

Алексей Михайлович Исаев (1908—1971)

А. М. ИСАЕВ

**Первые шаги к
космическим
двигателям**

МОСКВА МАШИНОСТРОЕНИЕ 1979

УДК 629.7.8.002

Исаев А. М.

Первые шаги к космическим двигателям. — М.:
Машиностроение, 1978. — 64 с.

15 к.

В книге рассказывается о работах по проектированию и отработке первого самолета с жидкостным ракетным двигателем — БИ, ЖРД для самолетов, а затем ракет. Описана начальная стадия организации и формирования коллектива двигателистов и дальнейшее развитие ОКБ.

Книга представляет интерес для инженеров, техников и научных работников, занятых в области ракетостроения.

Табл. 1, ил. 49.

Заказное издание

(С) Издательство «Машиностроение», 1979 г.

Об авторе этой книги

Некоторые страницы истории отечественной ракетной техники сравнительно мало известны широкой общественности. Поэтому следует приветствовать публикацию воспоминаний Алексея Михайловича Исаева— непосредственного участника становления и развития ракетостроения в нашей стране.

Алексей Михайлович занимает особое место в ряду создателей двигателей для ракетно-космической техники. Описанный в книге период охватывает начало творческого пути Исаева. Здесь особенно рельефно видны те черты Алексея Михайловича, которые при жизни становились легендой о талантливом конструкторе, ученом, организаторе, человеке.

Инициативное и научное предвидение на грани риска в начале исследования, строгая логика в разработках на последующих этапах, наконец, цельность завершения — вот характерные черты творчества Алексея Михайловича. Полная раскрепощенность и нестандартность мышления, но самое главное — простота... Он был самим собой везде, всегда и при любых обстоятельствах.

Несомненно, книга представляет интерес для широкого круга читателей и по возрасту, и по профессиям, потому что общение с таким Человеком, каким был Алексей Михайлович, каким он есть в памяти всех, кто его знал, не может не радовать, не может не учить, не может не заинтересовать.

Профессор
Доктор технических наук

(М. Викторов)

Предисловие

История советской ракетно-космической техники представляет собой один из замечательных этапов истории развития отечественной техники. Понятен большой интерес, проявляемый к ней у нас в стране и за рубежом. Особый интерес у читателей всегда вызывают личные свидетельства непосредственных участников исторических событий. Публикуемая работа как раз и принадлежит к числу немногих таких свидетельств, оставленных нам Алексеем Михайловичем Исаевым — руководителем такого важного направления ракетно-космической техники, как создание космических ракетных двигательных установок.

А. М. Исаев (1908—1971 гг.) — доктор технических наук, Герой Социалистического Труда, лауреат Ленинской и Государственных премий был в числе первых создателей ракетных двигателей, руководил конструкторским коллективом, создавшим целую серию двигателей для ракетной и космической техники. В коллективах ОКБ А. М. Исаева и С. П. Королева впервые в истории космонавтики были решены принципиальные проблемы создания небольших жидкостных ракетных двигателей (ЖРД), устанавливаемых непосредственно на КЛА, запускаемых в условиях невесомости после длительного воздействия вакуума и других факторов космического полета. Под руководством А. М. Исаева созданы десятки ЖРД и двигательных установок с использованием различных компонентов топлива, с разнообразными типами систем его подачи для применения на самолетах, космических аппаратах, посадочных и взлетных ступенях лунных станций.

Алексей Михайлович никогда не искал спокойной жизни. Он строил «Магнитку» — Всесоюзную стройку, привлекавшую своей романтикой молодежь. Впоследствии он часто с восторгом вспоминал о днях, проведенных на стройке: «Представь себе, — говорил он, — площадку в два гектара, всю заваленную стальным прокатом, песком, досками, кирпичом так, что некуда ступить.

И на этой площадке работают тысячи людей». Захваченный пафосом строительства, Алексей Михайлович даже к фактам неразберихи относился с большим юмором. «Суматоха, неразбериха, — рассказывал он, — с машин что-то сгружают, оказывается не на то место. А как мы ели! Вот привезли вагон повидла, и все два дня едят повидло».

Став главным конструктором ОКБ А. М. Исаев остался таким же энтузиастом, не терпевшим тиши и глади. Даже когда проектируемые опытные изделия ломались, вышестоящее руководство выражало неудовлетворение и торопилось с работой, а в ОКБ — спешка, споры и работа до глубокой ночи, Алексей Михайлович, казалось, был доволен — он находился в своей стихии. Находясь в центре событий, он успевал побывать на всех участках, обсудить состояние дел, дать советы и указания.

Он всегда был новатором и, если почему-либо в ОКБ наступало затишье, он умело вызывал энтузиазм у сотрудников, выдвигая новые направления в работе, новые варианты конструкций, и опять все бурлило вокруг, и конструкторы, забыв об окончании рабочего дня, работали до позднего вечера. Как-то Алексей Михайлович, проходя по заводу, увидел одного из конструкторов, явно не занятого делом. «Не могу видеть скучающего ведущего, — сказал он, — надо что-то придумать, чтобы заинтересовать его». И он в дополнение к основной работе поручил конструктору сделать расчеты дальности полета одно- и многоступенчатых ракет в зависимости от веса полезного груза при применении отработываемых тогда в ОКБ камер упрощенных ракетных одноразовых двигателей.

Такой энтузиазм и интерес к делу возможен только тогда, когда все и каждый заинтересованы работой и когда в коллективе царит дружеская, непринужденная атмосфера. Алексей Михайлович создал в своем ОКБ такую обстановку, в которой работать было всегда приятно; его кабинет постоянно был открыт для всех сотрудников, и каждого, кто входил, встречали дружеское приветствие и улыбка главного конструктора.

Иногда казалось, что Алексей Михайлович выдает конструкторам для проработки слишком много новых идей и это вносит неорганизованность и путаницу. Так, однажды, после долгих мучений конструкция, наконец,

заработала. Казалось, надо бы ее доводить, а Алексей Михайлович вдруг предлагает совсем новый вариант — опять все начинается сначала. Или — идет обсуждение какой-нибудь работы вечером, часто после окончания рабочего дня, спор, шум... Наконец, принято решение, каждый получил задание на завтра. А завтра оказывается, что А. М. Исаеву пришла в голову новая мысль, и он, придя на работу пораньше, продумывает все подробности и расписывает новые задания. Сам Алексей Михайлович всегда был в курсе всех дел ОКБ и вел работы строго к намеченной им цели. Если же имелись средства и возможности для расширения работы, то он всегда использовал их для исследования новых вариантов, новых конструктивных решений.

О себе Алексей Михайлович пишет в третьем лице. Дело в том, что он рассматривал эту работу как начало коллективного труда, в котором в дальнейшем примут участие все сотрудники ОКБ.

Надо иметь в виду, что организация и становление ОКБ происходили в тяжелые годы войны и восстановления народного хозяйства в послевоенный период, когда на развитие ракетной техники нельзя было выделить значительных средств. Все это накладывало дополнительные трудности на работу ОКБ в первые годы его существования. История становления коллектива написана А. М. Исаевым живым, образным языком, так свойственным Алексею Михайловичу. Рукопись подготовлена к печати ближайшими сотрудниками А. М. Исаева, в текст внесены необходимые пояснения или уточнения и подстрочные примечания.

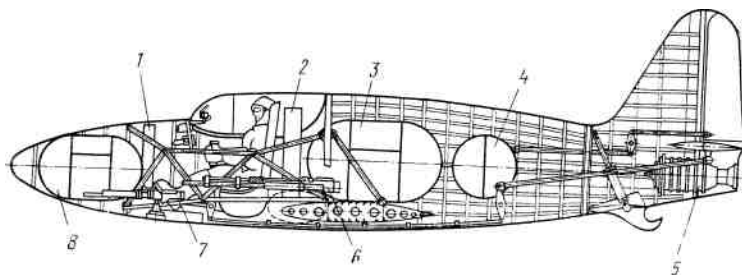
Год 1941-й

В ноябре 1941 года к небольшой железнодорожной станции на Среднем Урале подошел эшелон. Это был один из множества эшелонов, тянувшихся в ту пору на восток страны с людьми и техникой, чтобы в глубоком тылу создавать оружие для борьбы с фашизмом. На станции разгрузилось опытно-конструкторское бюро главного конструктора В. Ф. Болховитинова.

Конструкторы и рабочие, высадившиеся у старого труболитейного заводика, должны были как можно скорее завершить начатую ранее разработку нового типа истребителя¹. Это был первый советский самолет без винта. Жидкостный ракетный двигатель обеспечивал огромную скорость при подъеме. Такому истребителю не нужно барражировать в ожидании вражеского бомбардировщика, да у него на это и не хватило бы топлива. Старт, когда противник уже над головой, 2—3 минуты почти вертикального полета и атака двумя авиационными пушками. Затем с пустыми баками — вниз, для заправки и нового полета — выстрела.

Еще в начале 1941 года А. Я. Березняк предложил своему другу А. М. Исаеву разработать проект истребителя-перехватчика. Вдвоем принялись они строить графики перехвата, центровать и компоновать разные варианты машины. Они установили связь с двигателястами. На тихой улочке, за зеленым забором, в неболь-

¹ Автором идеи ракетного истребителя-перехватчика был С. П. Королев, возглавивший работы по экспериментальным ракетным самолетам, которые велись с 1931 года группой изучения реактивного движения (ГИРД), а с 1936 года — Реактивным научно-исследовательским институтом (РНИИ). Идея ракетного перехватчика обоснована в 1938 году в «Тезисах доклада по объекту 318. Научно-исследовательские работы по ракетному самолету», опубликованных в сборнике «Пионеры ракетной техники. Ветчинкин, Глуш-ко, Королев, Тихонравов». М., 1972, стр. 508—518. Успешное продвижение этих работ и, в частности, летные испытания ракетоплана РП-318-1 с ЖРД в 1940 году обусловили принятие Наркоматом авиационной промышленности решения о разработке ракетного перехватчика в ОКБ В. Ф. Болховитинова.



Компоновка самолета БИ (вариант с четырьмя пулеметами):

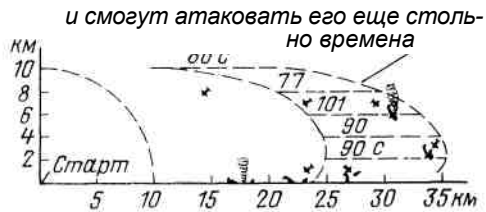
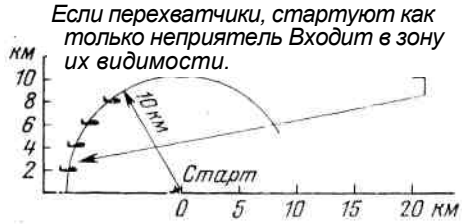
1 — боезапас пулеметов калибра 7,62 мм; 2 — боезапас пулеметов калибра 12,7 мм; 3 — баллон окислителя; 4 — баллон воздуха; 5 — камера ЖРД¹; 6 — пулемет калибра 12,7 мм; 7 — пулемет калибра 7,62 мм; 8 — баллон горючего

ших постройках размещалась группа Л. С. Душкина¹ — конструктора жидкостных ракетных двигателей, где Исаеву и Березняку показали целый набор стальных сосудов с узкими горлышками и коническими раструбами. Вот этот — двигатель на тягу 150 кгс, этот — на 300 и 500 кгс, а вот этот — мы его еще не закончили — на тягу 1100 кгс. Показали и толстостенные бетонные боксы, в которых приводили в действие эти странные сосуды, нагнетая в них керосин и азотную кислоту. Перехватчик обеспечен! 1100 кгс — это уже подходящая тяга. К этому большому двигателю душкинцы разрабатывали и турбонасосный агрегат, который должен был забирать необычное топливо из баков и под давлением 50 атм накачивать его в двигатель.

Шло время. Машина все более и более вырисовывалась, выявлялись ее тактические возможности, обосновывалась, так сказать, ее «философия».

А как шли дела у Душкина? Камера как будто начала работать, но турбонасосный агрегат отставал. И вот однажды вечером Исаев засел за вариант машины без турбонасосного агрегата: а что ели вытеснять топливо из баллонов сжатым воздухом? И вместо трехтонной сделать машину весом в полторы тонны? Всю ночь просидел Исаев над новой компоновкой. И полутонная машина получилась! Топлива стало меньше, время работы двигателя сократилось, но траектория стала круче, догон и встреча с противником обеспечивались, зона перехвата, хотя немного и сократилась, но все же была

¹ Группа Л. С. Душкина входила в состав РНИИ и разрабатывала ЖРД для ракетного перехватчика.



Из материалов эскизного проекта самолета БИ

значительной. Наступило воскресное утро. Исаев включил радио... Это было 22 июня 1941 года. Через час по поручению парткома Исаев на своем мотоцикле мчался к водохранилищу. Вскоре он сидел на берегу в ожидании парусной яхты, на которой уплыл по тихой воде большой любитель и мастер парусного спорта — главный конструктор В. Ф. Болховитинов, уплыл, не зная о том, что началась война, что ему надо немедленно в Наркомат, что с этого дня надо делать новую, уменьшенную машину и что теперь ее надо сделать немедленно. Прошел час, два. Исаев томился на берегу. Стоял тихий теплый день. Не летали самолеты. Как будто и птицы не летали. Наконец к мосткам подошла яхта. Объявлена страшная новость. И вот главный конструктор на багажнике мотоцикла подъезжает к Наркомату. Заявка дана! С понедельника в кабинете главного установлено несколько кульманов, и небольшая группа в течение трех недель оформляет эскизный проект перехватчика с жидкостным ракетным двигателем, получившего название БИ (по начальным буквам фамилий ее авторов Березняка и Исаева). В эскизном проекте предлагалось два варианта вооружения перехватчика: первый — с двумя авиационными пушками, второй — с четырьмя пулеметами. Этот проект за подписями В. Ф. Болховитинова, А. Я. Березняка, А. М. Исаева и двигателялиста Л. С. Душкина посылают председателю Государственного комитета обороны И. В. Сталину. Идет время. Все с нетерпением ждут ответа. Наконец^ авторы вызывают к себе нарком авиационной промышленности А. И. Шахурин. Он сообщает, что Иосиф Виссарионович смотрел их проект, одобрил и дал месяц на его осуществление.

Начинается лихорадочная работа всего коллектива: конструкторы делают эскизы и несут их в цехи. Одновременно делается все: не закончено проектирование, а из стапеля вынимают крыло, клеится из шпона моно-коковый фюзеляж, и в нем прямо по месту устанавливается оборудование. Вот уже готовы стойки шасси, клеится фонарь, ставятся пушки. Небольшой сплоченный коллектив рабочих и инженеров делает просто чудо. Через 30 дней первая машина выкатывается из сборочного цеха. Она идет на продувку в новую большую трубу ЦАГИ. Машина так мала, что умещается в трубе.. Другая машина готовится к буксировке за самолетом.. А двигатель? О, и за зеленым забором работа кипит.



Планер самолета БИ

И, наконец, в ОКБ Болховитинова привозят первый двигатель. Он устанавливается в стальную ферму, начиненную топливными баллонами, перед которыми находится кресло пилота и сектор газа. Начинается отладка двигательной установки.

