

К ИСТОРИИ СОЗДАНИЯ ПЕРВОГО СОВЕТСКОГО ТУРБОРЕАКТИВНОГО ДВИГАТЕЛЯ *

Академик ЛЮЛЬКА А. М.,
КУВШИННИКОВ С. П.

Технические открытия, как правило, отражают современное состояние науки и техники. Это не значит, что не бывает открытий, опережающих свое время. Таких открытий за всю историю техники было немало. Но о них вспоминали лишь тогда, когда приходило их время, когда состояние техники достигало уровня, позволяющего применить сделанное открытие на практике.

Созданию воздушно-реактивных двигателей (ВРД) в качестве силовых установок самолетов предшествовал длительный период, когда закладывались необходимые для этого предпосылки. Начало этого периода трудно обозначить какой-либо датой, трудно назвать и первую работу, которую можно было бы считать исходной в создании реактивных двигателей.

Если подходить к этому вопросу строго, то мы вынуждены обратиться к весьма давним временам, когда человек впервые наблюдал в природе явления, связанные с реактивной силой. Однако основные работы в смежных областях техники и в разделах фундаментальных наук, относящиеся непосредственно к развитию идеи ВРД, выполнены лишь в конце XIX и в начале XX в. Здесь прежде всего следует назвать работы наших выдающихся ученых Н. Е. Жуковского и К. Э. Циолковского.

Значение силовой установки в развитии летательных аппаратов тяжелее воздуха очень велико. В зависимости от ее вида менялись и облик, и принципиальные возможности летательного аппарата. Поэтому рождение нового вида силовой установки производило революцию в развитии летательных аппаратов. Появление в начале нашего века легкого бензинового поршневого мотора позволило поднять самолет в воздух и обеспечить ему самостоятельный управляемый полет. Эра самолетов с поршневым мотором, вращающим воздушный винт, который создает тягу, длилась немногим более 40 лет. К середине 1940-х годов были в основном исчерпаны возможности их дальнейшего развития. И только применение силовой установки с турбореактивным двигателем (ТРД) позволило поднять самолетостроение на новую ступень, создать новое направление в развитии авиации — самолеты с ТРД стали летать со скоростью, превышающей скорость звука. С помощью ракетных двигателей человек преодолел земное притяжение и осуществил космические полеты.

Однако не следует понимать сказанное так, что двигательные установки появляются и развиваются сами по себе, независимо от летательных аппаратов. Напротив, двигательные установки, являясь составной частью летательного аппарата, зависят от состояния его развития, но в то же время активно влияют на развитие авиации, космонавтики.

* Статья подготовлена по материалам доклада, прочитанного в январе 1980 г. в Институте истории естествознания и техники АН СССР на IV Объединенных научных чтениях по космонавтике.

В конце 30-х годов авиация с поршневым мотором бурно развивалась. Самолеты различных назначений строились тысячами. Скорость полета со времени появления первого самолета возросла в несколько раз и достигла 600 км/ч, появились самолеты с грузоподъемностью в несколько тонн. Мощность поршневых бензиновых двигателей возросла с 25—40 до 1200 л. с., разрабатывались моторы на значительно большую мощность. И казалось, что самолеты с поршневыми двигателями просуществуют еще десятки лет. Однако анализ перспектив применения самолетов с поршневыми двигателями, проводившийся учеными и инженерами уже в 20—30-х годах, показывал, что пределы применения винтомоторной силовой установки не так уж далеки. И дело не только в том, что увеличение мощности поршневого двигателя давалось все трудней и трудней; но наступал предел возможности применения воздушного винта как средства получения тяги, движущей самолет, из-за резкого падения его КПД при увеличении скорости полета.

В 1929 г. в СССР была опубликована статья проф. Б. С. Стечкина «Теория воздушного реактивного двигателя» [1], в которой по существу впервые рассматривался ВРД строго с научной точки зрения. В статье приводилась принципиальная схема ВРД и, опираясь на все, что было накоплено до этого по реактивной технике, давалась теория рабочего процесса двигателя. В статье давался также вывод формулы тяги и полного коэффициента полезного действия ВРД.

Французский ученый Морис Руа в 1930 г. в своей замечательной книге «О полезном действии и условиях применения ракетных аппаратов» [2] показал, что начиная со скорости полета 1000 км/ч, а если учесть падение КПД винта, то с 800 км/ч., выгоднее, экономичнее применять не воздушный винт, а турбореактивные двигатели, которые дают тягу за счет реактивной силы, получаемой от вытекающей из сопла с большой скоростью струи газа.

В 30—40-х годах в СССР проф. В. В. Уваровым проводились большие работы по газовым турбинам. Он был сторонником замены в авиации поршневого мотора газовой турбиной, в которой используется вся энергия газа, а избыточная мощность ее передается винту. Работы В. В. Уварова [3] также были основополагающими и сыграли большую роль в создании газотурбинных двигателей.

