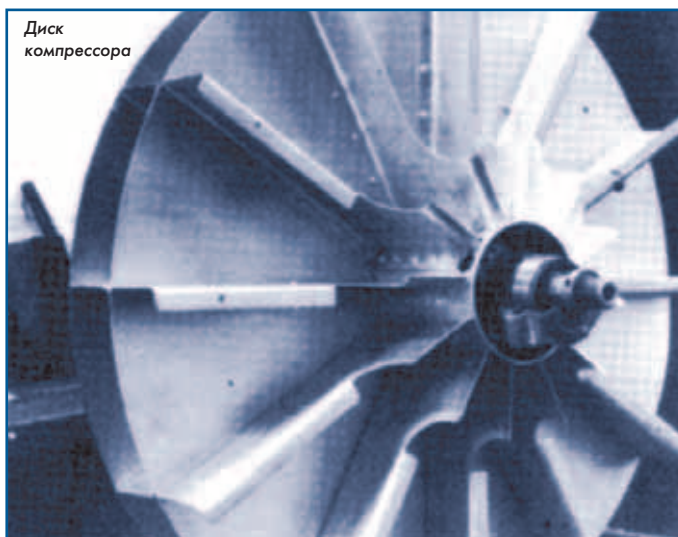
Наставниками молодого человека были известные профессора Л. Прандтль (L. Prandtl) и Р.В. Поль (R.W. Pohl). Однако они могли дать начинающему конструктору лишь самые общие рекомендации - ведь теории ТРД еще не существовало. Ознакомившись с немногочисленными работами предшественников и, в частности, с турбиной Нернста, Охайн решил сделать ставку на схему с центробежным компрессором и центростремительной турбиной, обращенными "спиной" друг к другу и имевшими одинаковый диаметр. Камера сгорания в его первых двигателях размещалась в наддисковом пространстве, что позволило до предела уменьшить

длину ТРД. Уже в то время Охайн вполне осознавал преимущества осевых компрессоров и турбин, однако, он считал многоступенчатые системы слишком сложными, практически недоступными для теоретического расчета и потому предпочел начать с более простых и дешевых колес с радиальным течением газа.

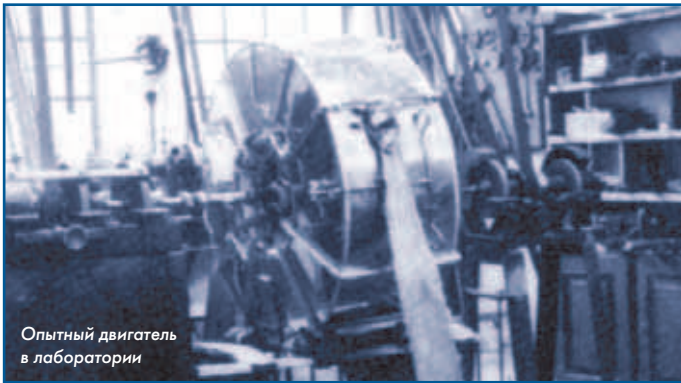
В 1934 г. Охайн разработал эскизный проект, прикинул массу узлов и рассчитал величину тяги своего первого двигателя. Степень повышения давления в компрессоре не превышала трех, а температура на входе в турбину составила 650..760 °С. В дальнейшем "старшие товарищи" указали начинающему ученому, что при указанных значениях параметров и скорости порядка 800 км/ч к.п.д. его двигателя будет раза в полтора меньше, чем у поршневого мотора одинаковой мощности. Угрожающе высокими получились и оценки удельного расхода топлива, зато масса реактивного двигателя по расчетам оказалась вчетверо меньше по сравнению с эквивалентным "поршневиком". В те времена доля двигателя в общей массе силовой установки истребителя была определяющей, тогда как масса топлива составляла не более трети от суммарной. Поэтому, несмотря на невысокий к.п.д. спроектированного реактивного двигателя, Охайн считал его достаточно перспективным.

Первым делом молодой ученый решил запатентовать свою идею, а затем стал обдумывать, каким образом можно ее "продать". Ему было абсолютно ясно, что на "бумажки с формулами и рисунками" никто не клюнет - необходимо иметь хотя бы макет реального двигателя. Охайну пришлось в голову воспользоваться услугами мастерской-гаража фирмы "Бартелс унд Беккер" для изготовления такого макета. Главным механиком мастерской был Макс Хан (Max Hahn), великолепный техник-практик и талантливый изобретатель. Собственно, с "Бартелс унд Беккер" Охайну приходилось иметь дело и раньше, когда он неоднократно ставил в мастерскую-гараж свой маленький автомобиль. Макс Хан любил побеседовать с любознательным студентом об устройстве автомашины и ее агрегатов, а также о других технических проблемах. Вскоре Охайн осознал, что в лице Хана он может приобрести незаурядного конструктора и технолога, если его удастся убедить в реализуемости идеи ТРД.

