

# ПВРД - ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ МОТОРЫ

## КАК ЭТО ВСЁ НАЧИНАЛОСЬ

**Дмитрий Алексеевич Соболев**, ведущий научный сотрудник  
Института истории естествознания и техники им. С.И. Вавилова РАН, ктн



В начале 1930-х годов в СССР начались успешные эксперименты по применению ракетных двигателей в качестве ускорителей взлёта самолётов. В 1934 г. по предложению лётчика-испытателя Н.П. Благина планировалось установить на истребитель жидкостный ракетный двигатель, который был способен дать кратковременный прирост скорости, но из-за отсутствия в то время надёжно работающих ЖРД ничего сделано не было [1]. Между тем в Группе изучения реактивного движения под руководством Ю.А. Победоносцева развернулись исследования по прямоточным воздушно-реактивным двигателям (ПВРД). ПВРД является простейшим типом ВРД. В нём нет ни компрессора, ни турбины, сжатие перед камерой сгорания происходит за счёт специально профилированного канала, через который проходит набегающий поток воздуха. Но работать ПВРД может только в полёте, поэтому взлёт и разгон летательного аппарата должен осуществляться с помощью двигателя другого типа. Чем больше скорость, тем выше степень сжатия и тяга прямоточного двигателя.

В 1933 г. состоялись первые испытания ПВРД в полёте. Для этого был сконструирован миниатюрный прямоточный двигатель в форме снаряда 76-мм пушки. Топливо (белый фосфор) поместили непосредственно в камеру сгорания. Отстрел таких двигателей продемонстрировал работоспособность ПВРД: дальность выстрела за счёт реактивной тяги возросла на километр по сравнению со штатным снарядом [2].

В 1937 г. сотрудник Реактивной секции Стратосферного комитета при Осоавиахиме (ОАХ) Игорь Алексеевич Меркулов предложил построить ракету Р-3 с прямоточным ВРД. В качестве первой, разгонной ступени использовался пороховой двигатель. Конструктор и ученый М.К. Тихонравов поддержал проект. Он писал:

*"Представленная записка заключает в себе постановку проблемы воздушно-реактивного двигателя, причём основной упор сделан на создании соответствующего двигателя для работы на дозвуковых скоростях. Постановка такой проблемы в системе ОАХ является своевременной. Воздушный ракетный двигатель для авиации является одним из двигателей ближайшего будущего и над его созданием усиленно работают за границей. Правда, в объяснительной записке двигатель мыслится использовать не в авиации, а в бескрылой ракете. С такой постановкой вопроса я не могу согласиться, но считаю, что применение, в случае создания удачного образца двига-*



И.А. Меркулов. 1930-е годы

Рассмотрена история первых в мире опытов по применению прямоточных воздушно-реактивных двигателей для увеличения скорости полёта самолётов-истребителей. Они проводились в СССР в конце 1930-х годов и дали положительные результаты.

Reviewed the history of the first experiments on the application of ram-jet engines to increase speed the flight of fighter planes. They were conducted in the USSR in the late 1930 's and yielded positive results.

**Ключевые слова:** прямоточный воздушно-реактивный двигатель, И.А. Меркулов, истребитель, скорость полёта.  
**Keywords:** ram-jet engine, I.A. Merkulov, fighter, speed of flight.

*теля, всегда может быть направлено по правильному пути" [3].*

Михаил Клавдиевич был прав: после успешных испытаний Р-3 Меркулова привлекли к работам по использованию ПВРД в авиации. 3 июля 1939 г. на совещании Технического совета НКАП Игорь Алексеевич сделал доклад о результатах экспериментов с прямоточным двигателем на ракетах и о задачах усовершенствования его конструкции для применения в авиации. Он предлагал использовать прямоточные двигатели в сочетании с винтомоторной группой. ПВРД должны были служить в качестве дополнительных моторов (ДМ) для увеличения максимальной скорости. В то время двигатель внутреннего сгорания с воздушным винтом был единственным типом силовой установки, применяемой на самолётах. Он обеспечивал необходимую экономичность при взлёте и на крейсерском режиме, хорошую манёвренность в воздухе. В то же время легкий прямоточный ВРД мог дать лётчику возможность в нужный момент увеличить скорость полёта. Удобство применения ВРД в качестве дополнительного мотора заключалось ещё в том, что он не требовал запасов специального топлива, которое необходимо, например, для жидкостных ракетных двигателей, а мог питаться тем же бензином, что и основной мотор.

Существовал также проект экспериментального самолёта только с ПВРД. Его автором был руководитель Отдела специальных конструкций на заводе № 1 А.Я. Щербakov. Мыслилось, что летательный аппарат будет как планер забуксирован самолётом на большую высоту, а затем, отсоединившись, начнёт снижение. Разогнавшись, лётчик включит прямоточные двигатели и самолёт продолжит полёт с увеличением скорости и высоты [4].

Проект так и остался проектом, начать решили с испытаний ПВРД в качестве дополнительного мотора на серийных самолётах. Меркулова перевели в Отдел изобретений авиазавода № 1. На этом предприятии в августе 1939 г. были изготовлены первые образцы авиационных ПВРД ДМ-1, предназначенные для наземных испытаний. Корпус мотогондолы был сделан из дюралюминия, диаметр двигателя равнялся 240 мм.

Первое стендовое испытание ДМ-1 прошло 3 сентября 1939 г. на аэродроме станции Планерная. Двигатель питался авиационным бензином, подаваемым через форсунки и воспламеняемым от свечей зажигания, при этом в воздухозаборник подавался поток сжатого воздуха. После запуска обнаружилось, что в месте установки свечи в шве от газовой сварки имеется два свища, из которых бьют пары бензина, образуя огненный факел. Но испытание решили не прерывать. ПВРД проработал 26 минут.