Но все это были единичные работы, и они не привлекли к себе внимания широкого круга ученых и инженеров, занимавшихся авиационными силовыми установками и увлеченных дальнейшим совершенствованием самолетов с поршневыми моторами, которые переживали период бурного своего развития.

В 30-х годах в нашей стране разворачивается широкая сеть тепловых электростанций. Для обеспечения их паросиловыми установками создаются три центра: в Москве, Ленинграде и Харькове. В этих городах концентрируются научно-технические кадры и производственные мощности. В ту пору у нас уже изготавливались паровые турбины мощностью 25—50 тыс. кВт, готовились к производству турбины мощностью 100 тыс. кВт. Наряду с этим проводились поисковые работы по созданию стационарных газовых турбин. Все это создавало благоприятную обстановку для развертывания работ по применению в авиации турбин вместо поршневого мотора. Появился ряд предложений по замене поршневого мотора паровой турбиной как наиболее отработанной в стационарных условиях. Казалось, что применение паровой турбины в авиации должно принести успех в самое ближайшее время.

В пользу турбины выдвигались следующие доводы:

- получение огромной мощности в одном агрегате, во много раз превосходящей мощность поршневого мотора;
- возможность работы на более дешевом топливе;
- значительное повышение ресурса и надежности работы.

Для повышения экономичности паросиловых авиационных установок предлагались различного рода усовершенствования: регенерация тепла, создание наддува топки парового котла компрессором и использование выходящих из топки горячих газов для работы газовой турбины, мощность которой используется в дополнение к получаемой мощности от паровой турбины. Но «ахиллесовой пятой» для паросиловой авиационной установки оказался конденсатор, назначение которого — конденсировать отработанный пар и возвращать воду обратно в паровой котел. Так как расходы воды в паросиловых установках огромны, то применение их в авиации возможно только при организации кругового цикла без сколько-нибудь значительных потерь воды. Оказалось, однако, что для конденсирования отработанного пара требуются конденсаторы с огромными поверхностями и разместить их на самолете из-за больших сопротивлений в воздушном потоке невозможно.

Другое предложение о замене поршневого мотора газовой турбиной также оказалось для того времени нереальным. Газотурбинная установка могла конкурировать с поршневой только при температуре газа перед турбиной не ниже $900\text{--}1000^\circ\text{C}$, что в те годы осуществить было невозможно из-за отсутствия необходимых жаропрочных сплавов.

В поисках новой силовой авиационной установки оставался неизведанный путь — путь создания авиационной установки без винта, создание силовой установки с реактивным двигателем, в которой движущей силой является реактивная сила струи газа. Рассматривались три типа реактивных двигателей: жидкостный реактивный двигатель (ЖРД), прямоточный воздушный реактивный двигатель (ПВРД) и ТРД. Жидкостный реактивный двигатель мог создавать огромную тягу и обеспечить большие скорости полета, но для его работы необходимо возить на самолете и горючее, и окислитель. Расходы их настолько велики, что говорить о сколько-нибудь продолжительном полете не приходилось. Самолеты с ЖРД могли быть использованы только для выполнения весьма ограниченных, узких задач, например для перехвата движущейся цели, и, конечно, этот двигатель ни в коей мере не мог заменить силовую установку с поршневым мотором.

В ПВРД сжатие воздуха в камере сгорания осуществляется только за счет напора набегающего на двигатель в полете воздушного потока. Следовательно, чтобы эта силовая установка заработала, необходимо предварительно разогнать самолет до определенной достаточно высокой скорости. Поэтому самолет с прямоточным двигателем должен иметь еще дополнительную силовую установку, обеспечивающую взлет, управляемую посадку и разгон самолета до скорости, на которой прямоточный двигатель может дать нужную самолету тягу. Кроме того, ПВРД становится экономически выгодным лишь на очень больших скоростях полета — на скоростях, превышающих скорость звука в 3—4 раза. По всем этим причинам силовая установка с прямоточным двигателем также не могла заменить поршневой мотор и винт в авиации.

Оставался единственный путь — применение газотурбинного реактивного двигателя, который был лишен недостатков, присущих ЖРД и ПВРД.

В пользу применения ТРД вместо винтомоторной силовой установки выдвигались следующие доводы:

- в ТРД можно получить мощность, превосходящую в несколько раз мощность, развиваемую поршневым мотором, и при значительно меньшем удельном весе;

- преимущество ТРД перед поршневым мотором на больших скоростях полета может быть достигнуто при сравнительно низкой температуре газа перед турбиной, порядка 700°C ;

- самолеты с ТРД становятся сравнимы по экономике с самолетами с поршневым мотором на скоростях полета $\sim 700\text{ км/ч}$ и превосходят их

на более высоких скоростях. Кроме того, в ТРД используется более дешевое топливо.