Ознакомившись с чертежами двигателя, Хан с ходу предложил кое-что усовершенствовать. Изменения были в первую очередь направлены на упрощение технологии изготовления деталей и узлов макетного ТРД. Не слишком богатое оборудование мастерской ограничивало полет фантазии конструкторов, зато совмест-



Диск компрессора



Опытный двигатель
в лаборатории

ная борьба с трудностями сблизила их, сделав единомышленниками. Изобретательность Хана в совокупности с техническим талантом Охайна обеспечили поразительный результат: стоимость изготовления макета по предварительным расчетам оказалась менее 1000 марок. Реально расходы оказались несколько большими, в основном из-за вынужденных переделок. По оценкам Охайна, в конце восьмидесятых годов изготовление точно такого же макета обошлось бы не менее чем в \$10 000.

Параллельно с практическими работами по ТРД Охайн пытался заниматься и докторской диссертацией, однако уделял ей куда меньше времени, чем раньше. В начале 1936 г. он показал своему руководителю профессору Полю результаты расчетов, основные выводы и эскизы макета ТРД. Стоит отметить, что вся эта деятельность не имела никакого отношения к теме диссертации, однако Поль, широко мыслящий и доброжелательный человек, заинтересовался и высоко оценил новую идею. Он разрешил Охайну и Хану использовать в дальнейшей работе приборы и оборудование, имевшиеся в университете. С помощью Поля удалось замерить температуру и давление в отдельных точках газового тракта работающего макета ГТД. Естественно, "изделие" не желало работать так, как запланировали начинающие конструкторы. Прежде всего, сгорание основной части топлива (бензина) происходило вовсе не там, где надлежало теоретически - в камере сгорания, а на турбине и даже за ней, в выхлопном устройстве. Длинные желтые языки пламени едва не спалили стенд, а вместе с ним и всю мастерскую "Бартелс унд Беккер".

Главной причиной неудачи оказалась примитивная конструкция камер сгорания, в которых не обеспечивалось эффективное распыление топлива и смешение его с воздушным потоком. Турбина не смогла развить мощность, достаточную хотя бы для вращения компрессора - приходилось все время "дожимать" обороты с помощью электрического стартера. Правда, нагрузка на стартер при некоторой частоте вращения начинала уменьшаться, но все же макетный ГТД в целом оказался неработоспособным. Охайн был глубоко огорчен, а Хан, прежде настроенный немного скептически, наоборот, весьма доволен результатами испытаний и, в частности, заметным уменьшением потребляемого тока стартера. "Хорошо, что языки пламени не бьют из компрессора", - шутил он.

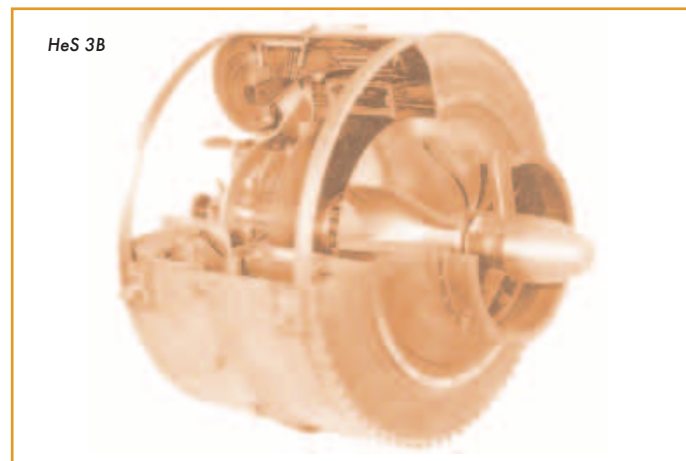
Требовалось поставить исследования "на широкую ногу", затратить соответствующие средства на изучение процессов сжигания топлива в ТРД и на создание эффективной камеры сгорания. Но

собственные деньги у Охайна закончились. Хан также не располагал возможностью финансировать продолжение работ. Тогда, обсудив сложившуюся ситуацию с компаньонами, профессор Поль написал письмо Эрнсту Хейнкелю, авиационному предпринимателю, живо интересовавшемуся реактивным движением, и дал блестящие рекомендации Охайну.

Позднее Хейнкель вспоминал: "Поль заверил меня, что идея Охайна в научном плане безупречна, и воплощение ее в практику вполне возможно. Я в тот же день написал ответ, в котором пригласил Охайна к себе в Варнемюнде.

Охайн оказался симпатичным молодым человеком. Он происходил из знатной берлинской семьи. Мне понравилась его чрезмерная уверенность в своей идее. В ходе разговора с ним я понял, что он больше теоретик и нуждается не только в средствах, но и в людях, которые способны воплотить в металл его идею. Из карандашных набросков, сделанных им, я получил представление о воздушно-реактивном двигателе, который впоследствии получил название газотурбинного. На мой вопрос, сколько ему потребуется денег на изготовление первого образца такого работающего двигателя, он, не задумываясь, ответил: "50 000 марок". Он рассчитывал построить такой двигатель за несколько месяцев. Забегая вперед, скажу, что на эту работу, увы, ушло потом полтора года и несколько миллионов марок.

Я пригласил Охайна с его ассистентом (Максом Ханом - прим. авт.) работать к себе. Зная ученых как любителей широко публиковать результаты своих исследований, я поставил перед ним условие производить разработку двигателя в строжайшей тайне. По моему распоряжению на заводе в Мариензе был построен специальный барак. Я приказал обнести его высоким забором, а у входа поста-



HeS 3B

вить охранника..."