Сейчас страшно даже вспомнить, что это была за двигательная установка. Баллоны для азотной кислоты были из хромансиля! Дроссель для регулирования тяги — тоже из углеродистой стали. Для редуцирования сжатого воздуха, идущего в топливные баллоны, был установлен маленький редуктор от обычного кислородного баллона, используемый при сварке. Его оказалось недостаточно. Пришлось поставить еще один, потом еще два. Весь монтаж был сделан на 20-миллиметровых трубках из алюминий-магниевого сплава. Дроссель заклинивал, хромансильевые баллоны сильно корродировали, соединения «травили». Почему не произошло ни одного несчастного случая — совершенно непонятно. В памяти сохранилось, что тогда без конца занимались тарировкой гидравлической системы. Компоненты топлива (по очереди) сливались через двигатель в бачок. Замерялось время слива, бачок ставили на весы. У хвоста колдовали душкинские механики в клеенчатых куртках, авиационных шлемах, с противогазами на боку. Вокруг толпились конструкторы. Начинали привыкать к парам азотной кислоты, облаками поднимавшимися над стендом при сливах, и первые наши «жеэрдные» механики — А. М. Смирнов и Олег Штин. Иногда делались огневые пуски. Огонь, дым, страшный грохот, к счастью 'непродолжительный. Механики длинным скребком

вычерпывали через сопло на землю скапливающуюся в камере черную жижу. А потом считали дырки в критическом сечении сопла. Сопло выходило из строя. Повторные запуски не удавались. Свеча накаливания, помещенная в центре головки, разрушалась после первого пуска. Неделя шла за неделей. Начались воздушные налеты на Москву. Стиснув зубы, работали конструкторы и механики с парящей кислотой установкой, изредка поглядывая на изрезанное лучами прожекторов и трассирующими зенитными снарядами московское небо. Что зенитки, что они могут? На тысячу выпущенных снарядов не приходится и одного подбитого фашистского бомбардировщика. Скорее, скорее! Мы должны оживить наши маленькие деревянные машинки, десятков — два таких без промаха бьющих перехватчиков должны отбить охоту у фрицев залезать в московское небо. Но что делать с этой камерой, которая прогорает, иногда рвется, не запускается? Нельзя ее ставить в самолет, нельзя! А время идет, немцы продвигаются к Москве.

Вся жизнь — на заводе. Немцы в Клину. Немцы подходят к Крюкову. На заводском аэродроме базируются боевые эскадрильи. Завод получает срочный фронтowej заказ — установить новые пушки на МиГе. Заказ выполняется мгновенно. Ведь это для фронта. Идет подготовка к разрушению всего хозяйства в критический момент. Каждый знает, что он должен поджечь, разломать, взорвать. И вот команда — грузиться в эшелон и уезжать на Восток. 25 октября за несколько часов были погружены оборудование, машины БИ, и стенд двигательной установки со всеми бачками, баллонами, трубками. С этим эшелонem поехали и сотрудники с семьями. С тяжелым чувством ехали болховитиновцы к Уралу. Как развернутся там дела? Как скоро удастся им сделать свой вклад в оборону страны?

На Урале

В течение первых двух-трех месяцев все без исключения разбирали старые вагранки, убирали горы шлака, приводили в порядок бытовки, настилали полы. На берегу заводского пруда установили двигательный стенд и, учитывая суровые уральские зимы, соорудили вокруг него фанерную хижину. Снова началась доводка двигательной установки, ее модернизация. Пока «колдовали» над двигателем — не только у заводского пруда, но и



Самолет БИ в полете

в одном из подвалов здания, в котором разместился РНИИ с входящей в него группой Душкина, — развернулась работа над топливными баллонами. Хромансиле-вые баллоны/ конечно, были сущим проклятьем. При самом осторожном обращении они держали кислоту не более месяца и не было известно о каких-либо ингибиторах, уменьшающих коррозию. Делать баллоны из малопрочной нержавеющей стали было нельзя. Попробовали использовать разъемный баллон из хромансиля с вставленным в него алюминиевым чулком. Чулок не расправлялся, не прилегал к стенкам оболочки, рвался. Стали заполнять зазоры между чулком и оболочкой расплавленным парафином. Потом перешли к лужению разъемного баллона оловом, вычитав (и наскоро это проверив), что концентрированная азотная кислота не сильно разъедает полуду. Из всех этих проб ничего толкового не вышло. Работа продолжалась со старой материальной частью.

Из НИИ ВВС был прислан чудесный парень — летчик-испытатель капитан Григорий Яковлевич Бахчиванджи. Бахчи, как мы его звали, сидел в кресло пилота в стенде над прудом и запускал двигатель. Однажды при запуске камера с соплом улетела в пруд. Головка двигателя, естественно, сорвалась с крепления, пошла вперед, сбив кислотные баллоны и порвав трубки. Баллоны ударили по спинке пилотского кресла. Бахчи, получив

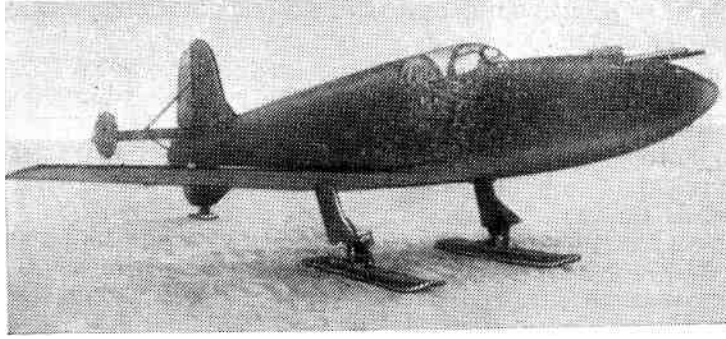


Митинг после первого полета. Выступает В. Ф. Болховитинов

толчок в спину, ударился о приборную доску. Вокруг стенда стояли механики и инженеры-испытатели. На всех них и на Бахчи, отражаясь от фанерной крыши, полился кислотный душ.

Через несколько минут пятерых стонущих, замотанных бинтами людей, увезли в больницу. Бахчи пострадал мало: испорчен кожаный реглан, шлем, рассечена бровь, но на лицо кислота не попала. Больше других пострадал Арвид Владимирович Палло — правая рука Душкина, один из конструкторов двигателя и его главный испытатель. Отметины этого происшествия он носит на своем лице до сих пор. Однако никто из них не ушел от этой работы. Бахчи рвался к сектору газа, казалось что эта авария лишь укрепила в нем веру в успех дела.

Новый стенд был сделан в виде крестовины из мощных вертикальных железных плит. В одном секторе установили двигатель, в противоположном — управление им в боковых секторах — топливные баллоны. Такой стенд был уже более или менее приемлем, хотя и далеко не отвечал современным требованиям техники безопасности. Снова начались запуски, которые лишь убеждали в недостаточной надежности двигателя, в нестойкости сопла. Но двигатель доводили. Доводили и топливную систему. И наступил момент, когда решили, что можно готовить машину к первому полету. Ее привезли на аэродром. Провели серию пробных запусков. И, наконец 15 мая 1942 года Бачхиванджи поднял машину в воздух.



Самолет БИ на лыжах в 1943 году

Что сказать об этом первом полете? С замиранием сердца смотрели конструкторы и летчики, военные инженеры и механики на маленькую птичку, которая, выбросив из фюзеляжа огненный хвост, необычайно быстро раскатилась по бетонной дорожке, потом круто пошла вверх, сделала «коробочку» и устремилась вниз. Затем удар о землю. Одна нога подломилась. Самолет развернулся вокруг поломанной ноги и остановился. Прибежавшие к машине увидели Бахчиванджи, который яростно ругал себя за то, что испортил замечательную машину, не сумел ее посадить как следует. Оказалось, что к концу полета с работающим двигателем в фюзеляже лопнула какая-то трубка, кабина наполнилась ядовитыми парами. Он не мог дышать, ничего не видел. Открыл фонарь, чтобы хлебнуть чистого воздуха, но машина уже приближалась к земле. Бахчи оказался молодцом — остался цел сам и сохранил почти без повреждений машину. С упоением он говорил об этом коротком полете, восхищался мягкостью и тягой двигателя, который «как по маслу», придавливая его к пилотскому креслу, вынес в небо.

Однако конструкторы, хотя и ликовали, понимали, что надо еще работать и работать, чтобы по-настоящему овладеть ракетным самолетом. Второй полет состоялся только в сентябре. За ним последовала целая очередь полетов. Машина была переведена на лыжи. Появился еще один летчик — капитан К. А. Груздев.

27 марта 1943 года Бахчиванджи погиб, совершая полет на максимальной скорости. Машина, достигнув

критической скорости, опустила нос, пошла вниз и врезалась в землю.

Следует рассказать более подробно, как проходила работа над двигательной установкой в тот период. Как уже говорилось, за сам двигатель отвечал РНИИ, в состав которого входила группа Л. С. Душкина. Ближайшими помощниками Душкина тогда были В. А. Штоколов, А. В. Палло, А. И. Полярный. Болховитиновцев не посвящали в работу с двигателем. Они занимались лишь системой подачи топлива. Ведущим конструктором по двигательной установке стал с самого начала рабочего проектирования А. М. Исаев. (А. Я. Березняк был ведущим по машине в целом). К работе была подключена моторная группа, где трудились Н. И. Новиков, Н. И. Коровин, студент Д. Н. Майоров. Еще до отъезда на Урал, болховитиновцы стали думать о поршневом топливном насосе, приводимом сжатым воздухом. От такого насоса ожидали получить стабильное соотношение расходов компонентов. Насос был спроектирован, и его должен был изготовить московский завод «Борец». Но этого не получилось. Спроектировали и испытывали гидравлический поршневой регулятор соотношения компонентов, как его тогда называли альфа-стабилизатор. Но и он не попал тогда на машину. Основные усилия всю зиму 1941 —1942 гг. и лето 1942 г. болховитиновские двигателисты направляли на решение проблемы баллонов.

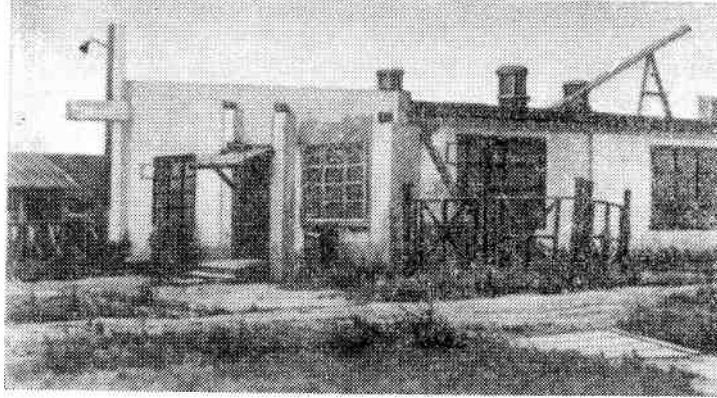
Работы над ракетным перехватчиком конструкции РНИИ к этому времени вступили в завершающую стадию, и институт стал уделять им первостепенное внимание, в то время как работы по двигателю для самолетов БИ были приостановлены. Поэтому В. Ф. Болховитинов предложил А. М. Исаеву передать разработку топливной системы другому сотруднику и вплотную заняться самим двигателем. Трудными были первые дни. В ОКБ Болховитинова не было ни литературы, ни знающих двигательную технику людей. Удалось узнать, что работами в этой области занимается некто В. П. Глушко. Немедленно В. Ф. Болховитинов с Исаевым отправились к нему. На авиационном заводе, *в конструкторском бюро В. П. Глушко с готовностью показал свои стенды, участки производства, конструкции, разъяснил методику термодинамического расчета охлаждения, словом, все, что юн знал сам, а новым двигателистам казалось, что знает

он все. Под руководством этого человека была так хорошо организована работа, что прежнее кустарничество не могло идти с ней ни в какое сравнение. Окрыленным вернулся Исаев от Глушко. Почувствовав, что может разобраться в новом деле, он начал действовать смелее. Появились первые проекты отдельных узлов. Начала отрабатываться новая система зажигания — при помощи форкамеры с авиационной 'свечой, воспламеняющей бензовоздушную смесь. Форкамера, укрепленная на березе, что росла на берегу заводского пруда, с шумом извергала огонь, являя собой первый объект огневых испытаний. Забота о будущих огневых стендах весьма занимала тогда Исаева. На Первоуральском новотрубном заводе он вытаскивал драгоценные нержавеющие трубы, похороненные под горой лома. Сотрудник ВИАМа И. Г. Лиференко внедрил в первые конструкции хромистый чугун. Т. К. Зилова из ВИАМа занималась диффузионным хромированием, преследующим цель придать простым сталям кислото- и жаростойкость. Конструкторы, овладев глушковскими расчетными методиками, развивали их дальше.

На новом месте. Первая работа

В середине мая 1943 года ОКБ было перебазировано. Началась организация отдела двигателей. В нем стали работать: Л. А. Пчелин, А. А. Толстов, В. Ф. Берглезов, И. И. Райков, Г. Г. Головинцова, В. Г. Ефремов, Н. И. Коровин.

На территории завода, в северной его части, высились три стены недостроенного ангара. К средней стене пристроили из шлакоблоков помещение в 300 квадратных метров, куда летом 1943 года переехал весь двигательный отдел. В северном торце расположили огневой стенд на два рабочих места. В средней части стоял компрессор, помещение для приборов, кладовка, гидравлический стенд для проливки форсунок, затем следовало конструкторское бюро и далее мастерская с двумя токарными станками. Все были ужасно довольны своим сооружением: удобно, автономно, комплексно! А зимой было даже тепло. Были построены две печки, которые из-за отсутствия дров топились кирпичами, смоченными в керосине. Такая топка насыщала все комнаты летающими хлопьями сажи. Но это не снижало ни энтузиазма»



Первая база

ни производительности. Не сказывалось на настроении и отсутствие удобств.

Что же представляла собой эта экспериментальная база? По своим техническим параметрам, то измерительным системам она была чрезвычайно примитивна, а по технике безопасности, санитарно-гигиеническим условиям и огнеопасности совершенно недопустима с современной точки зрения.

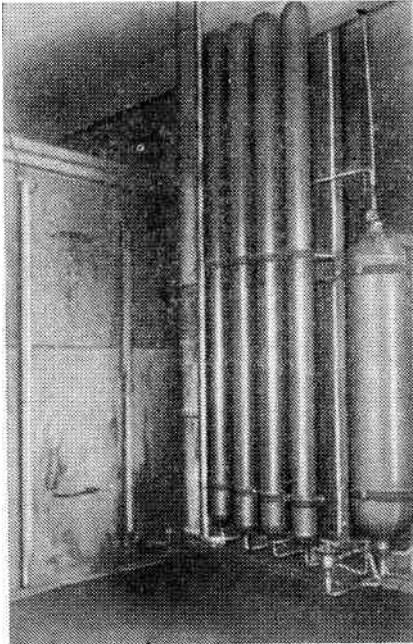
Два силовых станочка, представляющих собой качающиеся кронштейны, измеряли, собственно говоря, не тягу, а момент ее относительно оси качания. При этом, благодаря большому выносу вперед горизонтально расположенных двигателей, эксцентриситет тяги играл уже большую роль. Момент измерялся гидравлической месс-дозой, далекой от совершенства. Позади станков были расположены топливные самодельные баллоны из стали марки Я1Т, рассчитанные на рабочее давление 60 атм. Баллоны горючего и окислителя располагались рядом. Весь монтаж был сделан на 20-миллиметровых алюминиевых трубках, соединениях по наружному конусу. Стальных трубок вовсе не употребляли. Огневое помещение отделялось от операторов железной стенкой. Для наблюдения за объектом испытания были поставлены зеркала, которые быстро помутнели. Пришлось прорубить окно в боковой стене. Ни одного самопишущего прибора не было. При запуске люди с бумажками стояли перед манометрами и лихорадочно по команде запи-

сывали показания. На каждого приходилось по одному манометру. На роли «самописцов» мобилизовали конструкторов. Свои записи они сразу же после испытания анализировали.