Наконец, главным доводом в пользу применения ТРД было то, что они создают тягу за счет реактивной силы струи газа, поэтому отпадает необходимость воздушного винта и, следовательно, снимаются ограничения по скорости полета; самолет с ТРД может летать в несколько раз быстрее скорости звука.

Противники применения ТРД в качестве авиационной силовой установки указывали на трудности научно-технического и производственного характера, с которыми придется встретиться при создании ТРД, причем, по их мнению, эти трудности были непреодолимы при существующем состоянии науки, техники, производства. Кроме того, они считали одним из главных доводов против применения ТРД в авиации большие расходы топлива на малых и средних скоростях. И с этими доводами нельзя было не считаться.

Прежде чем приступить к проектированию и изготовлению ТРД, нужно было создать:

- высоконапорный компрессор, опыт разработки которого отсутствовал;

- камеру сгорания с очень большой теплонпряженностью, в несколько раз превосходящей достигнутую в стационарных топках, т. е. сжигать большие количества топлива в малых объемах;

- газовую турбину, работающую при температуре газов не ниже 700°C , при наличии опыта работы с паровыми турбинами, работавшими при $300\text{--}350^{\circ}\text{C}$;

- автоматику для регулирования и управления ТРД в полете при сильно изменяющихся наружных условиях, а также обеспечивающую надежную работу двигателя при переменных режимах.

Нужно было решить вопросы, связанные с применением скоростных подшипников, работающих на больших окружных скоростях. В то время в нашей стране шариковые и роликовые подшипники качения с нужными для ТРД данными не производились. Предстояло решить ряд серьезных производственных, технологических вопросов, учитывающих специфику конструкции ТРД, создать испытательные и исследовательские базы. Для всего этого необходимо было выделить немалые средства. И все же, несмотря на все трудности, кто-то должен был начать работу по созданию ТРД. Ведь применение ТРД открывало новое направление в авиации с большими перспективными возможностями, позволяющими совершить качественный скачок в ее развитии.

Обстоятельства сложились так, что в нашей стране эту работу пришлось начать нам, небольшой группе инженеров, в Харькове. Возможности для того, чтобы начать такую работу, у нас были минимальные, условия для развертывания работ по ТРД — крайне ограничены. К тому же на первых порах приходилось тратить много сил и времени на то, чтобы сломить настороженное отношение к ТРД. Вера в авиацию с поршневым мотором и винтом была так велика, что некоторые авиационные специалисты сохранили ее до конца 1943 г., считая, что эра ТРД наступит нескоро.

В 1938 г. после долгих споров, дискуссий, которые были полезны и для нас, поборников ТРД (как говорится, в спорах рождается истина), Наркомат авиационной промышленности СССР разрешил начать работы по ТРД и выделил на это средства. Все работы были сконцентрированы в Ленинграде, в Центральном котлотурбинном научно-исследовательском институте (ЦКТИ), а затем на Кировском заводе. В то время в Ленинграде создалась наиболее благоприятная обстановка для наших работ, к которым были привлечены высококвалифицированные специалисты ЦКТИ, Политехнического института и Кировского завода. Институты и завод располагали условиями для создания без

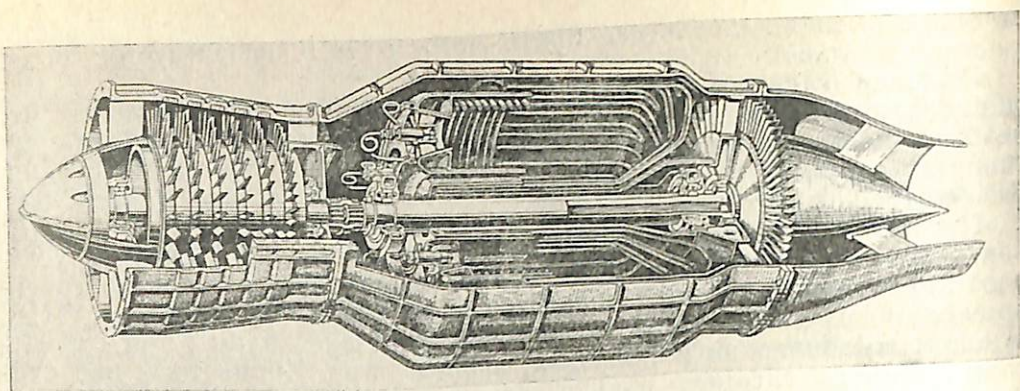


Рис. 1. Турбореактивный двигатель РД-1

значительных капитальных затрат экспериментальных установок, на которых можно начать работы по отработке узлов двигателя.