17 марта 1936 г. Хейнкель устроил совещание с участием Охайна, братьев Зигфрида и Вальтера Гюнтер (ведущих конструкторов фирмы) и ряда других ведущих специалистов. Охайн выступил с докладом, по окончании которого его засыпали вопросами. Самолетчиков неприятно изумили высокие расходы топлива, которые он назвал, но зато воодушевило отношение тяги к массе всей силовой установки. Зигфрид Гюнтер подчеркнул, что для получения высоких скоростей следует добиваться получения удельной мощности, отнесенной к площади "лба", на уровне 2000 э.л.с./м² и более. Затем он напомнил присутствующим о том, что авиация приближается к скоростному порогу, за которым применение традиционного воздушного винта становится неэффективным. Тут снова выступил Охайн и предложил еще одну возможную область использования своего двигателя - для создания непосредственной подъемной силы. Его ТРД мог принять форму плоского цилиндра, встроенного в крыло. Однако эта идея не нашла сторонников среди инженеров, работавших у Хейнкеля. Они порекомендовали сосредоточить все усилия на доводке камеры сгорания, отбросив всякую экзотику. Эта рекомендация полностью соответствовала намерениям самого Охайна. Уже 3 апреля 1936 г. он подписал контракт, по которо-



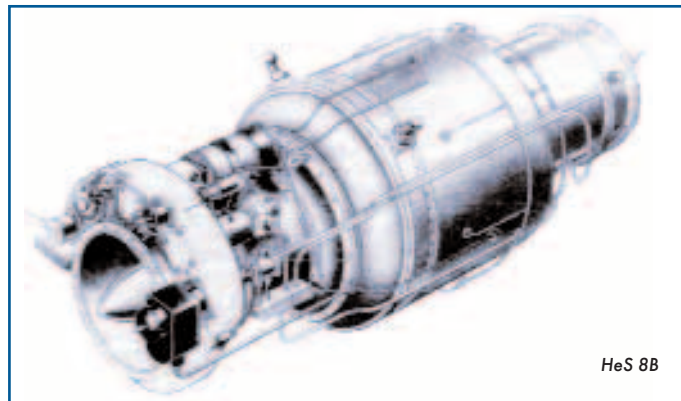
He 178 - первый в мире самолет с ТРД

му с 15 апреля 1936 г. вместе с Ханом начал работу в Мариенэе.

Честолюбивый Хейнкель спешил; он раньше других авиаконструкторов осознал огромные перспективы реактивной тяги и хотел опередить всех, создав первый в мире реактивный самолет. С 1936 г. он уже вел интенсивные исследования, направленные на создание жидкостного реактивного двигателя, а теперь получил в свое распоряжение Охайна с идеей ТРД. Отбросив надежды на государственные субсидии, промышленник финансировал обе "группы изучения реактивного движения" из собственного кармана. И, надо сказать, под его руководством дело двинулось невиданными темпами: в договоре с Охайном оговаривалась не только тяга разрабатываемого двигателя (600 кгс), но и срок его готовности к наземным испытаниям - июнь 1937 г.

Впрочем, очень скоро Охайн понял, что он поступил опрометчиво, согласившись на столь жесткие временные рамки. Он осознал, что созданный второпях второй неработоспособный вариант ТРД лишит его всякой перспективы. В связи с этим он избрал хитроумную "дуалистическую" тактику: во-первых, разрабатывать простенький образец, вобравший в себя минимум технического риска, но способный продемонстрировать безусловную работоспособность газотурбинного "движка"; во-вторых, создавать двигатель, пригодный для установки на самолет и обладающий заданными контрактом характеристиками. Успех "демонстратора", считал Охайн, позволил бы выиграть время, необходимое для доводки полномасштабного ТРД.

Наиболее сложной проблемой, преодолеть которую с ходу не представлялось возможным, была, конечно же, нормально работающая камера сгорания. Так же, как и Уиттл (см. "Двигатель" № 5, 1999 г.), Охайн изрядно намучился с ней. Вскоре ему пришла в голову идея применить в "демонстраторе" в качестве горючего газообразный во-



HeS 8B

1937 г. Два месяца ушло на доводку. В апреле демонстрационный ТРД вышел на запланированный уровень тяги; значение этого факта для преодоления все еще существовавших у самолетчиков предрассудков трудно было переоценить. Напомним, что первый двигатель Уиттла также впервые заработал в апреле 1937 г., но в отличие от охайновского он был "полномасштабным", поскольку использовал жидкое топливо. Впрочем, об успехе англичанина в Германии не знали. Охайн ликовал, Хейнкель казался вполне удовлетворенным, хотя и осознавал, что обещанного "летного" варианта ТРД он в июне не получит.

Спустя месяц Хейнкель предложил Охайну три новых контракта. В соответствии с первым глава фирмы возмещал конструктору все расходы, связанные с разработкой и патентованием идеи ТРД. Второй контракт сулил Охайну место начальника конструкторского отдела, подчиненного лично Хейнкелю. Третий контракт представлял собой лицензионное соглашение. Все три договора были подписаны 13 мая 1937 г. И вновь Хейнкель настоял на чрезвычайно жестких сроках создания летного двигателя: не позднее осени 1937 г. Его тяга должна была составить не менее 500 кгс.