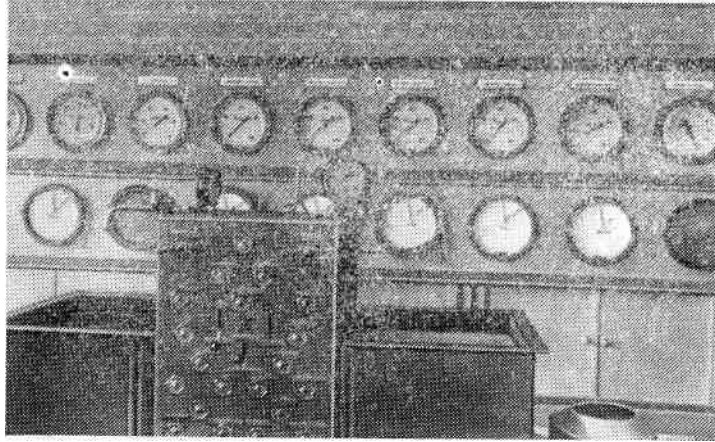
Секундные расходы измерялись по перепаду на шайбе. Для этого начали конструировать ртутные дифференциальные манометры. Было перепробовано много конструкций. Но все они оказывались малопригодными для работы в стендовых условиях. Стекло-нные трубки лопались, ртуть при толчках и гидравлических ударах вышибало. Нейтральных разделительных жидкостей для азотной кислоты не

было: употребляли воду, и в результате — коррозия. Конструировали всякие хитрые разделительные приборы, но они снижали точность измерений и работал! нестабильно. Раздобыли на заводе «Теплоконтроль» стационарные чугунные ртутные поплавковые дифманометры, употреблявшиеся на электростанциях. Однако и их приспособить не удалось. В конце концов стали помещать в прочный корпус с прозрачной крышкой механизм простого манометра. В трубчатую пружину подавалось давление до мерной шайбы, в корпус — после шайбы. Доработали мембранные разделители, и в конце концов эта система стала работать. Сменила ее, много лет спустя, система с турбинными датчиками расхода.

Ни одного малоинерционного прибора не было. В них тогда еще не ощущали большой необходимости. Высокочастотных пульсаций еще не знали. Да и низко-



Баллоны окислителя и горючего огневых стендов



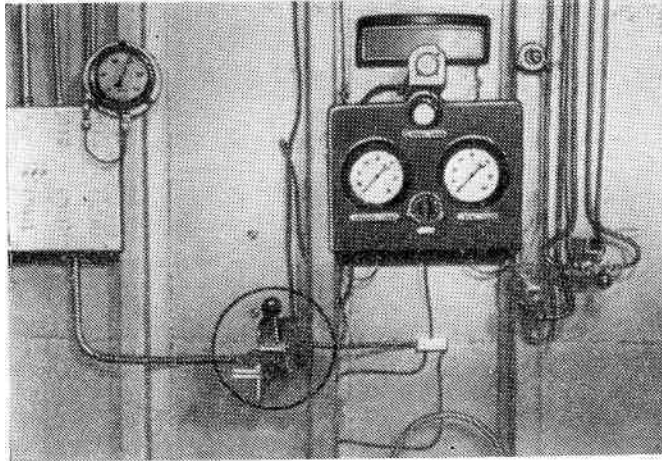
Приборный щит. На переднем плане гидростенд

частотные пульсации на первых конструкциях себя не проявляли.

Вообще тогда многое из двигательной техники конструкторам самолетов не было известно. Связи с Глушко и Душкиным не было. Все приходилось постигать на собственном опыте.

Находиться в парах окислов — тяжело. Когда попадали в облако, старались не дышать. Но никому не приходило в голову, что предельно допустимые концентрации невидимы и не вызывают кашля.

На станции не было промышленной канализации. Уровень грунтовых вод стоял очень высоко, всего в одном метре от земли. Перед стендами была зарыта железная коробка емкостью 3—4 кубометра для сбора всех смы-вок. Она быстро прохудилась. В нее вставили алюминиевую коробку. И та тоже быстро прокорродировала. Воды куда-то уходили, а вернее, всасывались в грунт непокрытого двора. В 8—10 метрах против стендов был насыпан земляной вал высотой около метра, называвшийся «атлантическим». Иногда ретивые исследователи проползали при запуске за валом и высовывались из-за него, пытаясь, очевидно, рассмотреть, что делается в камере сгорания. Несколько сбоку и впереди стендов была поставлена крестовина, которая служила капитальным наблюдательным пунктом. На приезжавших

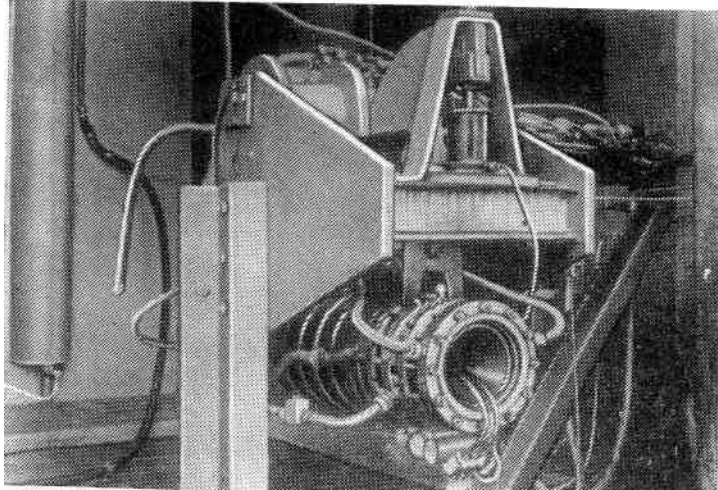


Пультовая. Виден сектор газа для управления РД-1

наибольшее впечатление производили пуски, особенно когда они, наблюдая, стояли за крестовиной. Видно ничего не было, но была такая акустика, которая даже при малых тягах выводила из строя барабанные перепонки.

Как уже говорилось, запуски производились из-за железной стенки, отделявшей огневую часть от «кабины управления». На этой же стенке висели манометры. При запуске в это узкое пространство набивалось порядочно народу — тут были механики-дресселировщики и «самописцы». При пуске там стояли и грохот и вонь. Очки и летные шлемы были далеко не у всех. Если бы лопнула кислотная трубка к манометру, многим бы не поздоровилось. Первое время механики перед пуском практиковали для дренирования системы слив порции компонентов через двигатель (причем одновременно обоих компонентов). Один механик стоял при этом на огневой стороне, в боксе, и взмахом руки давал сигнал, что слив прошел и нужна отсечка. Эта практика была прекращена лишь после того, как смешанная струя керосина и азотной кислоты однажды сдетонировала, и мимо механика (это был О. Г. Штин) прожужжали осколки камеры.

К весне 1944 года налаживание стенов в основном было закончено. В. Ф. Болховитинов решил оформить



РД-1 на огневом стенде

через Совет труда и обороны первое задание: разработать к октябрю 1944 года авиационный жидкостный ракетный двигатель с многократным включением на диапазон тяг от 400 до 1100 кгс, с плавным регулированием, с удельной тягой не ниже 200 с и ресурсом не менее 30 мин. Этот двигатель должен был заменить двигатель конструкции Душкина на машине БИ, что позволило бы продолжить ее отработку, прерванную гибелью Бахчиванджи.

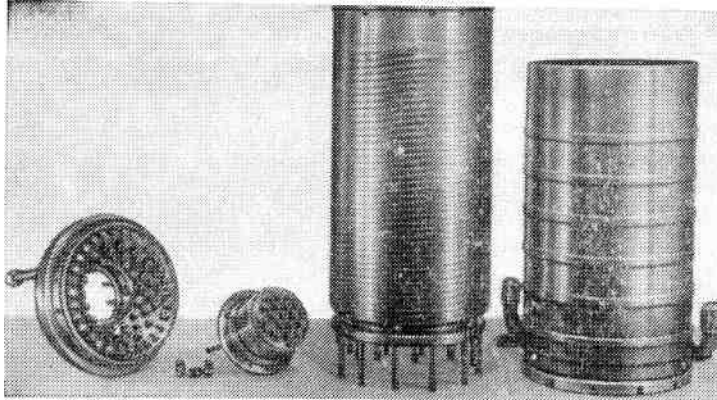
Год, /прошедший с момента возвращения на старую базу, конечно, не был затрачен только на строительство и налаживание экспериментальной базы. Расчетная группа КБ — Г. Г. Головинцова и А. С. Гвоздева — полностью освоила заимствованные у Глушко методики развила их дальше. Л. А. Пчелин и В. Ф. Берглезов занимались конструкторской работой по камерам сгорания. Они уже критически пересмотрели прежнюю конструкцию, разработали свои оригинальные решения Н. И. Новиков получил навык в проектировании разного рода дросселей и создал первые воздушные редукторы и обратные клапаны. Были проведены эксперименты по зажиганию, т. е. по получению пускового факела в камере сгорания, который бы надежно воспламенял рабочие компоненты. С этой целью опробывались форкамеры и

свечи различных типов. Решение пока не было найдено, но опыт накапливался.

Двигатель, который начал создаваться, получил индекс РД-1. Какие недостатки явились в двигателе конструкции Душкина? Прежде всего — ненадежность запуска и малый ресурс. Это и определило направление работы отдела. Двигатель сохранил основные размеры камеры и сопла, тип конструкции — сборная из механически обработанных поковок. Но решительно все детали были переконструированы. Основная деталь, определяющая ресурс двигателя, — сопло у двигателя Душкина имело оребрение, при котором образующие спирали были перпендикулярны к оси сопла. Кроме того, шаг резьбы был постоянным. Расчеты показали необходимость увеличения скорости охлаждающей жидкости в критическом сечении. Новое сопло было сделано с 6-заходной резьбой переменного шага и переменного наклона нитки резьбы, так что нитка на всей длине оставалась перпендикулярной поверхности стенки. При меньшей толщине стенки это обеспечивало большую жесткость детали и уменьшало ее деформацию, что способствовало уменьшению протекания охлаждающей жидкости в образовавшуюся щель поверх резьбы. На выходном конце сопла были сделаны две сильфонные волны. Оболочка жестко зажимала оба конца сопла. По-прежнему сопло охлаждалось керосином, а цилиндрическая часть — кислотой.

Для цилиндрической части использовали поковку из стали ЭЖ-2 (12Х13). С головкой жестко соединялась внутренняя деталь камеры, а рубашка уплотнялась сальником. При этом избежали омываемых окислителем шпилек, которые на душкинском двигателе принесли много неприятностей.

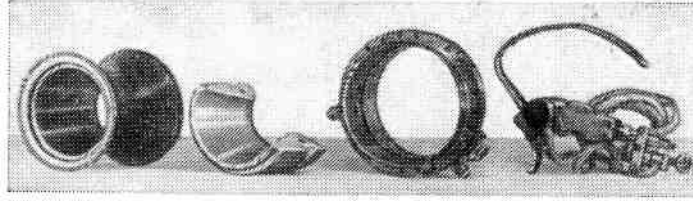
Головка сохранила свою коническую (шатровую) форму. Форсунки были ввернуты по окружностям с чередованием кислотных форсунок с форсунками горючего. В центральную часть вставлялся пусковой блок — массивный цилиндр со своими подводами компонентов, в плоский торец которого были ввернуты 7 форсунок горючего и 12 окислителя, с впервые тогда примененным сотовым расположением. Все форсунки имели внутри корпуса по маленькому шариковому клапану. При отсечке компонентов эти клапанчики закрывались, предотвращая слив компонентов в камеру из коллекторов и рубашек. Зажигание пускового факела осуществлялось от



Головка, пусковой блок, внутренняя и наружная оболочки цилиндрической части камеры

так называемого «дугового пускача». Два кривых электрода этого устройства, закрепленного под соплом, перед, пуском вводились в камеру за критическое сечение и начинали там размыкаться и смыкаться. При каждом размыкании между электродами проходила вольтова дуга. На дугу попадала первая порция хорошо распыленных компонентов из пускового блока с расходом 400 г/с, после чего с помощью пневмореле дуги пускача выводились из камеры в исходное положение. Затем расход через пусковой блок удваивался, получался уже довольно мощный факел на 800 г/с. На этот факел подавались компоненты из всех рабочих форсунок. Двигатель выходил на режим малой тяги — 400 кгс. Все управление осуществлялось одной ручкой, так называемым «сектором газа». Движение этого сектора от заднего положения до промежуточного упора обеспечивало полный пусковой факел.

Сдвигом рычага от промежуточного упора вправо включалась малая тяга, а при движении рычага до второй прорези вперед тягу увеличивали до максимума — 1100 кгс. Сектор газа был связан рычагами с дроссель-но-отсечным двухкомпонентным краном. Поворачивающиеся от рычага цилиндры с профилированными отверстиями плавно регулировали тягу, сохраняя соотношение секундных расходов компонентов.



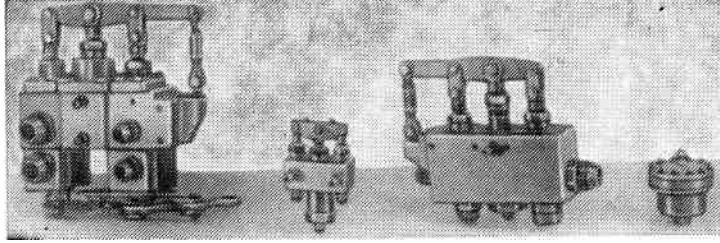
Сопло, вкладыш сопла, коллектор и дуговой пускач

Останов двигателя осуществлялся обратным движением сектора — сначала до промежуточного упора, потом сдвигом его по упору влево и оттяжкой назад по первой прорези. Таков был наш первый двигатель РД-1. В октябре 1944 г. он был предъявлен на государственные стендовые испытания, которые отлично выдержал. На отработку было израсходовано всего два двигателя. Двигатель № 3 был предъявлен государственной комиссии, двигатель № 4 пошел на летные испытания.

Каким же оказалось это наше первое создание? Изменение конструкции сопла, устранившее деформации, создавшее необходимую скорость жидкости в критическом сечении и вообще по всей длине сопла, в соответствии с расчетом, дало заданный ресурс всему двигателю. Этот ресурс стал определяться постепенным нарастанием на омываемой керосином стенке углеродной пленки — «коксика», затрудняющей теплопередачу в жидкость. Но главное — заданные 30 мин были получены.