В Ленинграде над проектом ТРД работала группа инженеров высокой квалификации, часть из которых приехала из Харькова, а большинство пришло из исследовательских и учебных институтов, турбостроительных заводов Ленинграда.

Работы по общей схеме и прочности вел И. Ф. Козлов, группу компрессоров вели А. П. Котов и В. М. Голубев, камеры сгорания — Е. И. Вольпер, И. А. Тарасов, Б. Л. Бухаров, турбины — С. Т. Тимофеев, Н. А. Федоров, С. А. Кирзнер, автоматики — П. В. Мартынов, С. П. Кувшинников, редукторов — Е. В. Комаров. Конструкцию двигателя вел Э. Э. Лусс. К созданию одного из сложнейших узлов ТРД — компрессора были привлечены также работники Ленинградского политехнического института.

Проект первого отечественного ТРД, которому был присвоен шифр РД-1, мы закончили в 1941 г. Параллельно с подготовкой проекта на производствах ЦКТИ и Кировского завода были изготовлены отдельные узлы двигателя: двухступенчатый компрессор, камера сгорания, турбина и установки для их автономных испытаний.

Двигатель РД-1 был запроектирован по прямоточной схеме газозоудного тракта. Он состоял из шестиступенчатого осевого компрессора, кольцевой камеры сгорания, одноступенчатой турбины и сужающегося сопла. Все последующие наши двигатели с маркой «АЛ» изготавливались по прямоточной схеме и только с осевыми компрессорами. Характерным для двигателя РД-1 было применение теплозащитного экрана в камере сгорания, состоящего из трубок, по которым прогонялось топливо. Этот экран защищал от перегрева стенки кожуха камеры сгорания и одновременно служил как подогреватель топлива, что мы считали тогда необходимым для повышения полноты сгорания в случае применения тяжелых топлив.

Двигатель РД-1 с тягой 530 кг предназначался для скоростного бомбардировщика конструкции А. А. Архангельского. Все складывалось благоприятно для нашей работы. Но началась Отечественная война. Работы по ТРД пришлось законсервировать. Группа наша распалась: часть работников ушла на фронт, оставшиеся были переведены на другую, более срочную работу.

Разработанный нами в Ленинграде проект РД-1 хранится в архивах нашего КБ. В процессе его разработки нам не давал покоя вопрос о плохой экономичности ТРД на малых скоростях полета. Как уже говорилось, это был один из главных доводов против применения ТРД. В 1940 г. А. М. Люлька разработал схему двухконтурного двигателя, идея которого заключалась в том, что перед соплом, из которого выте-

кает газ, создающий реактивную силу, движущую самолет, подмешивается воздух, взятый из промежуточной ступени компрессора либо из особого компрессора, установленного перед основным компрессором. В результате из сопла вытекает газ с большей массой, но с меньшей скоростью, что при сохранении тяги повышает полетный КПД двигателя и его экономичность на малых скоростях полета.

Авторское свидетельство на двухконтурный турбореактивный двигатель (ДТРД) выдано за № 312328/25 с датой заявки 22 апреля 1941 г.

Как мы знаем, сегодня ДТРД получили широкое применение и в гражданской, и в военной авиации. Применение их стало особенно выгодным после освоения турбин, работающих на очень высоких температурах газа, что позволило поднять величину максимальной тяги в меньших габаритах и при меньшем весе двигателя.

Ввиду трудностей военного времени, блокады Ленинграда оставшаяся часть группы была эвакуирована в Челябинск, где мы непродолжительное время работали на одном из заводов, не связанном с авиационной тематикой. Вскоре по инициативе В. Ф. Болховитинова группа для продолжения работ по ТРД была переведена в другой город на завод, где в это время наряду с другими работами под руководством В. Ф. Болховитинова велась работа по созданию самолета с ЖРД.

Несмотря на большую занятость, В. Ф. Болховитинов уделял нам большое внимание и старался оказать посильную помощь, но в тяжелых условиях военного времени организовать работу по созданию ТРД в нужном объеме на заводе было невозможно. Производственные мощности завода были невелики, и их едва хватало на основные работы, а также на изготовление самолета с ЖРД и на доводку его силовой установки. Однако работе по созданию ТРД В. Ф. Болховитинов придавал большое значение, он отчетливо представлял, что ближайшее будущее в авиации принадлежит самолетам с реактивными двигателями. Убедившись, что на руководимом им заводе работы по ТРД не могут быть выполнены, по его предложению и с его помощью нашу группу в 1943 г. перевели в Москву.

По возвращении из эвакуации мы начали всерьез работать на одном из предприятий. Вскоре для форсирования работ по ТРД нас перевели в ЦИАМ им. П. И. Баранова, а затем, в начале 1944 г., — в Научно-исследовательский институт, который и до этого занимался реактивной тематикой. Таким образом, в конце концов наша группа нашла свое место; работа по ТРД не была инородной по отношению к тематике института.