В создании работоспособной камеры сгорания, использующей жидкое топливо, огромную роль сыграл Хан. Именно ему принадлежала идея предварительной подготовки бензина к сжиганию путем его нагрева с образованием бензиновых паров и даже с дальнейшей "атомизацией". Первое время получение паров производили в специальном реакторе с электрообогревом, позднее подогреватели ввели в конструкцию самой камеры сгорания. Что касается генерирования атомизированных топливо-воздушных смесей, то здесь Хана ждала неудача: созданные им устройства не обеспечивали надежной работы двигателя на пусковых и переходных режимах.

Зато другое предложение Хана пришлось весьма кстати. Для обеспечения полного сжигания топлива требовалось удлинить камеру сгорания, но простое увеличение расстояния между дисками компрессора и турбины вело к нежелательному росту массы и габаритов двигателя. Хан предложил повернуть часть потока воздуха на выходе из компрессора на угол порядка 135°, а другую часть смешивать с горячими газами перед входом в турбину с целью ограничения температуры. Двигатель получил характерный "завиток улитки" над осевой ступенью компрессора (еще одна новинка, введенная Охайном). В "завитке" разместились топливные форсунки. Вскоре конструкция камеры сгорания, предложенная Ханом, была запатентована. Введение осевой ступени компрессора способствовало существенному повы-

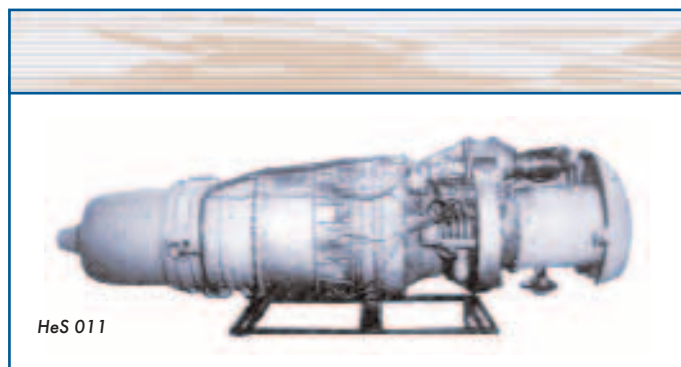


Истребитель He 280

дород, что резко упрощало проблему смешения с окислителем. Внутри кольцевой камеры сгорания размещались многочисленные профилированные пустотелые лопатки с отверстиями в задней кромке. Водород подавался по трубопроводу ко всем лопаткам, далее он смешивался с потоком воздуха и поджигался. Его сгорание, по расчетам Охайна, должно было происходить весьма интенсивно и заканчиваться еще до турбины; к.п.д. последней от этого, естественно, возрастал.

Уже во второй половине мая Охайн с трепетом обсудил идею "демонстратора" с "добрым дядюшкой" Хейнкелем. Вопреки опасениям, тот воспринял предложение позитивно, но вновь назначил очень жесткий срок: не более полугодика на проектирование и изготовление работоспособного образца. В помощь Охайну и Хану Хейнкель выделил дипломированного инженера Вильгельма Гундермана и двух квалифицированных чертежников. Узнав об установленном сроке, Хан и Гундерман в один голос заявили: "Это невозможно". И тут же горячо взялись за дело. Гундерман прекрасно вписался в команду, предложив немало блестящих инженерных решений. Хан занимался технологическими и производственными вопросами, сам Охайн выполнял аэродинамические и термодинамические расчеты.

Как ни спешили, но все-таки к полугодовому сроку не успели: "демонстратор" был готов к испытаниям только в конце февраля



HeS 011

шению степени повышения давления и к.п.д. Летом 1938 г. Охайн принял решение не вносить новых существенных изменений в конструкцию двигателя и попытаться "довести до ума" то, что уже имелось.

Еще в конце 1937 г. по распоряжению Хейнкеля братья Гюнтер приступили к проектированию экспериментального самолета с турбореактивным двигателем. На чертежной доске постепенно возникла машина с прямым высоко расположенным крылом и двигателем, установленным внутри фюзеляжа. Позади носового воздухозаборника размещалась кабина пилота, а за ней - ниши основных стоек шасси. Длинный воздуховод проходил под кабиной, горячие газы отводились через столь же длинную жаровую трубу. В общем, по компоновке самолетик, впоследствии получивший наименование He 178, предвосхитил появление ставших впоследствии классическими однодвигательных истребителей класса МиГ-15, "Сейбра" или "Тандерджета". Планер и все системы были готовы "в металле" уже в середине 1938 г., но до первого полета машины прошло немало времени из-за неготовности двигателя.

Первый "летный" экземпляр ТРД, названного HeS 3B, впервые поднялся в воздух на самолете-лаборатории He 118 весной 1939 г. Турбореактивный двигатель массой 360 кг подвесили под фюзеляжем, благо что "сто восемнадцатый" имел длинные стойки шасси. Хейнкель вспоминал: "Летные испытания двигателя производились

рано утром, когда на заводе еще не было рабочих. Это помогало нам избавиться от многочисленных зевак. После взлета на собственном моторе, включался турбореактивный двигатель. Из его сопла вырывалось яркое пламя, и самолет в этот момент напоминал летящий метеор. Испытания двигателя продолжались до тех пор, пока не вышла из строя турбина..."