Система запуска (зажигание от «дугового пускача» и вся автоматика) действовала безукоризненно. Двигатель был прост в эксплуатации и в управлении. Радикально был ликвидирован «хвост» при останове. У двигателя Душкина после останова из сопла еще долго шел огонь, выбрасывалось облако окислов, а в камере всегда оказывалась лужа смеси кислоты с керосином, которую механики выплескивали на землю скребками. В РД-1, благодаря запирающимся форсункам, скоростной четырехсоткилограммовый факел обрезало мгновенно, камера оставалась совершенно сухой. Лишь иногда на одной-двух форсунках быстро догорали огоньки.

Программа государственных стендовых испытаний предусматривала проведение десяти пусков без подхода к двигателю. Это требование было неукоснительно



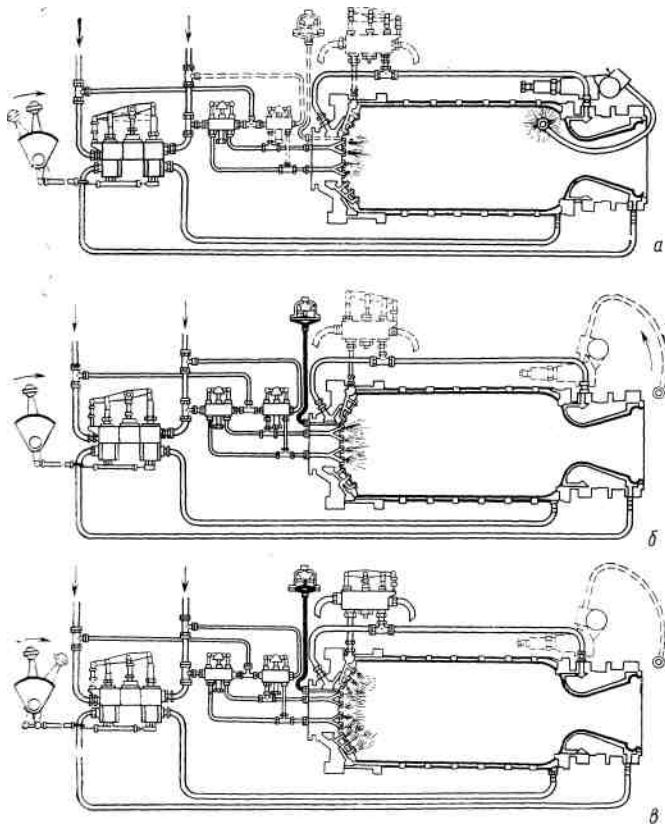
Основной крановый агрегат, пусковой и дренажный краны и пкевмореле

выполнено. За весь период испытаний двигатель не требовал текущего ремонта. Он проработал заданное время и был разобран — никаких дефектов не было обнаружено. Снятые характеристики подтвердили выполнение задания. Конструкторы торжествовали победу. Коллектив был премирован крупной денежной премией, а через год весь его состав был награжден за эту работу орденами и медалями. Это награждение за создание ЖРД было одним из первых в Советском Союзе.

РД-1 был поставлен на самолет БИ, который выполнил серию полетов. В акте, подписанном главным конст-



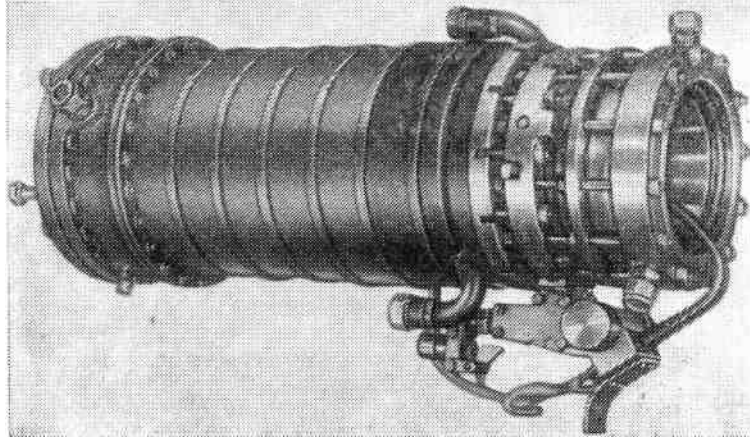
Сотрудники ОКБ весной 1944 года {в верхнем ряду четвертый справа А. М. Исаев}



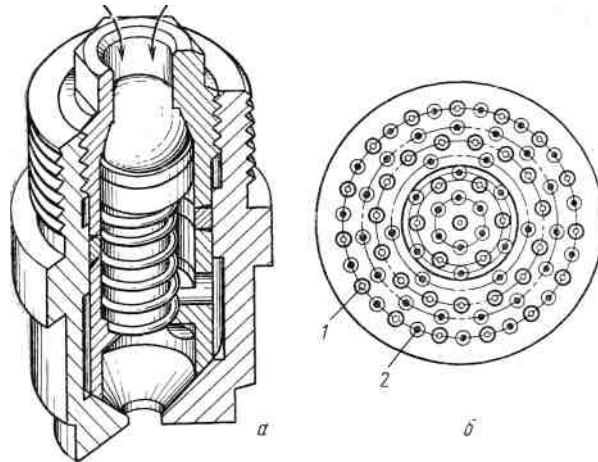
Процесс запуска двигателя РД-1:

а — рукоятка сектора передвинута до промежуточного упора, рабочие компоненты начали заливать охлаждающий тракт, открылся первый пусковой край, заработала вольтова дуга, включилось реле времени; *б* — пусковые компоненты вспыхнули от вольтовой дуги, сработало пневмореле и от него) открылся второй пусковой кран и убрались электроды пускача, рабочие компоненты залили охлаждающий тракт и начали сливаться через дренажный кран; *в* — прошло 2,5 с, дренажный кран закрылся, и компоненты потекли через форсунки в камеру, двигатель заработал

руктором В. Ф. Болховитиновым, говорилось, что двигатель РД-1 при проведении летных испытаний работал устойчиво. Переход с одного режима на другой происходил плавно, следуя за сектором управления двигателем. Автоматический запуск двигателя был безотказен, а переход с пускового режима на рабочий — плавный. Управление двигателем, электросхема, автоматика и

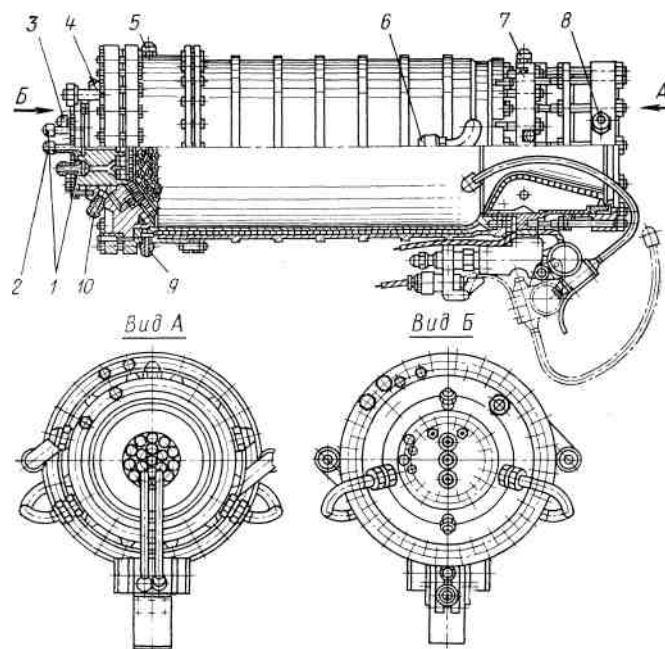


Двигатель РД-1 в сборе



Форсунки РД-1:

«—общий вид форсунки; б—расположение форсунок на головке; /—форсунка горючего; 2—форсунка окислителя



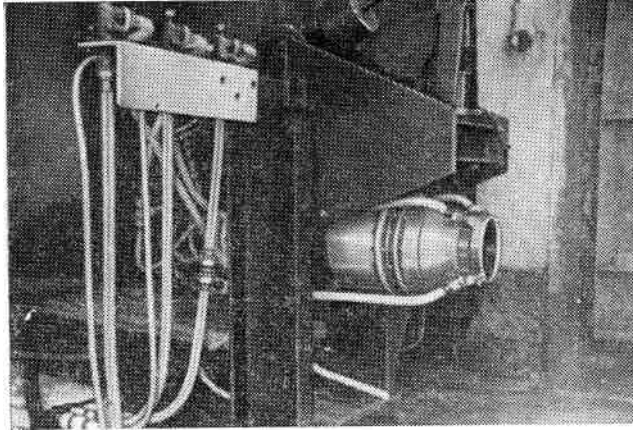
Общий вид камеры с дугвым пускатом РД-1:

1—штуцер подачи окислителя на форсунки пускового блока; 2—штуцер подачи горючего на форсунки пускового блока; 3—штуцер замера давления в камере; 4—штуцер дренажа горючего; 5—штуцер дренажа окислителя; 6—штуцер подачи окислителя; 7—штуцер дренажа горючего; 8—штуцер подачи горючего; 9—штуцер слива окислителя; 10—штуцер слива горючего

агрегаты двигательной установки работали удовлетворительно. Полученные при испытании данные двигателя соответствовали расчетным и (полученным при госиспытании на стенде.

Модернизация первого двигателя

В конце войны из Прибалтики были привезены немецкие турбокомпрессорные двигатели ЮМО-4 и БМВ-003. В Советском Союзе А. М. Люлька уже много лет успешно работал над такими двигателями, и эти трофеи подтвердили актуальность его работ.



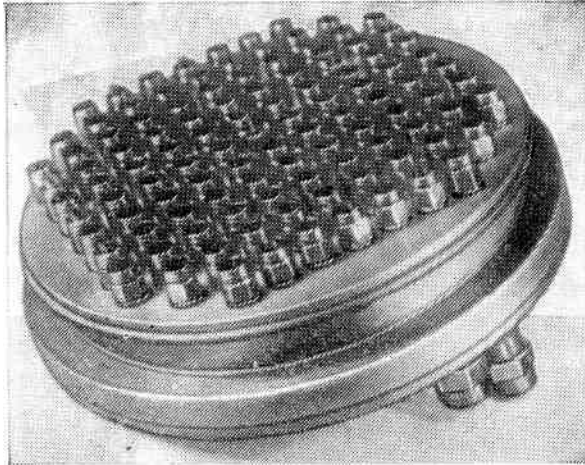
РД-1М на стенде

Весной 1944 года на базе завода и РНИИ был организован новый НИИ ракетной авиации, и В. Ф. Болховитинов стал научным руководителем этого института.

Второй самолет с ракетным двигателем (индекс 02) строился под руководством И. Ф. Флорова. Бывший двигательный отдел завода В. Ф. Болховитинова, ставший ОКБ нового НИИ, должен был снабдить этот самолет двигателем. Двигателисты начали заниматься модернизацией двигателя РД-1, которая окончилась разработкой нового авиационного многооазового двигателя РД-1М. В июле 1946 года он прошел стендовые испытания, а в декабре этого же года самолет 02 с двигателем РД-1М сделал первые пробежки.

Несмотря на отличные, казалось бы, качества двигателя РД-1, модернизировать в нем было что: он был тяжел (почти 100 килограммов), трудоемок и дорог, имел много элементов автоматики, усложненную электрическую схему, не очень большой для авиационного двигателя ресурс (всего 33 мин), слишком высокое давление подачи топлива (43,5 атм при 16 атм давления в камере).

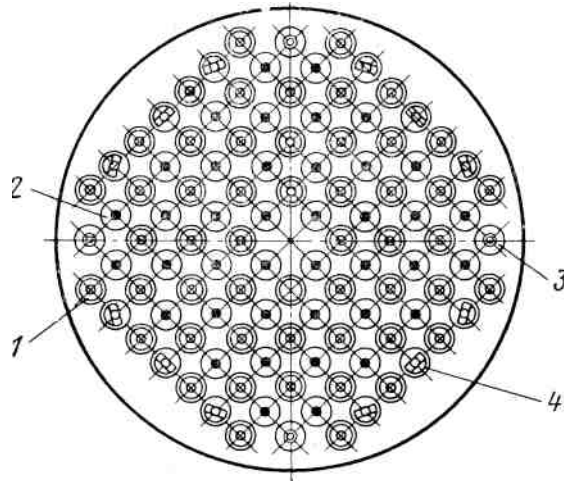
Работа по модернизации двигателя РД-1М началась с головки. Было замечено, что на тепловые потоки сильно влияет строение факела, определяемого расположением форсунок. Конструкторы установили, что наличие



Головка РД-1М

на периферии головки форсунок окислителя поднимает нагрев стенок камеры против этих форсунок по всей длине камеры и сопла. Напротив, периферийные форсунки горючего снижают тепловой поток, сохраняют стенку. Стало ясно, что факел надо строить по-иному, что именно система впрыска определяет ресурс сопла, т. е. факел, воспринимаемый соплом, определяется расположением форсунок на головке. Это был весьма важный вывод, который сыграл решающую роль в дальнейшей работе. Шатровая (коническая) головка, доставшаяся по наследству от Душкина, давала сильное «жгутование», т. е. большое насыщение компонентами центра камеры в ущерб периферии. Такое жгутование представлялось неоправданным; можно было предположить, что оно отрицательно влияет на удельную тягу.

Второй важный вывод: головка должна быть плоской. На гидростенде «проливали» уже не отдельные форсунки, а головки целиком. Степень жгутования определялась буквально на ощупь: рука, вставленная в поток, должна была ощущать равномерно мягкое давление по всей площади. Жесткое ядро в центре, бьющее по руке, считалось недопустимым. Велись работы по улучшению образования смеси по всей площади головки РД-1М. Вместо кольцевого расположения форсунок,

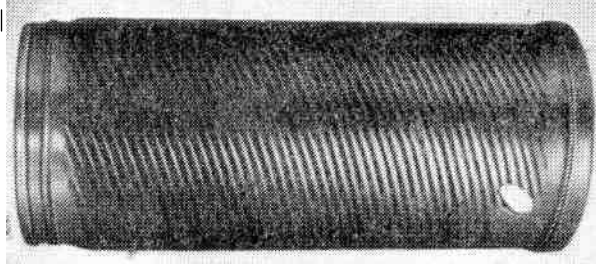


Расположение форсунок на головке РД-1М:

1—форсунка горючего; 2—форсунка окислителя; 3— форсунка горючего увеличенного расхода; 4—форсунка окислителя с факелом распыла, направленным внутрь камеры

которое не обеспечивало равномерного смешения компонентов, было принято расположение форсунок в шахматном порядке. Причем каждая форсунка горючего находилась в окружении четырех форсунок окислителя, и наоборот.