Вскоре был создан специальный отдел под руководством А. М. Люльки. Работа отдела была обеспечена квалифицированными специалистами, исследовательской и производственной базой. Впервые для наших работ выделяется завод. В 1944 г. был выпущен проект и рабочие чертежи нового ТРД под шифром С-18 (стендовый). В отличие от двигателя РД-1 двигатель С-18 проектировался на тягу 1250 кг вместо 530 кг у РД-1. Для получения более высокой тяги без значительного увеличения габаритов двигатель С-18 был запроектирован на повышенную степень сжатия. На двигателе устанавливается компрессор с восемью ступенями вместо шести у РД-1. Камеру сгорания выполнили с минимальными гидравлическими потерями, без теплозащитного экрана.

На предоставленном нам заводе в начале 1945 г. был изготовлен первый опытный экземпляр двигателя С-18. Главной причиной столь малых сроков изготовления первого образца двигателя С-18 является хорошая организация производства, осуществленная под общим руководством и при содействии Наркомата авиационной промышленности, — кооперация работы ряда заводов, своевременный подбор и поставка необходимых материалов, действенная помощь заводу. Во многом

малые сроки изготовления также объясняются исключительно высокой квалификацией работавших на заводе технологов, мастеров, рабочих. До получения заказа на изготовление двигателя С-18 завод длительное время работал по выпуску штампов, пресс-форм, приспособлений для авиационных заводов, т. е. над продукцией, требующей повышенной точности в изготовлении. При изготовлении двигателя С-18 заводом широко использовались универсальная оснастка и высокое мастерство рабочих, позволявшие изготавливать многие детали и узлы без применения специальной трудоемкой оснастки.

Испытания двигателя С-18 проходили в весьма примитивных условиях. Под испытательный бокс была использована большая комната первого этажа лабораторного корпуса института. Пульт управления располагался в смежной комнате. Вот в таком «боксе» в начале 1945 г. был впервые в Советском Союзе осуществлен запуск отечественного ТРД. Двигатель С-18 демонстрировался в работе ведущим специалистом авиационной промышленности и военным специалистам весной 1945 г.

Испытания двигателя С-18 были весьма полезны для нас и для всех, кто работал над созданием ТРД в нашей стране. На этом двигателе мы впервые столкнулись с явлением «помпажа» двигателя, когда вследствие срыва воздушного потока при обтекании лопаток давление за компрессором резко падает и газы, находящиеся под давлением в камере сгорания, с «хлопком» выбрасываются через компрессор и входное устройство двигателя в атмосферу. На двигателе С-18 при помпаже ломались направляющие лопатки компрессора из-за недостаточной их прочности.

Мы знаем сегодня, что помпаж двигателя достаточно распространенное явление, он возникает нередко и на современных двигателях. А в то время особенно важно было обнаружить это явление как можно раньше, изучить его и принять меры, препятствующие его появлению.

Двигатель С-18 сыграл большую роль в развитии отечественного двигателестроения. Это был первый работающий ТРД, изготовленный в нашей стране на основе только отечественного опыта. В то время мы не располагали сведениями о зарубежных двигателях, которые в какой-либо значимой степени могли быть использованы при проектировании и изготовлении двигателя С-18.

На опыте работы с двигателем С-18 и на основе изучения трофейных двигателей ЮМО-004 и БМВ-003, с которыми мы смогли ознакомиться лишь в мае 1945 г., нами был запроектирован летный образец первого отечественного ТРД, которому был присвоен шифр ТР-1. Рабочие чертежи двигателя были переданы на завод в конце 1945 г., а в июле следующего года первый экземпляр двигателя ТР-1 стоял уже на испытательном стенде.

А что делалось в это время по ТРД на Западе? До нас доходили лишь отрывочные, крайне скудные сведения, более полные получены лишь после окончания войны.

В 1930 г. в Англии была запатентована схема ТРД, автором которой был английский инженер Ф. Уиттл. Практические работы по созданию ТРД в Англии были начаты в 1936 г. На первых английских ТРД применялись в основном центробежные компрессоры, которые имеют меньшие осевые размеры, проще в изготовлении, более надежны в эксплуатации, но уступают осевым компрессорам по диаметральным размерам, по производительности и КПД и поэтому в дальнейшем получают ограниченное применение.