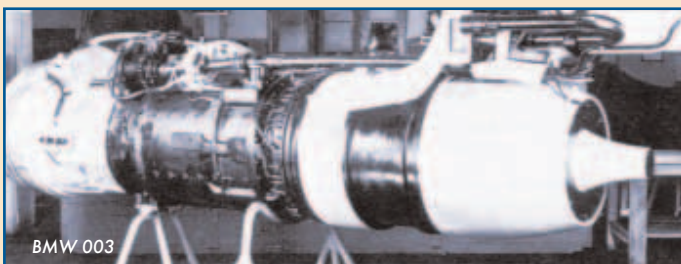
Дотянуть до заданных Хейнкелем 500 кг тяги долго не удавалось. С меньшей тягой, как показали расчеты Гундермана, полеты с короткой заводской полосы были небезопасными. Все лето ушло на непрерывную доводку, и вот, в середине августа второй экземпляр HeS 3B тягой 450 кг смонтировали в фюзеляже He 178. Сделав несколько пробежек, летчик Эрих Варзиц доложил о готовности к первому полету самолета с ТРД. Он состоялся 27 августа 1939 г., всего за несколько дней до начала Второй мировой войны.

"Машину выкатили на старт. Варзиц занял место в кабине, - вспоминал Хейнкель. - Я помахал ему рукой и пожелал благополучного полета. Заревела турбина. В этот момент я заметил, как маленькая птичка попыталась прошмыгнуть перед носом самолета. Ее мгновенно затянуло в воздухозаборник двигателя..."

Машина оторвалась от взлетной полосы и быстро набрала высоту 300...400 м. Что-то произошло с шасси, оно не убиралось. Мы видели, как на высоте 500 м Варзиц сделал глубокий выраз, пытаясь

СЕРИЙНЫЕ НЕМЕЦКИЕ ТРД ПЕРИОДА ВТОРОЙ МИРОВОЙ ВОЙНЫ

Моторостроительная фирма BMW приступила к разработке авиационных турбореактивных двигателей в 1937 г. Первое время исследования проводились на средства компании и были направлены на создание ТРД с центробежным компрессором. Однако после передачи BMW завода фирмы Bramo, в ОКБ которого был сконструирован двигатель с осевым компрессором, фирма



BMW 003

сочла целесообразным продолжить работы именно в этом направлении. В августе 1939 г. BMW получила официальное задание от министерства авиации на два образца ТРД:

- двухвальтный 109-002 со встречным направлением вращения соседних ступеней осевого компрессора и встречным вращением ступеней турбины;

- упрощенный 109-003 с семиступенчатым осевым компрессором, кольцевой камерой сгорания и одноступенчатой турбиной.

Вскоре от первого проекта из-за его чрезмерной сложности пришлось отказаться, и фирма сосредоточила внимание на двигателе 109-003. Его разработкой руководил Герман Ойстрих (Hermann Oestrich). В техническом задании министерства статическая тяга двигателя у земли задавалась равной 680 кгс, при первом испытании в августе 1940 г. удалось получить лишь 150 кгс. После десятидневной доводки опытный 109-003 подвесили под фюзеляжем летающей лаборатории Vf 110 и провели летные испытания, а в ноябре 1941 г. два ТРД смонтировали на истребителе Me 262. Поскольку тяга каждого из них в то время не превышала 450 кгс, в носовой части "мессера" установили дополнительный поршневым мотор Junko 210G. В первом же полете оба двигателя по очереди загорелись, пилоту Венделю с трудом удалось посадить самолет. Причиной пожаров явилось разрушение лопаток компрессоров.

Только к августу 1943 г. группе Ойстриха удалось довести ресурс двигателя до 25 ч, а его тягу - до 800 кгс. Следует отметить, что с самого начала этот ТРД рассматривался министерством авиации

как "интеллектуальный" (с меньшими по сравнению с изделием фирмы Junko массой, габаритами, но и с более сложной технологией изготовления). Конструкторам удалось обеспечить весьма высокий по тем временам к.п.д. компрессора (84%), добиться надежной работы турбины при температуре на входе 900 °С (благодаря применению охлаждаемых воздухом полых лопаток). Ранние варианты 109-003 оснащались разнообразными электромеханическими устройствами регулирования и обеспечения безопасности двигателя, от которых, впрочем, позднее пришлось отказаться из-за невозможности налаживания серийного производства. Фирма BMW работала также над модификацией 109-003R, состоявшей из ТРД и жидкостного ускорителя 109-718 тягой 1250 кгс.

В 1944 г. "доведенный до ума" 109-003A-1 был запущен в серийное производство, прежде всего для оснащения четырехдвигательного реактивного бомбардировщика-разведчика Ar 234C, а начиная с поздней осени - для одномоторного реактивного истребителя He 162. Обе машины ограниченно применялись "люфт-ваффе" на заключительном этапе войны, однако масштабы их боевого использования были невелики по сравнению с получившим всемирную известность истребителем Me 262. В серийном производстве этот самолет оснащался двумя ТРД фирмы Junkers.