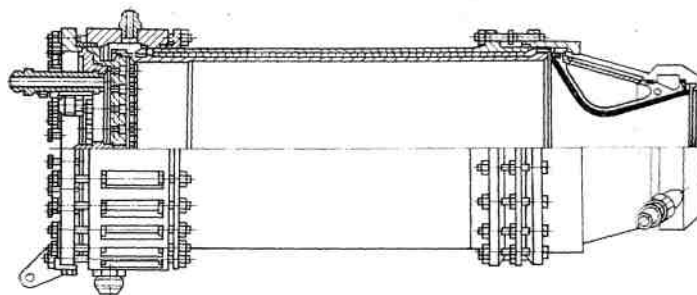
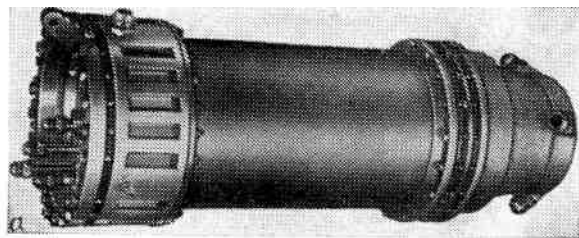
Головка РД-1М была сделана плоской. У периферийных форсунок окислителя сопла были скошены, что давало возможность направлять конусы распыла к центру, обеспечивая тем самым отсутствие окислителя в периферийном слое. В углах форсуночного квадратного поля были поставлены форсунки с увеличенным расходом горючего, что позволяло надежно прикрыть по две примыкающие к углам форсунки окислителя. Форсунки стали делать без клапанов. Хотя останов у РД-1 и был очень хорош, решено было им поступиться ради упрощения конструкции. Был придуман коллектор на головке, который получал из рубашки камеры охлаждавший ее компонент только сверху: при останове, таким образом, жидкость из рубашки в форсунки не сливалась, тем более, что коллектор имел большое отверстие внизу для слива из него компонента (при останове).



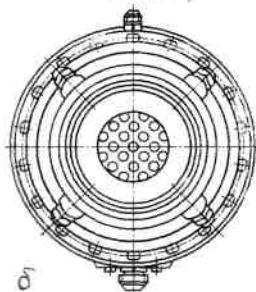
Внутренняя оболочка камеры РД-1М

Все эти конструктивные решения позволили отказаться от оребренного сопла: оно стало гладким, и даже без сильфонных волн на выходном конце. И сопло, и камеру оказалось возможным охлаждать только одним окислителем. Благодаря уменьшению тепловых потоков сопротивление всего охлаждающего тракта снизилось до 3,7 атм (вместо 20,3 атм только на одном сопле РД-1). Цилиндрическая камера оставалась оребренной, но при этом резьбу дали не 6-, а 24-заходную: это и предохраняло ее от внешнего давления и существенно сокращало гидравлическое сопротивление. Вся конструкция камеры упростилась, стала более технологичной, а весила она (с агрегатами) 59 кг вместо 95 кг, как у РД-1. Охлаждение только кислотой покончило с нарастанием на охлаждаемой поверхности «коксыка». После часа работы камера не имела признаков порчи и была пригодна к дальнейшей эксплуатации. Ресурс двигателя был установлен равный одному часу.

Хотя «дуговой пускач», действовавший от электричества, себя ничем не скомпрометировал, было решено применить химическое зажигание. До осени 1945 года никакой подходящей зажигательной жидкости не находилось. Осенью 1945 года было найдено горючее, с помощью которого удалось осуществить химическое зажигание на РД-1М. В качестве пускового окислителя употреблялся 4%-ный раствор хлорного железа в азотной кислоте. Пусковые (Компоненты подавались с расходом 1,2 кг/с (полный расход основных компонентов 5,8 кг/с) сразу во все форсунки головки. Пускового блока в головке не выделялось. Это был немаловажный шаг для дальнейшей разработки выхода двигателей на



Вид А

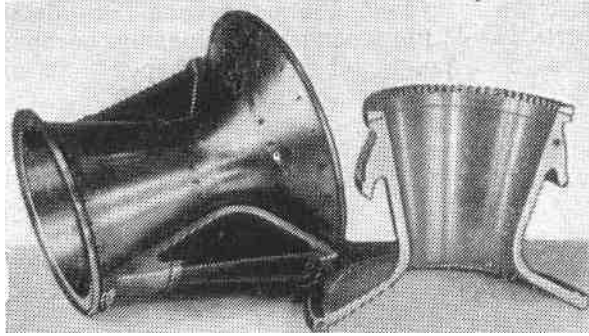


Камера РД-Ш:

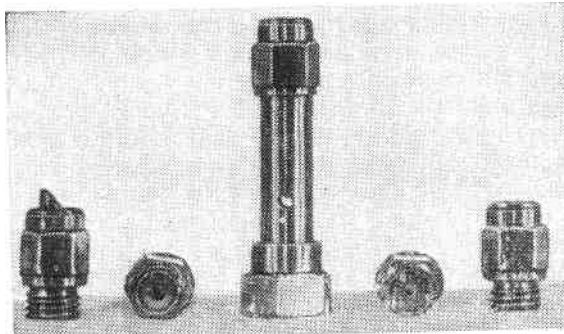
a — общий вид; *б* — разрез

режим работающих на несамореагирующих компонентах. С тех пор применялся следующий принцип: не образовывать пускового факела, на который подавались бы основные компоненты — последние должны входить в камеру непосредственно за пусковыми.

Как видим, итоги отработки РД-1М таковы: уменьшен вес, упрощена конструкция, увеличен ресурс, снижено давление подачи. Лишь удельная тяга не увеличилась и причина этого осталась невыясненной. По отчету о заводских испытаниях удельная тяга РД-1М уменьшилась на 6 единиц. Конструкторы считали,



Сопло с вкладышами РД-1М



Форсунки РД-1М

и, наверное, справедливо, что достигнутые преимущества компенсировали потери удельной тяги в 6 единиц.

Еще с осени 1944 года в ОКБ все более прочным становилось убеждение в том, что перспективны не двигатели многократного использования, а двигатели разового применения. Параллельно с отработкой РД-1М начались работы и в этом направлении.

Начало пути к двигателю «У»

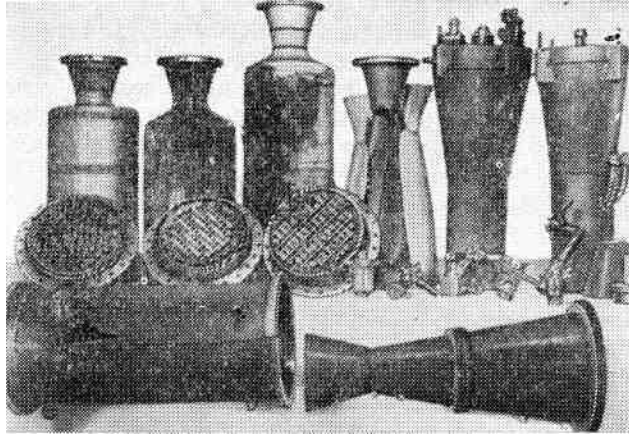
Летом 1944 года в конференц-зал НИИ внесли груду искаженного железа, перемешанного со стекловатой, электрическими проводами, сплюснутыми коробками,

туго начиненными электронной аппаратурой. Это были обломки ракеты Фау-2, привезенные из Польши, которой немцы пользовались как полигоном. Конференц-зал на два месяца превратился в мастерскую-лабораторию, где конструкторы, подобно Кювье, восстановившему по одной кости скелет бронтозавра, по рваным кускам листового железа, алюминия, разбитым агрегатам и электровакуумным лампам восстанавливали секретное оружие Гитлера. По этим обломкам было получено представление о немецкой ракетной технике.

Бригада, где работал И. Ф. Флоров, К. Д. Бушуев и другие, определила баллистические характеристики ракеты, ее назначение, геометрию. Конструкторы сделали общие чертежи, воспроизвели пневмогидравлическую схему двигательной установки, разобрались в системе управления. У двигателистов ОКБ еще больше окрепла вера в необходимость разрабатывать свои ракетные двигатели — простейшие по конструкции, одноразовые и нерегулируемые. Работа над двигателем упрощенной конструкции без повторного запуска началась тут же, после отработки двигателя РД-1. С переходом с орбренного сопла на сопло с щелевым охлаждением стало ясно, что можно делать камеру сгорания из листового материала. И с этой точки зрения получение точеного сопла с гладкой стенкой (РД-1М) рассматривалось не только как средство упрощения двигателя РД-1, но и как проверка возможности вообще отказаться от точеных механических конструкций двигателей.

Впервые камера сгорания из листа была изготовлена осенью 1944 года. Уже тогда для фиксации зазора между камерой и рубашкой были применены продольные проволоки, приваренные по концам к камере. Камера с головкой и соплом от РД-1 была испытана на огневом стенде. Как и ожидалось, она, выдержав несколько запусков на малых тягах, на тяге около 900 кгс потеряла устойчивость и прогорела. Попытки во чтобы то ни стало избавиться от дорогостоящей обработки ковальной болванки продолжались в течение всей зимы 1944—1945 гг.

Основная трудность заключалась в калибровке наружного размера камеры и внутреннего размера рубашки. Сквозь рубашки прогоняли протяжки, на камеры нагоняли кольца, гнули их из толстого листа и «правили» резцом внутренность рубашки, обтачивали толстостенную



Образцы камер, на которых отработывалась камера двигателя У-1250

листовую камеру снаружи, даже фрезеровали на ней продольные ребра вместо приварки проволок. Но все это не приводило к нужным результатам. При механической обработке толщина стенок получалась неодинаковой, не говоря об удорожании процесса обработки; калибровка пробками и кольцами не обеспечивала постоянства зазора.

В ОКБ готовы были уже совсем отказаться от идеи применения листа, как вдруг возникла мысль применить «промежуточную рубашку». Это приводило к нейтрализации неправильностей формы сварных листовых деталей. Судьба сварного двигателя была решена. На сваренную и имеющую неправильности камеру и сопло наваривались проволоки, облегаемые затем тонкой алюминиевой обкладкой. Камера с обкладками вводилась в просторную и тоже неправильной формы рубашку. Зазор между этой промежуточной обкладкой и рубашкой уже не имел значения, лишь бы суммарная щель была достаточной. Это давало возможность отказаться от трубопроводов вдоль двигателя, а все вводы делать на головке.

После решения этой важной проблемы был сразу же вычерчен цельносварной двигатель на тягу 1250 кгс и назвали его У-1250 («У» означало «упрощенный»). Это

было 15 апреля 1945 года. Однако, имея к этому времени достаточный опыт работы, в ОКБ не стали сразу делать заказ на изготовление двигателя, а, наметив слабые или «темные» места конструкции, начали готовить такую материальную часть, которая должна была шаг за шагом осветить эти темные места и подкрепить слабые.

Предстояло разрешить немало технологических вопросов. На головке сходилась для сварки одним кольцевым швом пять элементов — надо было освоить сварку этого сложного шва или, скажем крепление форсунок. Твердо отказавшись от поковок не только для камеры и сопла, но и для головки, начали экспериментировать с расклепыванием форсунок на листе. Оправки, обжимки, опецпресс, подбор формы расклепываемой ножки форсунки, проба многих образцов — и этот этап был пройден. Были установлены форма ножки, оснастка и усилие прессы, которые давали прочное и герметичное соединение.

Начались пробные сварки головок. Пятерной шов оказалось необходимо варить атомно-водородной сваркой. Газовая сварка перегревала ближние к шву форсунки и разгерметизовывала их. Далее шла проблема устойчивости камеры от внешнего давления. Было сделано пять камер для статических испытаний, каждая из них многократно подвергалась внешнему давлению до потери устойчивости, а потом «расправлялась» внутренним давлением.

Статистический анализ испытаний позволил установить пределы возможностей такой конструкции. Они оказались невелики: приходилось рассчитывать лишь на тягу в пределах полутора-двух тонн, причем нерегулируемую тягу. Тогда еще никто не предполагал, что удастся справиться с тепловыми потоками, что можно будет, (приварив камеру к рубашке, вовсе снять проблему устойчивости, а следовательно, и проблемы большой тяги и регулирования тяги.

Вскоре после этого оказалось возможным изготовить первую кондиционную головку с фланцами для стыковки ее с неохлаждаемой камерой и начать отрабатывать запуск, т. е. выход на режим, а затем вплотную подойти к решению основного вопроса — отработке факела.

Двигатель с самого начала был задуман на химическом зажигании с подачей зажигательных жидкостей

(двух или одной) через все рабочие форсунки. Правда, были вычерчены варианты с пороховым зажиганием и выделением группы пусковых форсунок (как у двигателя РД-1), но дальше развивать эти варианты не стали.

К июню 1945 года удалось получить у Глушко около двух литров зажигательной жидкости. Столь ничтожное количество жидкости не позволило развернуть огневую работу. Было лишь установлено, что тонкораспыленная зажигательная жидкость в воздухе воспламенения не дает, для вспышки необходим экран, смачиваемый зажигательной жидкостью и что при соприкосновении кислоты с зажигательной жидкостью внутри закрытой полости происходит взрыв. Опыты закончились взрывом головки в одной из полостей, где из-за негерметичности мембранных клапанов образовалась смесь.

Затем наступил перерыв в работе над У-1250, продолвшийся до декабря 1945 года. Он был вызван поездкой группы руководящих работников ОКБ в Германию для ознакомления с немецкой ракетной техникой. После поездки Исаеву стало ясно, что тот путь, на который встало ОКБ перед окончанием войны, единственно правильный. С конца 1945 года вновь закипела работа над У-1250.

Только двигатели типа «У»

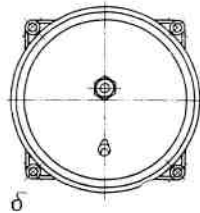
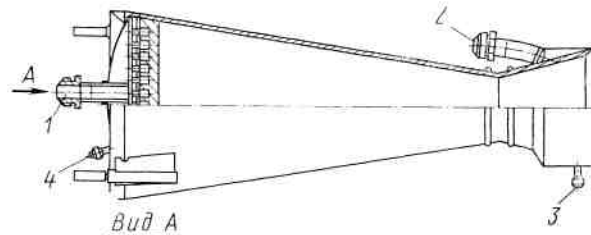
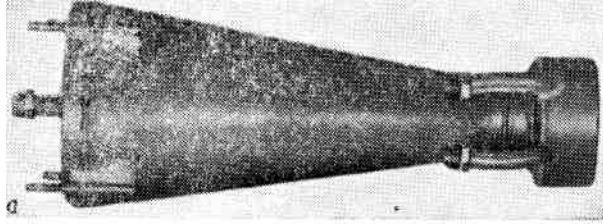
Описанный ниже этап работы ОКБ, бесспорно, имел особое значение. Он утвердил «генеральную техническую линию», обеспечил в дальнейшем выход серийных двигателей, создал ОКБ определенную репутацию.

На определение «генеральной линии», на выработку традиций большое влияние оказали условия работы. Если бы ОКБ располагало хорошей производственной базой, а его работники имели представление о возможностях хорошо налаженного серийного производства с высоким уровнем технологии, наверное, другими были бы их конструкции. Но работники ОКБ не были, так сказать, «развращены» производством. Они располагали весьма малым количеством универсальных станков, простейшей сваркой, испытывали трудности с кузницей, вовсе не имели литья, даже самого простого. Всякий заказ производству сокращался до минимума, да и выполнялся с опозданием. Поэтому первой задачей разработчиков было добиться максимальной простоты,

создать конструкцию, которая не требует специальной оснастки и освоения новых технологических процессов, может быть изготовлена из подручных материалов. Простота в производстве, как тогда казалось, означала и надежность конструкции в действии. Максимально упрощая агрегаты, работники ОКБ стремились сократить и количество самих агрегатов. Всякая лишняя связь или блокировка считались смертным грехом. Каждый узел упрощался до предела. Так и выработывались традиции, которые сохранялись в течение последующих лет, несмотря на непрерывный рост производственных возможностей ОКБ.