В 1944—1945 гг. англичане применили самолеты с реактивными двигателями в войне с Германией. В частности, они использовались для перехвата и уничтожения немецких крылатых ракет V-1, которые производили большие разрушения в городах Англии, главным образом в

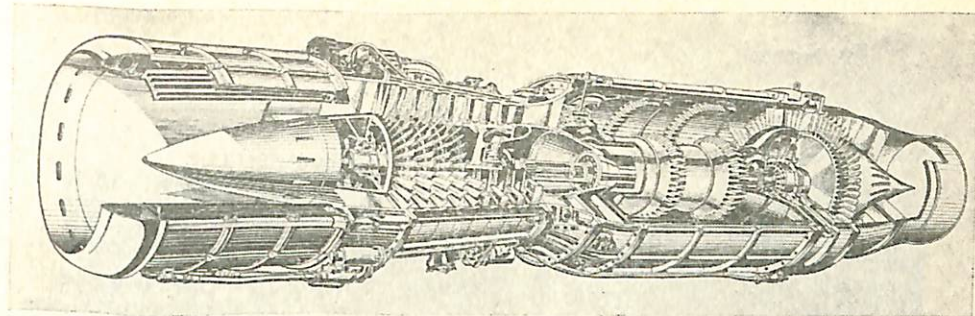


Рис. 2. Турбореактивный двигатель ТР-1

Лондоне. Ракеты V-1 немцы посылали на Лондон с французского побережья через Ла-Манш. Чтобы успеть перехватить ракеты на сравнительно короткой дистанции, требовались самолеты, обладающие большими скоростями. Самолеты с поршневыми моторами для этих целей явно не годились, так как их максимальная боевая скорость лишь ненамного превышала скорость V-1 (550 км/ч). Задача перехвата решалась только самолетами с реактивными двигателями, которые уже в то время могли развивать скорость более 800 км/ч. Но и такая скорость полета не всегда была достаточной для своевременного перехвата ракеты до того, как она достигнет побережья Англии. Для дальнейшего увеличения скорости самолета англичане повысили тягу двигателей путем сжигания дополнительного топлива за турбиной перед соплом. Этот способ форсирования тяги теперь широко применяется на современных ТРД. Но тогда это было новшеством. Англичане применили его впервые в силу военной необходимости. Форсирование тяги двигателя сжиганием топлива за турбиной производилось при постоянной выходной площади сопла, вследствие этого величина форсирования тяги была ограничена с одной стороны ростом температуры газа перед турбиной, а с другой — при чрезмерном раскрытии сопла падением тяги и экономичности на бесфорсажных режимах.

В Германии исследования по реактивным двигателям, так же как у нас и в Англии, были начаты в 30-х годах, проводились они в нескольких направлениях и были довольно успешными. В первой половине 40-х годов в Германии создаются: ЖРД для ракеты V-2 и самолета «Мессершмитт-163», ПВРД для крылатой ракеты V-1 и ТРД для самолетов «Мессершмитт-262» (ЮМО-004) и «Хейнкель-162» (БМВ-003).

В США работы по ТРД были начаты лишь в годы войны, и проводились они совместно с английскими фирмами.

В марте 1946 г. в нашей стране была проведена первая научно-техническая конференция, посвященная реактивным двигателям, в которой принимали участие многие видные советские авиационные конструкторы и ученые. О результатах работы по ТРД, об опыте работы с двигателем С-18, о проекте двигателя ТР-1 сделал сообщение А. М. Люлька. Эта конференция весьма знаменательна в истории нашей авиации, в истории развития реактивных двигателей в СССР.

Двигатель ТР-1, так же как и С-18, был создан в очень короткие сроки. На проект, изготовление и доводку двигателя ТР-1, первого в нашей стране ТРД, было затрачено менее 2 лет. Изготовление двигателя было поручено самому крупному серийному заводу, обладавшему большим опытом авиационного моторостроения. Первый экземпляр двигателя ТР-1 был изготовлен за 7—8 месяцев. Существенную помощь серийному заводу оказывал опытный завод, на котором изготавливался предшественник двигателя ТР-1 — двигатель С-18. Этот завод в мае

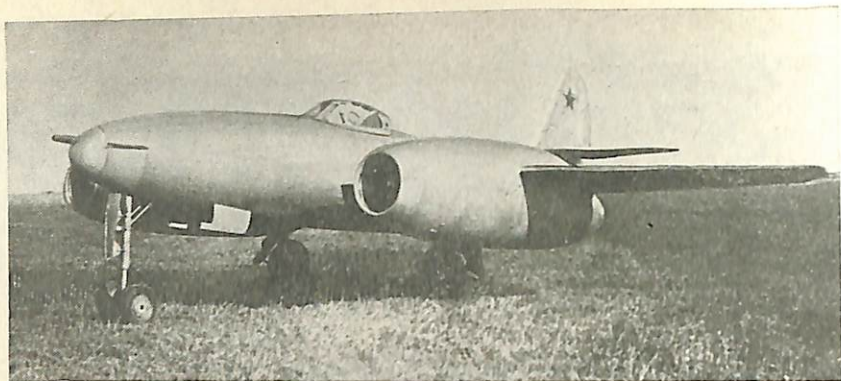


Рис. 3. Истребитель Су-11 конструкции П. О. Сухого с двумя двигателями ТР-1

1946 г. был передан нашему конструкторскому бюро. Так мы впервые получили собственную производственную базу, которой могли распоряжаться в соответствии с нашими планами по созданию новых ТРД.