Еще в 1939 г. ее моторостроительное отделение (Jumo) по заданию министерства авиации приступило к созданию турбореактивного двигателя тягой 600 кгс при скорости полета у земли 250 м/с и взлетной тягой 760 кгс. Работы по ТРД, получившему обозначение 109-004,



Ar 234

возглавил доктор Ансельм Франц (Anselm Franz), расчет аэродинамической схемы осевого компрессора выполнил инженер Энке.

При создании двигателя главное внимание уделялось обеспечению надежности и гарантированной работоспособности, порой даже в ущерб удельным характеристикам, в связи с чем он получился заведомо переразмеренным и перетяжеленным. Степень повы-

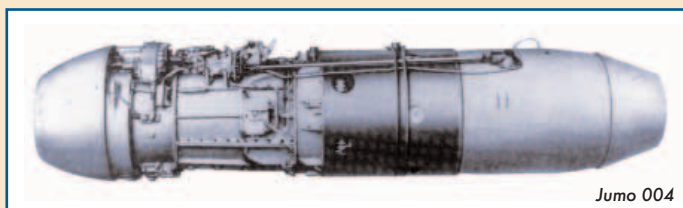
его убрать. Так и хотелось ему закричать:

- Да черт с ним, с этим шасси. Можешь его не убирать. Главное - машина летит!

Непривычный вой турбореактивного двигателя звучал теперь для нас музыкой... На шестой минуте полета Варзиц, выключив двигатель, пошел на посадку. Планировать на первый раз поднятой в небо машине было очень рискованно. Мы затаили дыхание. Но He 178 плавно приземлился и красиво закончил пробег на взлетно-посадочной полосе. Мы всей толпой бросились к остановившейся машине. Первыми туда прибежали механики. Они, словно морковку из грядки, вытащили из кабины Варзица и, взвалив его на плечи, понесли, неистово вопя от восторга..."

Увлеченное подготовкой к войне, руководство рейха не уделило должного внимания технической новинке. Начальник Технического управления "люфтваффе" Эрнст Удет вяло поздравил конструкторов и летчика, а взглянуть на He 178 удалось только в ноябре 1939 г. К этому времени Хейнкель, поинтому видевший перспективы реактивной авиации, сумел переманить группу конструкторов, которая занималась созданием ТРД с осевым компрессором в моторостроительном подразделении Jumo компании Junkers. К концу 1939 г. у Хейнкеля над созданием турбореактивных двигателей трудились уже 120

шения давления на ступенях компрессора конструкторы выбрали весьма умеренной, в интересах упрощения доводки применили не кольцевую, а шесть небольших отдельных камер сгорания, температуру газов на входе в турбину ограничили 750 °С. Принятые меры дали свои плоды: уже в ноябре 1940 г. опытный образец двигателя установили на стенд, а в марте 1942 г., обеспечив 25-часовой ресурс, - на летающую лабораторию Vf 110 для проведения испытаний в воздухе. В начале лета предсерийные двигатели 109-004A-0



Jumo 004

были смонтированы на истребителе Me 262. К этому времени статическую тягу удалось довести до 840 кгс. 18 июля 1942 г. самолет впервые смог подняться в воздух без дополнительного поршневого мотора в носу фюзеляжа. Впрочем, не прошло и месяца, как машина потерпела аварию при взлете.

В январе 1943 г. конструкторы Jumo разработали модернизированный вариант двигателя 109-004B-0 и начали подготовку к запуску его в серийное производство. В этом образце были широко использованы достижения фирмы BMW, в частности, благодаря применению полых охлаждаемых лопаток удалось значительно повысить надежность турбины. Тем временем Вилли Мессершмитт также доработал свой самолет, снабдив его трехколесным шасси с носовой опорой. К счастью для союзников по антигитлеровской коалиции, в результате ряда субъективных и объективных причин реактивный истребитель Me 262 был запущен в серийное производство только летом 1944 г. К этому времени германская авиационная промышленность постоянно подвергалась массированным налетам англо-американской авиации. Успешное наступление Красной Армии заметно сузило сырьевую базу, стали остродефицитными легирующие материалы, крайне необходимые для изготовления жаростойких лопаток турбин.

В связи с усилившимися бомбардировками Германии предприятия по производству авиадвигателей стали переводить в подземные убежища, крупнейшим из которых стал завод вблизи Нордхаузена. Несмотря на сложную обстановку, группа Франца продолжала совершенствование своего ТРД. Так, в модификациях 109-004D и E было внедрено дожигание топлива за турбиной (форсажная камера). Тяга двигателя в указанном режиме кратко-

конструкторов и чертежников!

Максимальная скорость, достигнутая He 178 с HeS 3B, не превысила 600 км/ч. Между тем Охайн и Хейнкель мечтали о скоростях порядка 800...1000 км/ч. Спроектированный группой Охайна улучшенный двигатель HeS 6 мог обеспечить "сто семьдесят восьмому" только 780 км/ч. Этот уровень уже не устраивал Хейнкеля, и он решил прекратить работы по He 178.