Как уже было сказано, ознакомление с немецкой трофейной техникой не изменило прежней конструкторской линии ОКБ. Но поездка в Германию руководящих работников ОКБ расширила кругозор и на многие вещи заставила смотреть по-иному. Мог быть заимствован один элемент немецкой техники — это самореагирующее с кислотой синтетическое горючее в качестве зажигательной жидкости. Но, конечно, никто в ОКБ не собирался применять эту жидкость как основное горючее. В ОКБ была твердая точка зрения, просуществовавшая много лет: основное горючее должно быть обеспечено неограниченной базой — нефтепродуктом — керосином. Но в качестве зажигательной жидкости разумно было использовать самореагирующее с кислотой горючее — ксилидин.

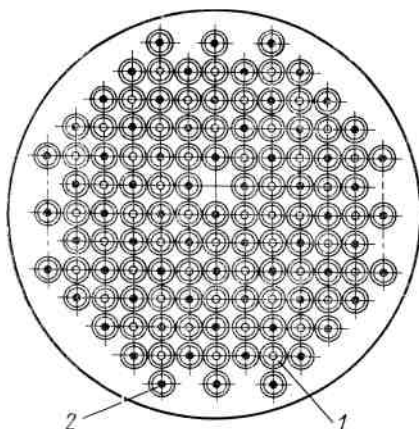
Запуски начали на открытой головке. При одновременной полной подаче ксилидина и кислоты смесь мощным потоком выбрасывалась из головки и загоралась лишь на земле, и вся струя в воздухе резко детонировала. Оснащение головки открытой цилиндрической камерой ничего не изменило. Ставить при этих обстоятельствах сопло было рискованно. Решение постепенно подавать топливо сразу привело к хорошим результатам: факел нарастал по мере движения сектора газа, шум увеличивался плавно. Было замечено, что предпочтительнее опережение поступления в камеру ксилидина, так как при запаздывании начинались хлопки. Такая схема запуска — постепенное нарастание расхода при некотором опережении ксилидина — была и принята. Для ее осуществления были спроектированы спаренные пробковые дроссели, с приводом от гидравлического сервоцилиндра.



Камера двигателя У-1250:

a — общий вид камеры двигателя У-1250; *б* — разрез;
 1 — штуцер подачи горючего;
 2 — штуцер подачи окислителя; 3 —
 штуцер слива окислителя;
 4 — штуцер замера давления окислителя перед форсунками

Началась работа по отработке охлаждения, т. е. над головкой двигателя. При проектировании головки У-1250 весной 1945 года мы пошли еще дальше по тому направлению, по которому работали над двигателем РД-1М. Было увеличено количество форсунок — до 120. Первые запуски такой головки на неохлаждаемой камере показали весьма высокие средние тепловые потоки, в особенности против периферийных кислотных форсунок. Против них, по кресту, пятисекундный запуск давал сквозное прогорание 20-миллиметровой стенки сопла. Тогда между кислотными периферийными форсунками и стенкой камеры просверлили полуторамиллиметровые отверстия, через которые подавались струйки керосина над потоками кислоты. Это сразу дало эффект. По этим зонам тепловой поток стал значительно меньше, чем между ними. Однако надо было, во-первых, найти более конструктивное решение, во-вторых, еще более снизить тепловые потоки.



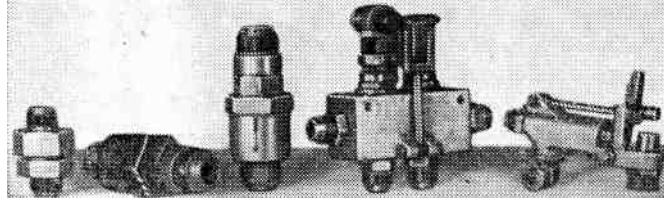
Расположение форсунок на головке двигателя У-1250:

1—форсунка окислителя; 2—форсунка горючего

Здесь уместно рассказать об изобретенном в ОКБ методе измерения тепловых потоков. Для этой цели применялись неохлаждаемые камеры с толстыми стенками. Цилиндрическая часть камеры состояла из нескольких секций (колец), связанных фланцами, что позволяло собирать камеры различной длины. По кольцевым сечениям и по образующим камеры были сделаны резьбовые гнезда, в которые ввертывались калориметры. Калориметр — стальная пробка с приваренной к наружному торцу термопарой, вставленная на шамотной глине в корпус, который ввертывался в гнездо камеры, так что открытый торец пробки оказывался заподлицо с внутренней поверхностью камеры. Провода термопары выводились к гальванометру. На оснащенной таким образом камере производился короткий (3—5 с) запуск. Максимальные показания гальванометров, соответствующие (ввиду малой перетечки тепла от стенки к калориметрической пробке и малой теплоотдачи в воздух) средней температуре пробки, фиксировались. Зная ее теплоемкость и время нагрева (запуска), можно было подсчитать удельный тепловой поток в месте пробки. Таким образом, сразу получали эпюру тепловых потоков по длине камеры и сопла по разным характерным для испытываемой



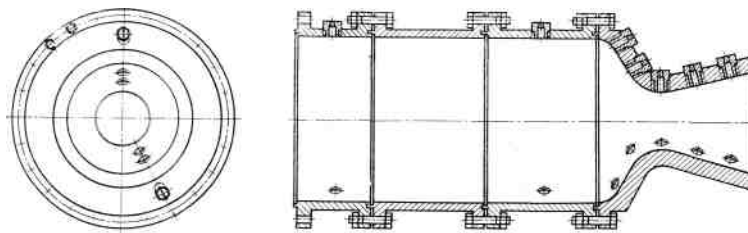
Форсунки двигателя У-1250



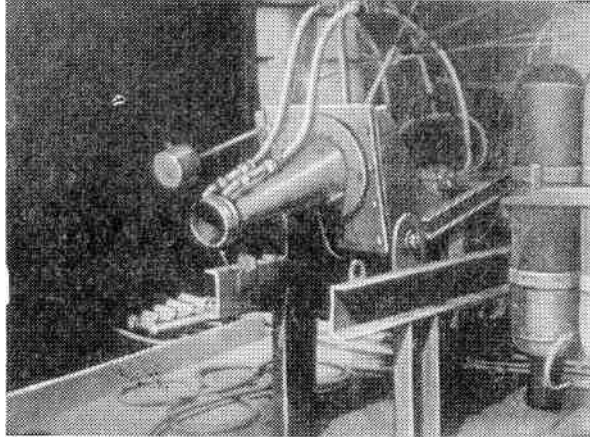
Агрегаты двигателя У-1250 (обратный клапан горючего, обратные клапаны окислителя, двухкомпонентный пироклапан, пироклапан воздушный)

головки образующим. Этот способ оказался довольно точным: суммарный тепловой поток, замеренный по этому способу, хорошо совпадал с потоком, определяемым по нагреву охлаждающего компонента. Качественную картину, максимальные значения потока он давал сразу, что было бы невозможно при сложнейшей системе отвода от секционированной рубашки охлаждающей жидкости.

С весны 1946 года активизировалась работа по двигателю У-1250. Производственные возможности ОКБ были весьма ограничены. В течение всей зимы собственными силами изготовляли всю материальную часть. После получения правительственного задания работа по отработке этого двигателя пошла полным ходом. Конструкция двигателя была полностью пересмотрена. Точный коллектор был заменен коллектором из штампованных листовых деталей. Был выпущен и сдан в производство очень полный набор экспериментальных элементов двигателя, позволяющий опробовать целую серию вариантов. Были заказаны отдельные головки



Неохлаждаемая камера с калориметрами



Двигатель У-1250 на стенде

с тремя типами форсунок и тремя способами их расположения, отдельные камеры трех разных геометрических форм: цилиндрическая, мембранная и конусная с разными конструкциями промежуточных обкладок. Мембранная камера представляла собой вариант с плоским дном перед соплом для компенсации удлинения цилиндра камеры за счет выгибания этого плоского соплового днища как мембраны. Все это позволяло осуществить более 60 вариантов двигателя и только нехватка времени заставила сократить программу эксперимента.

Пока изготовлялась новая материальная часть, начались огневые испытания тех конструкций, которые были сделаны весной и летом 1945 года и доводились в течение зимы.

Еще осенью 1945 года с учетом особенностей сконструированных камер и начинающей тогда выкристаллизовываться в лаборатории НИИ теории диффузионного горения в камере ЖРД¹ была запроектирована и изготовлена

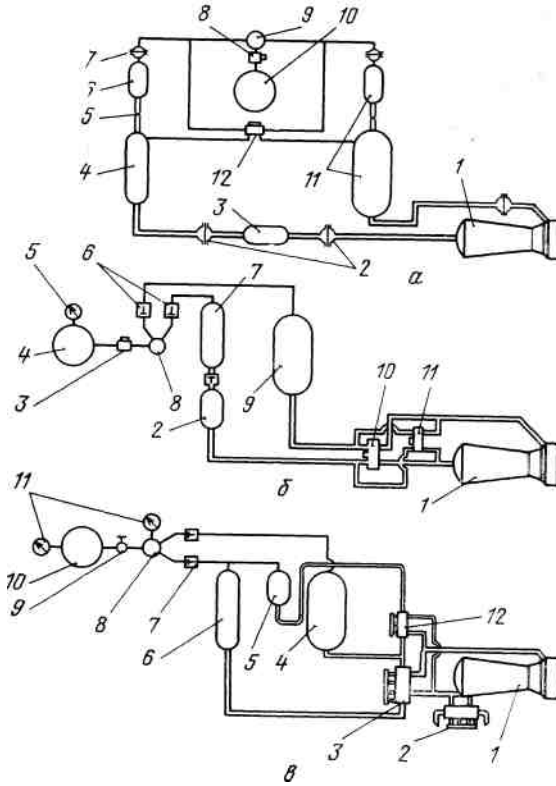
¹ В. Ф. Болховитинов, став научным руководителем созданного им института, начал организовывать лабораторию, в которой должны были проводить исследования в области ЖРД. В лабораторию были приглашены сотрудники Центрального котлотурбинного института: профессора Г. Ф. Кнорре, А. А. Гухман, Л. А. Вулис. Конечно, они не были специалистами по ЖРД. Но их глубокие познания в области горения и теплопередачи помогли конструкторам ОКБ.

неохлаждаемая камера конической формы. Эта камера должна была при той же головке и значительном сокращении объема резко увеличить средние скорости газа и интенсифицировать турбулентное перемешивание. Однако из-за больших трудностей с определением секундных расходов невозможно было точно оценить изменения удельной тяги при переходе с цилиндра на конус, удалось лишь определить, что если снижение и происходит, то очень небольшое, что подтверждалось звуком и видом факела, устойчивостью горения на малых и больших расходах и прочими признаками.

После этих испытаний впервые на огневой стенд была поставлена охлаждаемая камера (еще старого задела) с промежуточной обкладкой. Это была цилиндрическая камера с нормальным (120°) входом сопла, собранная со старой головкой и с жесткой (несильфонной) рубашкой. Была осуществлена схема с независимым охлаждением, с подачей для охлаждения кислоты из второй системы баллонов и последующим ее отводом в бочку. Измерение температуры на выходе позволило проверить калориметрический способ измерения удельных тепловых потоков. Проверка дала положительные результаты. Запуски проводились на одном режиме при все понижающемся расходе охлаждающей кислоты. При расходе, соответствующем закольцовыванию, камера и рубашка быстро прогорели в цилиндрической части. Как выяснилось, это произошло из-за заплыва размякшего шнура уплотнения через борт промежуточной рубашки на охлаждающий тракт камеры и неполной герметичности камеры, вызвавшей прорыв газов в рубашку, давление в которой было весьма мало.

Тем временем начала поступать выполненная материальная часть, и начались систематические испытания, рассчитанные на последовательное отбрасывание неоправданных вариантов. В этой серии испытаний возникли серьезные трудности при запуске из-за больших емкостей рубашек. Дело в том, что рубашки были одинаковы для всех типов камер, а при конусной камере лишние ее емкости были особенно велики. После отсева на испытаниях

Идею конической камеры, кстати, очень одобрял Л. А. Вулис, так как она не противоречила его тогдашним представлениям об организации процесса в камере. Создание лаборатории в НИИ нанесло ущерб ОКБ: в нее перешли И. И. Райков и Г. Г. Головинцова. С их уходом ОКБ лишилось главного испытателя и своего расчетчика.



Принципиальные схемы двигательных установок для двигателей серии «У»:

a — схема для однократного использования (артиллерийская ракета); 1 — камера; 2 — блок мембраны свободного прорыва; 3 — баллон пускового горючего; 4 — бак горючего; 5 — дроссельная шайба; 6 — бак горючего; 7 — блок мембраны свободного прорыва; 8 — воздушный пироклапан; 9 — редуктор; 10 — баллон воздуха; 11 — бак окислителя; 12 — воздушный пироклапан; *б* — схема для многократного использования (стартовая ракета); 1 — камера; 2 — баллон пускового горючего; 3 — воздушный пироклапан; 4 — баллон воздуха; 5 — манометр; 6 — клапан обратный; 7 — бак горючего; 8 — редуктор; 9 — бак окислителя; 10 — топливный пироклапан; 11 — пусковой клапан; *в* — схема с повторным запуском; 1 — камера; 2 — сливной кран; 3 — топливный кран; 4 — бак окислителя; 5 — баллон пускового горючего; 6 — бак горючего; 7 — клапан обратный; 8 — редуктор; 9 — запорный кран; 10 — баллон воздуха; 11 — манометр; 12 — пусковой кран

сперва мембранной, а затем цилиндрической камер и отработки форсунок было найдено наилучшее их размещение, дающее минимальные тепловые потоки. ОКБ вплотную подошло к оформлению уже не экспериментального, а рабочего двигателя. Необходимо было окончательно отработать запуск (выход на режим), так как стало ясно, насколько сильно способ запуска влияет на конструкцию двигателя. Так была выполнена конструкция двигателя с той схемой запуска, которая тогда считалась отработанной: заливка рубашки и механические, постепенно открывающиеся дроссели. Началась отработка дросселей и вскоре стало ясно, что от них надо отказаться. Они оказались сложны в доводке. К тому же они портили весь облик двигателя, выдержанный совсем в другом стиле. Пробное изготовление головок с горловинами под механические дроссели показало их относительно большую трудоемкость.

Чтобы найти более легкую конструкцию и отказаться от механических дросселей, надо было провести серию экспериментов по изысканию новых схем запуска. Было проверено несколько схем: запуск с форбаллонами при двукратной даче воздуха; ступенчатый запуск с регулированием расходов на воздухе; ступенчатый запуск с регулированием расходов на жидкостных магистралях; наконец — наиболее простой, так называемый «пушечный» запуск, — с резкой дачей полного расхода, без пускового периода. Последняя схема вначале очень обнадеживала, но после двух разрывов камер на седьмом и восьмом запусках пришлось принять схему с гидравлическими дросселями на форбаллонах. Эта схема позволила отказаться от предварительной заливки рубашек, что резко упростило конструкцию двигателя, избавило головку от горловин, сократило в ней количество полостей. После этого был заказан, изготовлен и поставлен на огневые испытания двигатель, как тогда казалось, окончательной конструкции. Испытания показали высокую удельную тягу, хороший ресурс, надежность.