В конце июля 1946 г. начались испытания двигателя ТР-1. Важность испытаний двигателя для нас была очевидна. Ведь только испытания могли показать, насколько реально все, что нами задумано. Только испытания могли обнаружить недостатки конструкции и подсказать, как их нужно исправлять. Это справедливо для всех новых конструкций, но особенно для конструкций двигателей нового поколения. Поэтому нами была организована специальная группа испытаний, постоянным местом пребывания которой был серийный завод. Работа группы была весьма напряженной. Временами работники группы были вынуждены по несколько суток не выходить с территории завода. Завод стал для них не только местом работы, но и местом жительства.

На первых порах не все шло гладко. Мы встретились со многими трудностями, что было естественно: ведь создавался первый отечественный ТРД.

В феврале 1947 г. двигатель ТР-1 успешно прошел Государственные испытания со следующими основными данными:

- максимальная тяга — 1360 кг;
- удельный расход топлива — 1,3 кг/кг·ч;
- удельный вес — 0,82 кг/кг тяги.

Двигатель ТР-1 по своим основным данным превосходил немецкие двигатели ЮМО-004 и БМВ-003, которые имели тягу 800—900 кг, удельный расход топлива 1,4—1,5 кг/кг·ч, а удельный вес был выше на 30%.

Работники заводов, институтов, наркомата, принимавшие участие в создании ТР-1, были награждены орденами. Кроме того, мы получили первую премию на объявленном в 1946 г. конкурсе на создание первого отечественного ТРД.

Двигатель ТР-1 выпускался малой серией и устанавливался: на самолете Су-11 конструкции П. О. Сухого (два двигателя), на тяжелом самолете Ил-22 конструкции С. В. Ильюшина (четыре двигателя), на самолете И-211 конструкции С. М. Алексеева (два двигателя). Самолеты Су-11 и Ил-22 с первыми отечественными реактивными двигателями участвовали в августе 1947 г. в воздушном параде в Тушино. Самолеты на параде вели ныне прославленные, заслуженные летчики-испытатели: Герой Советского Союза Г. М. Шиянов и дважды Герой Советского Союза В. К. Коккинаки. В последующих полетах Г. М. Шиянов на самолете Су-11 достигал скорости полета свыше 900 км/ч.

Наряду с нашим коллективом с 1945 г. над созданием отечественного ТРД работал коллектив А. А. Микулина. Двигатель его конструктор-

ции АМ-2 с тягой 3000 кг в 1946 г. проходил стендовые испытания. В 1951 г. появился двигатель АМ-3 с тягой 8750 кг, который получил широкое применение на самолетах А. Н. Туполева. Этот двигатель — долгожитель: его модификация до сего дня находится в эксплуатации.

В то время развитие отечественных ТРД находилось в очень сложных условиях. В 1945 г. появились в нашей стране трофейные немецкие ТРД: БМВ-003 и ЮМО-004. Эти двигатели прошли летные испытания и уже применялись на боевых самолетах, тогда как серийный образец отечественного ТРД — ТР-1 находился в это время только в стадии доводки. Поэтому было принято решение: для ускорения процесса создания в нашей стране реактивной авиации запустить в серийное производство двигатели ЮМО и БМВ несмотря на то, что по своим данным они уступали двигателю ТР-1.

В 1946—1947 гг. нашим государством были закуплены английские ТРД с центробежными компрессорами НИН-1 и Дервент-5. Эти двигатели отличались достаточно высокой для того времени тягой и хорошей экономичностью. Например, НИН-1 имел тягу 2500 кг и удельный расход топлива 1,05 кг топл./кг тяги·ч. Столь высоких показателей англичане достигли благодаря высокому уровню производства, технологии и наличию жаропрочных сплавов. Учитывая положительный английский опыт, было принято решение о серийном выпуске ТРД с центробежным компрессором в нашей стране.

Хотя двигатель ТР-1 прошел Государственные испытания, требовалась еще очень большая работа, связанная с отработкой его в условиях массового производства и в летных условиях, на что потребовалось бы время. Поэтому ТР-1 в широкую серию не запускали, а нашему конструкторскому бюро поручили работу по созданию более совершенных новых ТРД.

Так для нас закончился первый этап работы по созданию ТРД, начиная от первого поиска и кончая проведением Государственных испытаний первого отечественного реактивного двигателя ТР-1.

В 40-х годах в нашей стране работы по созданию ТРД развернулись широким фронтом. Кроме нас и упоминавшегося ранее КБ А. А. Микулина по ТРД работало еще несколько коллективов.