В начале 1940 г. группа Макса Адольфа Мюллера (Max Adolph Mueller), перебравшаяся из Jumo, получила задание на разработку двигателя HeS 30 с осевым компрессором, а Охайн и его группа начали разработку двигателя HeS 8 (обозначение министерства авиации - 109-001) с осецентричным компрессором, весьма сходного с их реактивным первенцем, но с усовершенствованной турбиной и камерой сгорания. Оба коллектива внимательно отслеживали успехи и неудачи друг друга, поскольку их двигатели на конкурсной основе предназначались для реактивного истребителя He 280. Опыт создания первого в мире самолета с ТРД показал, что в то время наиболее целесообразной являлась схема двухдвигательной машины, позволявшая укоротить каналы воздухозаборников, жаровые трубы и высвободить место в носу фюзеляжа для вооружения. На такой схеме для He 280 остановился Хейнкель, а впоследствии В. Мессершмитт для Me 262 и конструкторы фирмы Gloster для истребителя "Meteor" избрали

временно доводилась до 1100...1200 кгс. Для устранения заброса температуры при резком перемещении рычага управления двигателем вперед ТРД 109-004D впервые в мире оснащался автоматом приемистости. Фирме Jumo удалось полностью автоматизировать все операции на этапе запуска двигателя.

Масштабы производства реактивных двигателей в Германии в годы войны впечатляют: до момента капитуляции немцы успели изготовить более 6400 Jumo 109-004 и свыше 700 BMW 109-003.

ОСНОВНЫЕ ТТХ СЕРИЙНЫХ НЕМЕЦКИХ ТРД

Характеристика	BMW 109-003A-1	Jumo 109-004B-1
Взлетная тяга $P_{взл}$, кгс	800	900
Удельный расход топлива $C_{уд.взл.}$, кг/кгс·ч	1,4	1,4
Расход воздуха $G_{в.}$, кг/с	19	21,2
Степень повышения давления π_k	3,1	3,14
Температура газов перед турбиной, К	1173	1048
Масса двигателя, кг	660	745
Длина, м	3,64	3,86
Диаметр, м	0,69	0,76

По конструктивно-схемному решению серийные немецкие ТРД периода Второй мировой войны оказались гораздо ближе к "стержневому" направлению мирового двигателестроения, нежели британские. Следует отметить, что американцы, получив в свое распоряжение английский двигатель W.2B в 1942 г. и немецкие - в



Me 262

1945 г., колебались недолго и сделали выбор в пользу ТРД с осевым компрессором уже в 1946-1947 гг. А вот советским конструкторам и производственникам пришлось пройти тернистый путь: вначале освоить изготовление реактивных Jumo и BMW, затем "окунуться" в тупиковое ответвление английских "Нинов" и "Дервентов", и лишь в начале пятидесятых перейти к производству отечественных турбореактивных двигателей. Но, как говорится, за одного битого двух небитых дают...

ЭТАПЫ СОЗДАНИЯ ГАЗОТУРБИННОГО ДВИГАТЕЛЯ

Год	Великобритания	Германия	СССР	США
1929	Идея ТРД (Уиттл)			
1930	Патент на ТРД			
1933		Идея ТРД (фон Охайн)		
1935		Патент на ТРД		
1936	Создание фирмы "Пауэр Джетс Лтд."		Начало работ по авиационному ГТД (Уваров)	
1937	Испытание первого опытного ТРД W.U	Испытание первого опытного ТРД HeS 1	Проект первого ТРД РТД-1 (Люлька)	
1938			Испытание первого опытного ТВД ГТУ-3	
1939		Первый полет самолета с ТРД (He 178)		
1941	Первый полет самолета с ТРД (Gloster E28/39)		Авторское свидетельство на ТРДД (Люлька)	Великобритания передала документацию и один экземпляр ТРД W2B
1942				Первый полет самолета с ТРД (Bell XP-59)
1943	Начало серийного производства ТРД (DH H-1 "Goblin")	Начало серийного производства ТРД (Jumo 109-004)		Начало разработки собственного ТРД (GE J35)
1944	Начало серийного производства самолета с ТРД (Gloster "Meteor" с W2B)	Начало серийного производства самолета с ТРД (Me 262 с Jumo 109-004)		
1945			Испытание первого опытного ТРД С-18 (Люлька)	Начало серийного производства самолета с ТРД (Lockheed P-80 "Shooting Star" с GE J33)
1946			Начало серийного производства ТРД РД-10, РД-20. Начало серийного производства самолета с ТРД (МиГ-9 с РД-10, Як-15 с РД-20)	Начало серийного производства самолета с ТРД собственной разработки (Republic P-84 "Тандерджет" с GE J35)
1953			Начало серийного производства отечественного ТРДАМ-3 (Микулин). Начало серийного производства самолета с отечественными ТРД (Ту-16 с АМ-3)	

аналогичную компоновку.