Однако при форсировании двигателя до 1600 кгс камера потеряла устойчивость. К тому времени стало ясно, что температурные напряжения, благодаря удачно отработанной головке двигателя, не носят катастрофический характер. Поэтому двигатель был полностью перепроектирован — выброшены промежуточные рубашки, рубашка приварена к камере по всей поверхности

точной сваркой (через промежуточные ленты). Этот двигатель был изготовлен и прошел все предварительные испытания.

Таким образом был отработан двигатель У-1250, ставший исходным образцом для целого семейства двигателей. Впервые появилась конструкция камеры со связанными оболочками. Этот принцип с тех пор прочно внедрился в отечественное двигателестроение.

В сентябре 1946 года двигатель У-1250 прошел заводские испытания. Эта работа принесла ее участникам глубокое моральное удовлетворение, они понимали все значение У-1250 для последующих разработок. Самое главное заключалось в том, что в двигателе У-1250 была коренным образом решена проблема устойчивости камеры. Благодаря этому открылась возможность увеличивать тягу в одном агрегате, т. е. заложена база для создания целой серии двигателей, одинаковых по конструкции для широкого диапазона тяг.

В последующий период ОКБ продвинулось в поисках наилучшей схемы двигательной установки и определило типовые конструкции всех ее узлов. К концу этого периода наступило даже некоторое упоение успехами: конструкторы стали заявлять, что они уже научились делать ракетные двигатели.

Дальнейшие работы ОКБ

Двигатель У-1250 не был привязан к определенному объекту. Он носил, так сказать, учебный характер. В то время (1946 год) для этого двигателя объектов ракетной техники в сущности не было. Ракетные ОКБ еще не были созданы, но чувствовалось, что их организация не за горами. Сотрудники ОКБ готовились к будущим крупным заказам, которые, как они предполагали, должны были охватить все классы ракет. Камера сгорания У-1250 давала возможность обосновать двигательный комплекс, который, по их мнению, обеспечивал энергетику ракет всех классов более экономично, чем немецкие двигатели. У него были также более высокая надежность и эксплуатационные характеристики. ОКБ определило в то время свою линию в ракетном двигателе-строении. Вот ее основные положения:

1. Топливо. Только керосин и азотная кислота. Специальная химия — только для зажигания.

Характеристики двигателя У-1250, полученные при испытаниях

к н с к	Дата	Тяга, кгс	Продолжительность испытания, с	Давление компонентов перед каме-		Давление окислителя перед форсунками, атм	Секундный расход компонентов, кг/с			Весовое соотношение компонентов	Удельный импульс тяги, с	Атмосферные условия	
				рой, атм			к о з о	горючего	суммарный расход			Давление, мм рт. ст.	Температура, °С
				окислитель	горючее								
1	27.7.46	1307	43,0	22,6	18,6	19,5	5,15	1,1	6,25	4,68	209	749,5	+24
2	27.7.46	1290	43,9	22,0	18,2	19,0	5,07	1,05	6,12	4,83	211	749,5	+25,1
3	27.7.46	1290	43,9	22,3	18,0	19,0	5,05	1,02	6,07	4,95	213	749,5	+25,2
4	27.7.46	1332	43,0	23,3	18,9	19,7	5,14	1,14	6,28	4,51	212	749,5	+25,6
5	27.7.46	1307	43,5	22,6	18,7	19,4	5,08	1,1	6,18	4,62	212	749,5	+23,3

2. Подача. Только вытеснительная. Она наиболее проста и надежна, при ней получают вполне приличные в весовом отношении ракеты, даже межконтинентальные.

3. Двигатели (под двигателем понимали тогда, в сущности, одну камеру). Созданная ОКБ камера с плоской головкой, с разумно расположенными на ней центробежными форсунками, обеспечивающими малое «а» в пристеночном слое, коническая камера со связанными оболочками (здесь самое важное именно связанные оболочки), ее цельносварная конструкция могла быть осуществлена по одному типу на весь мыслимый тогда диапазон тяг — от 400 кгс до 9 тс. Технологически такие камеры элементарны, т. е. могут быть изготовлены в любой мастерской.

4. Арматура. Разработанные ОКБ узлы автоматики многократного и однократного действия были просты, надежны и позволяли осуществлять схемы как для силовых ракетных установок однократных, так и регулируемых, и с повторными пусками.

Таково было кредо двигателистов ОКБ в 1946 году. Многого они тогда не знали, многие их положения были отвергнуты дальнейшим развитием ракетной техники. Но и многое легло в основу отечественного двигателестроения.

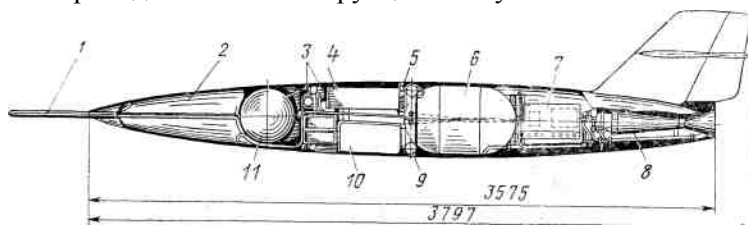
17 июля 1946 года (еще до официальной сдачи У-1250) министру авиационной промышленности М. В. Хруничеву был направлен трогательный по своей наивности и простодушию документ, сохранившийся в архиве ОКБ. В нем конструкторы писали о своих достижениях в разработке новых образцов ЖРД, о созданной ими первой цельносварной выполненной из листа камере со связанными между собой точечной сваркой оболочками — камере У-1250. Эта камера явилась качественным скачком в ЖРД, так как благодаря жесткой связи оболочек между собой допускала изготовление внутренней оболочки, тонкой и легкой. А это, в свою очередь, давало возможность неограниченного форсажа камер по давлению и тяге. На базе камеры У-1250 был спроектирован ряд камер тягой от 400 до 9000 кгс, проделаны расчеты веса и дальности полета ракет, оснащенных этими камерами. Конструкторы просили помощи в строительстве стендов и производственной базы для ОКБ.

Увы, ожидаемого эффекта это не дало. Вскоре филиал

НИИ — бывший завод В. Ф. Болховитинова, где базировалось наше ОКБ, был передан другому ОКБ. В это время В. Ф. Болховитинов ушел заведовать кафедрой конструкций самолетов в Военно-воздушную академию им. Н. Е. Жуковского. Начальником НИИ стал М. В. Келдыш — будущий президент Академии наук СССР. Институт все более развивал научную работу в области газодинамики, внутрикамерных процессов в ЖРД. Опытно-конструкторская работа в институте не имела перспектив. Поэтому институт не мог оказать ОКБ такой поддержки, в которой оно нуждалось. А ОКБ надо было жить и работать.

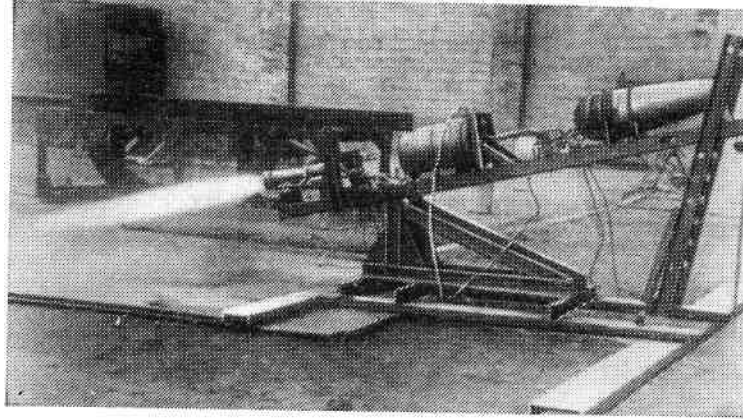
Новые принципы — в дело

Чтобы работать на прежней территории, надо было заинтересовать нового главного конструктора в пребывании на ней ОКБ. Так и поступили. ОКБ приняло заказ на отработку двигательной установки для летающей модели сверхзвукового самолета. Работа развернулась на том же производстве, с теми же конструкторами-самолетчиками, с которыми двигателисты работали и раньше, — сменилось лишь их руководство. Двигатель У-400-10 (на тягу 400 кгс с высотностью сопла 10 километров) уже в феврале 1947 года прошел заводские стендовые испытания. Немного позднее была отлажена вся двигательная установка, и в том же году начались испытания летающей модели на полигоне, что обогатило тогдашнюю сверхзвуковую аэродинамику. Доводкой всей установки и ее эксплуатацией на полигоне занимался Н. И. Новиков. Ему же принадлежала и конструкция всех узлов автоматики.



Компоновка летающей модели самолета:

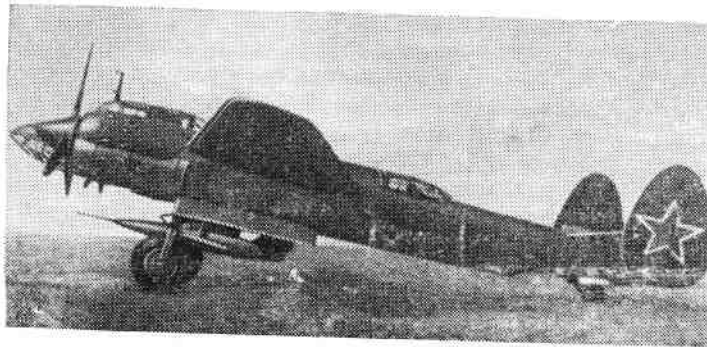
1 — трубка Пито; 2 — баллон горючего; 3 — редуктор, 4 — рация, коммутатор; модулятор; 5 — механизм подвески; 6 — баллон окислителя; 7 — автопилот; 8 — камера; 9 — баллон пускового горючего; 10 — парашют; 11 баллон воздуха



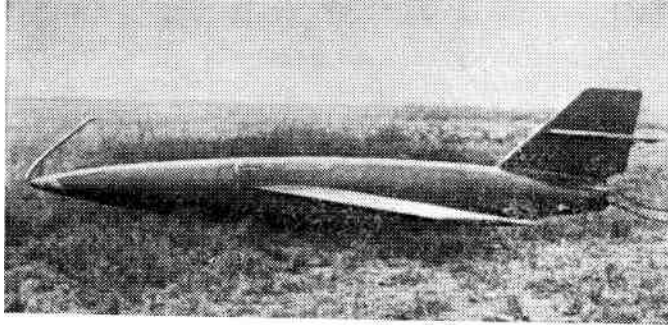
Двигательная установка модели на стенде

В начале 1948 года по представлению руководителя НИИ М. В. Келдыша А. М. Исаев получил Государственную премию третьей степени за разработку и внедрение в эксплуатацию жидкостного ракетного двигателя. Это была первая Государственная премия за жидкостную ракетную технику. В это же время ОКБ получило несколько заказов.

В конце 1945 года ОКБ было предложено разработать двигатель для морской торпеды. Предложение было охотно принято. Без всяких затруднений был отработан



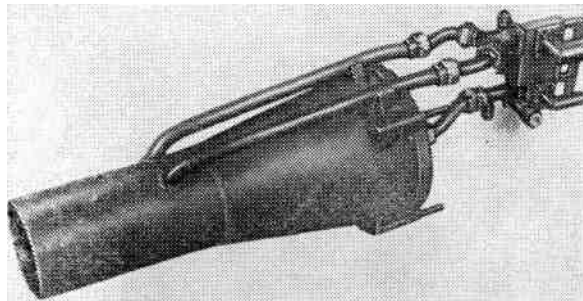
Модель подвешена под ТУ-2



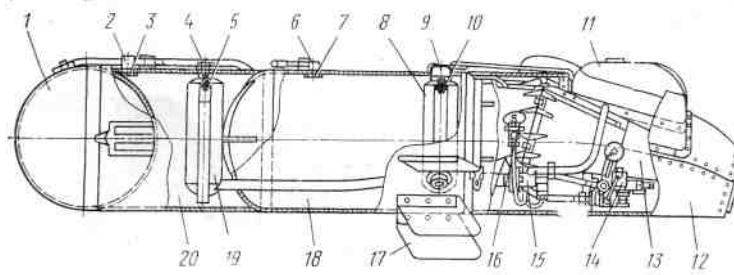
Модель после приземления

двигатель на тягу 1400 кгс и спроектирована вся двигательная установка. 18 июля 1946 года двигатель с баллончиками на пять секунд работы, заглушённый резиновым листом, обвязанным веревкой поверх сопла, был опущен в пожарный бассейн и закреплен там на глубине около метра. При пуске двигателя можно было заметить кратковременное бурление, вызванное пусковым режимом.

После второго командного импульса, давшего полный расход топлива, за двигателем поднялся черный от ила водяной бугор высотой до 2,5 м и длиной 15—20 м. Характерного шума двигателя было совершенно не слышно. Через восемь секунд бугор опал, и вода стала успокаиваться. Установка была извлечена. Резиновый



Двигатель для торпеды

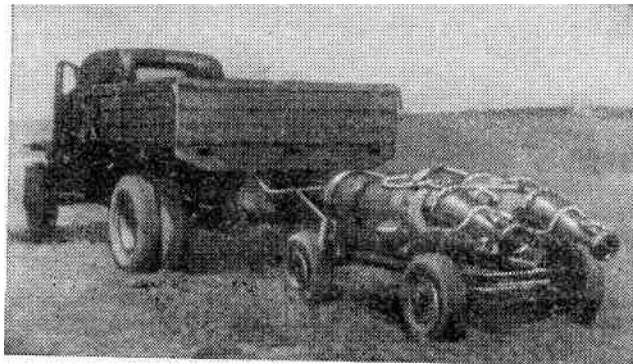


Общий вид ускорителя СУ-1500:

1 — баллон (воздуха); 2 — горловина заливки горючего; 3 — мембрана; 4 — горловина заливки пускового горючего; 5 — разделительная пробка; 6 — горловина заливки окислителя; 7 — мембрана; 8 — бак пускового окислителя; 9 — горловина заливки пускового окислителя; 10 — разделительная пробка; 11 — парашют; 12 — капот; 13 — камера; 14 — блок воздушной арматуры; 15 — отсечный кран; 16 — сливной кран; 17 — перо амортизатора; 18 — баллон окислителя; 19 — бак пускового горючего; 20 — баллон горючего

чехол оказался сброшенным, но остался целым и висел на веревке, к которой был привязан. Его использовали вторично. Повторный пуск полностью повторил прежнюю картину. Никаких изменений в двигателе и в системе обнаружено не было.

В 1946 году ОКБ «начало новую работу. От ВВС был получен заказ на стартовую ракету, облегчающую взлет самолета. Задача была поставлена тяжелая: стартовый ускоритель на импульс 30000 кгс-с (1500 кгс на 20 с)



Ускорители на аэродроме



Самолет Ил-28 при взлете

при весе 100 кгс (пустой) и 300 кгс (взлетный) должен был после взлета сбрасываться на парашюте, заряжаться и вновь использоваться (до 60 раз). Работа над СУ-1500 затянулась. Камера сгорания вышла сразу. Но вся отработка была весьма трудоемка, так как была связана с летными испытаниями.