Коллектив конструкторского бюро под руководством В. Я. Климова создал ряд конструкций ТРД с центробежным компрессором с тягой, значительно превышающей тягу, развиваемую НИН-1. Его двигатели с маркой «ВК» успешно применялись в течение долгих лет на многих самолетах.

В 40-х годах на Куйбышевском авиационном заводе проводились работы по ТРД и турбовинтовым двигателям (ТВД). В последующие годы двигатели, создаваемые коллективом завода, возглавляемым Н. Д. Кузнецовым, стали широко известными в нашей стране и за рубежом и завоевали заслуженную славу как стоящие в ряду лучших двигателей мира.

Работы по ТРД в Советском Союзе с конца 40-х годов велись в конструкторском бюро А. В. Швецова, руководителем которого впоследствии стал П. А. Соловьев. В этом бюро в 1960 г. создается первый отечественный ДТРД. О перспективности ДТРД даже для истребителей неоднократно еще в конце 40-х годов говорил акад. С. А. Христианович. Он настаивал на том, чтобы как можно скорее приступить к разработке двигателей этого типа. Но ввиду большой загрузки по выполнению других, конкретных заданий сколько-нибудь серьезно заняться ДТРД в то время наше конструкторское бюро, к сожалению, не могло, ведь идея этого двигателя родилась у нас еще в 1941 г.

Кроме ТР-1 в 40-х годах нашим коллективом были созданы двигатели ТР-2, ТР-3, АЛ-5. Последний в начале 50-х годов устанавливался на многих самолетах, но широкого применения не получил, хотя имел

хорошие данные и был отработан для того времени на рекордный ресурс—200 ч.

В начале 50-х годов мы начали работу над созданием двигателя нового поколения, предназначенного для самолетов, способных летать со скоростью, превышающей скорость звука. Так были созданы двигатели АЛ-7 и АЛ-7Ф, находившиеся многие годы в массовой эксплуатации. На самолетах с двигателем АЛ-7Ф были достигнуты сверхзвуковые скорости и в конце 50-х—начале 60-х годов установлен ряд мировых рекордов.

Авиационная техника быстро развивается, быстро и устаревает. Поэтому в проекты новых авиационных двигателей закладываются перспективные данные, базирующиеся на новейших научно-технических работах и даже на работах, находящихся лишь в стадии разработки. Таким образом, проект нового авиационного двигателя в какой-то мере опирается и на научно-технические прогнозы. Созданию нового двигателя предшествует длительный подготовительный период, в котором готовятся, как принято теперь говорить, научно-технический задел—ставятся проблемные вопросы, выдвигаемые развитием двигателестроения, решение которых необходимо для создания двигателя будущего.

Чтобы показать динамику развития турбореактивных двигателей, приведем сравнительные данные двигателей ТР-1 и двигателя 60-х годов. Последний значительно мощнее двигателя ТР-1, но по газодинамическим параметрам и по удельным данным такое сравнение правомочно. Степень сжатия воздуха в осевом компрессоре возросла приблизительно в 5 раз, температура перед турбиной стала выше более чем на 400° С. Двигатель 60-х годов стал экономичнее в 1,8 раза, а удельный вес его уменьшился более чем в 5 раз. Такой скачок произошел только за первые два десятилетия с начала появления первого отечественного двигателя ТР-1. Дальнейшее развитие турбореактивных двигателей протекало так же быстро, и шло оно по направлениям форсирования газодинамических показателей и создания новых схем.

Прошло более четырех десятилетий с тех пор, когда были начаты работы по созданию первых ТРД. Дата начала работ по ТРД весьма знаменательна, она является датой рождения нового направления в авиации, рождения реактивной авиации, приведшей к завоеванию сверхзвуковых скоростей полета. Создание первого отечественного ТРД стало историей, к которой причастны люди-первопроходцы. Эти люди с большой верой в будущее ТРД, несмотря на все трудности, неудачи, сумели довести дело создания ТРД до конца, отдавая ему все свои знания, силы, всю свою жизнь.

Литература

1. *Стечкин Б. С.* Теория воздушного реактивного двигателя.—Техника возд. флота, 1929, № 2, с. 96—103.
2. *Maurice Roy.* Recherches theoriques s'ur l'rendement et les conditions de réalisation des systèmes motopropulseurs a réaction. Paris, 1930.
3. *Уваров В. В.* Газовые турбины. М., 1935.

ON THE HISTORY OF THE CONSTRUCTING OF THE FIRST SOVIET TURBO-JET

ACADEMICIAN LUL'KA A. M., KUVSHINNIKOV S. P.

The activities of a group of designers headed by A. M. Lul'ka since its foundation in 1938 is described. Special attention is paid to the history of constructing the first Soviet experimental turbo-jet and the first Soviet turbo-jet set up on planes.