Охайн сумел опередить конкурентов из группы Мюллера. Более того, германский реактивный истребитель He 280 с двигателями HeS 8 впервые поднялся в небо 30 марта 1941 г., а стало быть, на полтора месяца раньше английского опытного самолета Глостер E29/39! Правда, "движок" оставался сырым во всех смыслах (на первый полет его даже не стали закрывать капотами - опасались течи керосина из многочисленных соединений). Для начала двигатель отрегулировали на тягу 500 кгс, в то время как номинальным значением считалось 700 кгс. В дальнейшем Охайну удалось довести тягу HeS 8 до 750 кгс, с такими "движками" He 280 смог разогнаться до скорости 820 км/ч на высоте 6000 м, но это произошло только в августе 1943 г.

Плохие взаимоотношения между Хейнкелем и Мильхом, сменившим Удета на посту руководителя Технического управления "люфтваффе", сильно затормозили работы фирмы по реактивной технике. Назначив своего представителя на завод Хейнкеля, занимавшийся доводкой ТРД, Мильх принялся откровенно подыгрывать конкурентам - фирмам Jumo и BMW, также подключившимся к созданию турбореактивных "движков". Быстро разработанный под руководством Ансельма Франца двигатель Jumo 109-004 стал для главы Технического управления беспспорным фаворитом, на втором месте по рейтингу предпочтений оказался BMW 109-003 Германа Ойстриха.

В этих условиях неудача постигла группу Мюллера, создавшую для Хейнкеля весьма легкий двигатель HeS 30 массой 380 кг, который летом 1941 г. достиг тяги 750 кгс. Многочисленные неполадки и аварии обесценили его выдающиеся удельные характеристики. Двигатель был чрезмерно легким, для его доводки требовались годы и годы. В 1942 г., уже после ухода Мюллера от Хейнкеля, очередной вариант HeS 30 развил тягу 900 кгс, но в марте 1943 г. все работы по нему были свернуты под предлогом сосредоточения усилий на организации серийного производства двигателей Jumo и BMW.

Еще одно фиаско поджидало Хейнкеля с реактивным истребителем. При его создании конструкторы чересчур оптимистично оценили экономичность ТРД, в результате запас топлива оказался недостаточным (всего 920 кг). При суммарной тяге двух двигателей порядка 1400 кгс и удельном расходе на уровне 1,2...1,3 кг/кгс·ч топлива могло хватить всего на 30-35 мин, что не обеспечивало эффективного боевого использования машины. Me 262 имел значительно большую массу (около 6000 кг против 4200 кг у He 280); довольно широкий, треугольный в сечении фюзеляж позволял легко разместить объемистые баки с керосином. Максимальная емкость баков составляла на мессершмитовской машине 2520 л, что гарантировало продолжи-

тельность полета 1,5 ч и перегоночную дальность порядка 1000 км. В качестве других достоинств "мессера" называли мощное вооружение (4 пушки калибра 30 мм) и недефицитность материалов для изготовления. Плюс предвзятость со стороны Мильха...

Но были у Хейнкеля и союзники в министерстве авиации. Один из них, Гельмут Шелп, руководил в министерстве авиации подразделением, курировавшим создание газотурбинных двигателей. Он не обладал достаточным влиянием, чтобы "скомпенсировать" Мильха, но имел право выдавать технические задания на разработку новых ТРД. Высокие удельные характеристики, которых добивались конструкторы Хейнкеля на своих двигателях, Шелп считал важнейшими индикаторами технического прогресса. В декабре 1942 г. компания Хейнкеля получила заказ на разработку ТРД второго поколения. Двигатель 109-011 должен был иметь статическую тягу 1300...1600 кгс, что приблизительно вдвое превышало достигнутый показатель ТРД первого поколения.

Разработку возглавил Охайн. Для компрессора со степенью повышения давления (π^*k) порядка 5...6 он выбрал оригинальную схему: пять осевых ступеней плюс одна "диагональная". Шелп вмешивался во все детали проектирования. Так, он настоял на применении двухступенчатой охлаждаемой турбины с тем, чтобы в дальнейшем, добавив еще одну ступень компрессора, выйти на $\pi^*k = 8!$ Заметим: на серийных германских ТРД этот показатель не превышал 3,2. Конструкция 109-011 не предусматривала никаких элементов управления геометрии проточной части двигателя, "нормальный" двигатель с осевым компрессором и турбиной при аналогичных π^*k потребовал бы их обязательного внедрения, особенно для обеспечения пускового режима.

В конце 1943 г. новый двигатель был изготовлен и установлен на стенд. Первые пуски, как обычно, выявили недобор тяги (всего 600 кгс) и массу других проблем. На их решение ушел год: в конце 1944 - начале 1945 г. 109-011 устойчиво работал, развивая тягу 1300 кгс. Переход к летным испытаниям планировался на июнь 1945 г., но война для Германии, как известно, закончилась раньше. Несколько изготовленных двигателей 109-011 нашли свое место в музеях США и Великобритании.

Сам Охайн в 1947 г. эмигрировал в Америку, где сначала работал научным сотрудником на авиабазе ВВС в Райт-Паттерсон, а с 1963 г. - главным научным сотрудником в "Аэроспейс Рисеч Лаборэтриз". Со временем американские коллеги высоко оценили его лояльность и компетентность: Охайн стал профессором Дейтонского университета, консультантом правительства, почетным профессо-