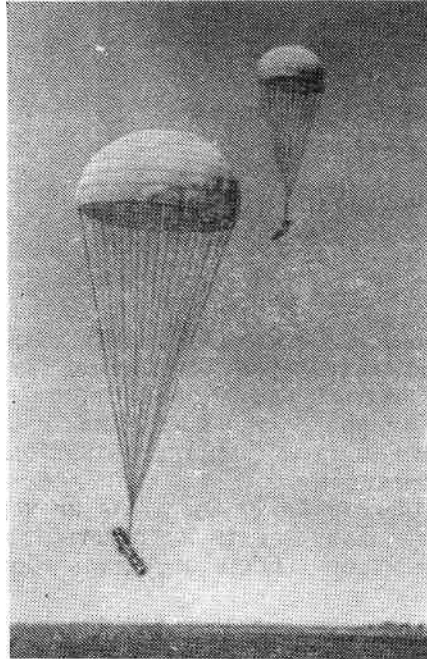
Вскоре ОКБ поручили отработку двигателя на керосине и азотной кислоте для зенитной ракеты. Это определило судьбу и тематику ОКБ на дальнейший период.

ОКБ должно было перебазироваться в созданный специальный институт. Но прошел год, прежде чем первая партия сотрудников ОКБ переехала на новое место, где уже был организован экспериментальный цех. Но стендов на новом месте еще не было, пришлось сохранить до весны 1948 года старую базу.

Итак, работа продолжалась. Отработывали двигательную установку для морской торпеды. Пять двигателей были отправлены к морю, где было налажено их дальнейшее производство. На заводе был даже запущен стенд, ОКБ обучило кадры испытателей. На морских испытаниях торпеда показала невиданную скорость, но дальность ее была невелика. В конце концов торпеду так и не приняли на вооружение.

Очень долго шла отработка стартового ускорителя СУ-1500. 100 штук этих ускорителей были изготовлены в институте в 1950 году и сданы ВВС, но успехи турбокомпрессорного моторостроения сделали их не такими уж нужными, поэтому дальше они в дело не пошли.

Был получен заказ на двигатель для морской ракеты еще от одной организации. Со своей частью двигатели-сты справились сразу, но летные испытания заняли не один год. В конце концов это изделие было снято.



Ускорители отработали



Двигатель для ракеты ВСНИТО

Наиболее интересной была работа совместно с Всесоюзным научным инженерно-техническим обществом (ВСНИТО). В этой общественной организации организовалось конструкторское бюро, поставившее себе цель — сделать зенитную управляемую ракету. ОКБ чрезвычайно быстро отработало для ВСНИТО двухтонный двигатель и всю схему силовой установки. Однако эта работа, конечно, не могла быть завершена без базы.

За этими заказами последовали другие, не считая основной работы, обусловившей переход **ОКБ** в НИИ. За последний год, проведенный на старой территории, удалось сделать нечто принципиально новое и, как ни странно, в области химии.

Изобретение М50

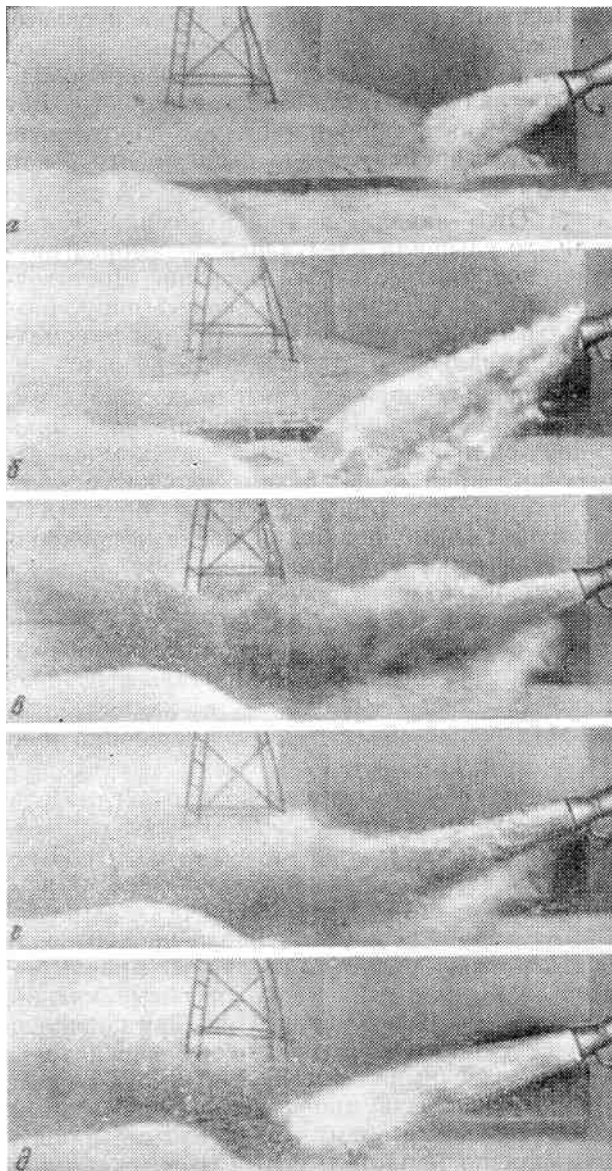
Несмотря на простоту отработанных **ОКБ** схем одно-разовых двигательных установок, конструкторы не могли смириться с необходимостью давать для запуска два

последовательных импульса. Имевшиеся тогда пусковые компоненты — ксилидин и четырехпроцентный раствор хлорного железа в азотной кислоте — требовали пускового расхода, составляющего 25—30% от полного. Вот и приходилось применять форбаллоны, усложнять пневматику, ставить реле времени. Надо было во что бы то ни стало добиться «пушечного» запуска.

С 1946 года ОКБ начали посещать химики. Когда они приезжали, то слышали следующее: «Самореагирующее синтетическое горючее — это роскошь. Достаточно керосина. Дайте нам хорошую пусковую пару, позволяющую делать «пушечный запуск». Химики присматривались, приглядывались, но дальше дело не шло.

В ОКБ для изучения вопросов, связанных с запуском, была сооружена специальная установка, названная «химичкой»: два топливных баллончика, двухкомпонентный пуско-отсечный кран, монолитная головка с ввернутыми форсунками, к которой четырьмя болтами с проточенными на них калиброванными шейками прикреплялась толстостенная камера с соплом. Баллончики заполнялись на одну четверть исследуемыми компонентами, затем туда подавался сжатый воздух, лотом кран резко открывался. Камера или оставалась на месте, или, сорвав болты, летела вниз, в песок. Болты не рвались — хорошо, рвались — плохо. Вот какая была техника. Ведь безынерционных датчиков давления еще не существовало.

На этой установке было обнаружено, что окислитель М10, применявшийся немцами на ракете «Вассерфаль», — десятипроцентный раствор серной кислоты в азотной — значительно мягче выводит «химичку» на режим, чем чистая азотная кислота. Работавший на «химичке» В. Н. Перфильев попробовал увеличивать процент серной кислоты. При 15% дело пошло лучше, при 20 — еще лучше, при 30 — совсем хорошо, но самый мягкий выход был получен при 40 и 50 процентах. Так появился меланж М50 — великолепный пусковой окислитель, обеспечивавший «пушечный» запуск. Выход на режим с М50 выглядел так: бесшумно выбрасывался серый дым, в течение секунды (время зависело от запаса меланжа) шум плавно нарастал, серый дым светлел и превращался в настоящий скоростной факел с кольцами Маха. Ни в один из отрезков времени давление в камере (об этом узнали много позднее, когда стали пользоваться



Выход камеры У-1250 на режим на пусковом окислителе-меланже М50, Процесс выхода через:

a—0,1 с; б—0,2 с; в—0,3 с; г—0,4 с; 5—0,5 с

безынерционными датчиками давления) не переходило режимной величины. Это было поистине блестящее достижение.

Началось широкое внедрение М50 во все, двигательные установки. Ни один запуск на стенде не обходился без меланжа. Он сейчас же был использован в стартовой ракете. Баллончик пускового окислителя вваривался в основной окислительный бак. От основного окислителя он отделялся пробкой, которая вылетала от его напора при подъеме давления. Основной окислитель вытеснял пусковой окислитель и входил в камеру вслед за ним по основному тракту, создавая плавный переход концентрации меланжа от 100% до нуля. Схема установки еще более упростилась, надежность неизмеримо выросла. Щелчок пиропатрона, открывающего клапан сжатого воздуха, свободный прорыв мембран на входе в камеру, и двигатель, выбросив клубочек дыма, плавно, без хлопка выходил на режим. Это выглядело так надежно, что хотелось стоять при запуске рядом с двигателем.

Десять лет М50 служил верой и правдой ракетной технике до перехода на насосную подачу, которая обеспечивала плавное нарастание расхода при раскрутке насосов. Но на стендах, при отработке камер сгорания, его продолжали применять. Установка для намешивания меланжа была снята со стенда лишь в 1958 году.

Через некоторое время конструкторы начали поиски такого пускового горючего, которое могло бы обходиться без пускового окислителя — меланжа. С помощью химиков такое пусковое горючее было изобретено на базе металлического натрия, четыреххлористого углерода и других добавок. Это — так называемая «каша» (она действительно по консистенции напоминала манную кашу). Однако «каша» все же не пошла, так как не удалось обеспечить ее стабильность. Были и другие предложения: активаторы в виде пропитанных особым составом тканей, химические дроссели — шашки с дыркой в трубопроводе, размываемые окислителем, и прочее. Но от них толку было мало. ОКБ все же удалось обойтись без меланжа на объектах с вытеснительной системой подачи: при помощи механического дросселя-автомата. Это случилось в 1952 году.

Заклучение

Закончив раздел истории ОКБ, уместно подвести итоги, дать общую оценку деятельности маленького коллектива за первые четыре года их совместной работы. Какой багаж увозил он в новый НИИ?

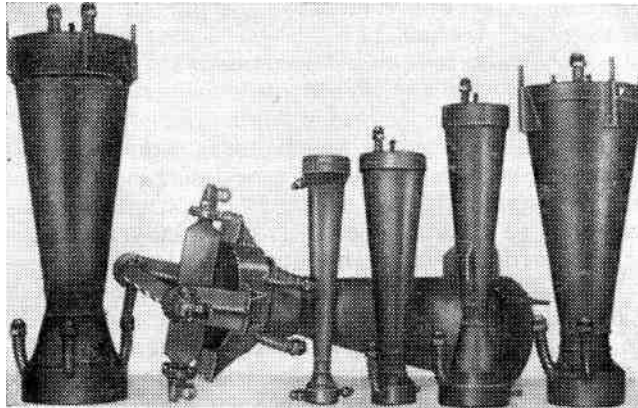
Они научились делать весьма простые и надежные одноразовые, однорежимные двигательные установки.

Камера с плоской головкой, со связанными оболочками из листового материала. Отличная арматура: воздушные пироклапаны, рвущиеся мембраны, плунжерный воздушный редуктор с обратными клапанами, Одноимпульсный запуск при помощи меланжа М50,

Они ехали в новый НИИ с отличной стендовой арматурой, основанной на крановом уплотнении: нож из стали Я1Т по плоскости из наплавленного стеллита; дифманометрами, сделанными из простых манометров в прочном корпусе с прозрачной крышкой; плунжерной гидравлической мессдозой.

Ехали, отработав целый ряд двигательных установок, в которых нашли применение эти принципы: для летающей модели сверхзвукового самолета, для морской торпеды, для ракеты «воздух—море», для зенитной ракеты ВСНИТО, ехали, сделав стартовый ускоритель для самолетов.

Чего не знали, о чем не ведали двигателисты ОКБ? Высокой частоты! Параметры их камер были малы, и



Камеры, отработанные в 1946—1947 годах

они еще не сталкивались с этой грозной опасностью, с этим чудовищным «зверем». Они не сомневались в том, что сделать камеру на тягу 10, 15 или больше тонн в принципе так же просто, как и на две тонны, что все дело в производственных возможностях. Поэтому с легким сердцем они спроектировали камеру на восемь тонн и изготовили первые образцы уже в новом экспериментальном цехе в НИИ. И скрывавшийся ранее «зверь» рыкнул на первом же пуске на старой территории так, что вылетели стекла и чуть не рухнула крыша сборочного ангара, находившегося рядом. Не здесь сейчас говорить о том, как конструкторы боролись с этим «зверем».

Что мог бы обеспечить багаж, накопленный ОКБ на старой базе? Многое. Ракеты «земля—воздух», «воздух—воздух», «воздух—земля» и «воздух—море», даже тактические ракеты «земля—земля» на 100, 300 и 500 км могли быть с успехом осуществлены на двигательных установках, которые ОКБ могло делать.

Послесловие

Алексей Михайлович Исаев предполагал написать продолжение истории деятельности ОКБ, которым он руководил. Однако многогранная конструкторская работа не оставляла ему свободного времени для осуществления этого замысла. А. М. Исаев весь был поглощен работой по созданию двигателей и двигательных установок для хорошо известных всему миру космических кораблей «Восток», «Восход», «Союз», автоматических межпланетных станций «Луна», «Венера», «Марс» и многих других объектов. Кипучая творческая деятельность Алексея Михайловича как конструктора-новатора и ученого далеко выходила за рамки создания собственно ЖРД.

Невозможно, конечно, в кратком послесловии перечислить все то, что создано коллективом ОКБ, которым руководил А. М. Исаев, и лично им за его плодотворную, но, к сожалению, не столь долгую жизнь (1908—1971 гг.) показать огромный вклад в дело развития отечественного двигателестроения. Коллективом А. М. Исаева было создано много ЖРД. И каждый из этих двигателей наминает об огромном вдохновенном труде самого Алексея Михайловича Исаева.

Содержание

	Стр.
Об авторе этой книги	5
Предисловие	6
Год 1941-й.....	9
На Урале.....	14
На новом месте. Первая работа	19
Модернизация первого двигателя.....	31
Начало пути к двигателю «У».....	37
Только двигатели типа «У».....	41
Дальнейшие работы ОКБ	50
Новые принципы — в дело	53
Изобретение М50	58
Заключение	62
Послесловие	63

Алексей Михайлович Исаев ПЕРВЫЕ ШАГИ К

КОСМИЧЕСКИМ ДВИГАТЕЛЯМ

Редактор *Е. В. Сербиновская* Художественный редактор *В. М. Лебедев*
Технические редакторы *В. И. Орешкина, Н. Н. Скотникова*
Обложка художника *В. М. Сергеева* Корректор *Л. Е. Хохлова*

Сдано в набор 01.12.78. Подписано в печать 26.04.79. Т-08136
Формат 84X1087з2 Бумага типографская № 1 Гарнитура литературная
Печать высокая Усл. печ. л. 3,36 Уч.-изд. л. 3,25
Тираж 7600 экз. Зак. 1696 Цена 15 к.

Издательство «Машиностроение», 107885, Москва, ГСП-6, 1-й Басманный пер., д. 3.

Московская типография № 8 Союзполиграфпрома при Государственном комитете СССР по делам издательств, полиграфии и книжной торговли Хохловский пер., 7.

ОПЕЧАТКИ

Стр.	Строка	Напечатано	Должно быть
16	1 снизу	Бачхиванджи	Бахчиванджи
25	4 сверху	явились	выявились
25	11—12 «сверху»	сопло у двигателя Душкина имело	сопло — у двигателя Душкина имела