17 сентября время непрерывной работы ДМ-1 увеличили до 31 минуты. После этого двигатель осмотрели: он оказался в полной сохранности. Можно было приступать к лётным экспериментам. В сентябре изготовили три экземпляра дополнительных моторов ДМ-2, предназначенных для установки на самолёт. Непрогораемость камеры сгорания обеспечивалась специальной систе-

мой охлаждения, причём в качестве охлаждающей жидкости использовался поступающий в двигатель бензин.

Устойчивость горения в камере сгорания достигалась так называемыми защитными кольцами, установленными внутри камеры. Они создавали зоны с малыми скоростями потока воздуха, в этих защищенных зонах - форкамерах - осуществлялось воспламенение и горение небольшой доли бензина.

Выходящее из-под защитных колец пламя обеспечивало распространение горения на основную массу бензо-воздушной смеси. По размеру ДМ-2 были больше, чем ДМ-1, но по-прежнему очень легки. Их длина равнялась 1500 мм, максимальный диаметр - 400 мм, диаметр выходного сопла - 300 мм, при этом вес составлял 12 кг.

Для исследования работы ПВРД перед лётными испытаниями в Отделе спецконструкций завода № 1 сконструировали аэродинамическую трубу. Максимальная скорость потока воздуха в её рабочей части была 75 м/сек. Опыты в трубе, начавшиеся 22 октября, позволили проверить безопасность работы двигателей, отработать зажигание, устойчивость процесса горения и определить параметры ПВРД. Эти испытания повторялись в течение всего периода лётных исследований ДМ как с целью проверки конструктивных усовершенствований, вносимых в процессе лётных испытаний, так и для периодического контроля за работой и состоянием двигателей.

Для полётов выделили истребитель-биплан Поликарпова И-15 бис (заводской номер 5942) с мотором М-25В. Для предохранения фюзеляжа и хвостового оперения от продуктов сгорания хвост и оперение обшили дюралюминиевыми листами.

Полёты И-15 бис с двумя прямоточными воздушно-реактивными двигателями, установленными под нижними плоскостями самолёта, начали в декабре 1939 г. Испытания поручили лётчику П.Е. Логинову. Первые пять вылетов были сделаны с целью проверки свойств модернизированной машины. Затем начались полёты для отработки запуска двигателей.

25 января 1940 г. состоялось официальное испытание И-15 бис с воздушно-реактивными двигателями. Согласно заданию, Логинов сделал несколько кругов над Центральным аэродромом им. Фрунзе с работающими ПВРД. За время полёта лётчик несколько раз выключал и вновь включал ДМ-2. Работа ПВРД оказалась надёжной, устойчивой и не опасной для самолёта. Даже в том случае, когда лётчик давал в дополнительные моторы максимальный расход горючего, при котором длина выходящего из сопла факела превышала длину фюзеляжа, самолёт совершал виражи и лётчик спокойно управлял им, демонстрируя полную безопасность новой технологии.

Но со стороны казалось, что машина охвачена пламенем. В городе начался переполох, спустя короткое время к воротам аэродрома примчались сразу пять пожарных команд [5].

Испытания прямоточных воздушно-реактивных двигателей на самолёте И-15 бис продолжались до июля. Они проводились с целью испытания различных конструктивных усовершенствований, направленных на сокращение времени запуска реактивного двигателя (оно составляло 40-50 с), улучшение процессов горения и повышение эффективности ПВРД. Затем были осуществлены полёты для замера прироста скорости при работе дополнительных моторов. В

них, кроме Логинова, приняли участие лётчики-испытатели А.В. Давыдов и Н.А. Сопочко. Всего на И-15 бис с ДМ-2 было сделано 54 полёта, из них Логиновым - 34, Давыдовым - 18, Сопочко - 2.

В "Акте об испытании самолёта И-15 бис с воздушно-ракетными моторами" сказано: "На основании результатов лётных испытаний комиссия констатирует, что работами завода "Авиаким" создан авиационный воздушно-ракетный двигатель, который работает на самолёте и увеличивает скорость полёта. Безопасность, огнеупорность и долговечность двигателя проверена продолжительными испытаниями на земле и в полёте.

Вес двух двигателей составляет 24 килограмма. Двигатели питаются из общего бензобака и управляются одной рукой. Установка двигателей может быть осуществлена на любую серийную машину.

Испытаниями установлено, что воздушно-ракетные двигатели увеличивают скорость самолёта при собственной его скорости 315 км/час в среднем на 16 км/час. Наибольшие приросты скорости получены лётчиком Логиновым П.Е. - 21 км/час, что соответствует мощности воздушно-ракетных двигателей в 117 л. с. и лётчиком Давыдовым А.В. - 22 км/ч, что соответствует мощности 124 л. с.

Комиссия считает целесообразным провести испытания на скоростных машинах, где в силу характера воздушно-реактивных двигателей они дадут наибольший эффект" [6].

Более подробные сведения о полётах приведены в таблице.

#### Результаты испытаний самолёта И-15 бис ДМ-2

Дата полёта	27.02	10.03	11.05	9.06	19.06	20.06
Высота, м	2000	1250	2000	3200	1000	2000
Скорость, км/ч	311	301	304,5	317	302	313
Прирост скорости, км/ч	21	17	22	19,5	18	18

Для дальнейших испытаний был выделен истребитель И-153 № 6034. Этот биплан имел более мощный двигатель, убирающееся шасси, и по скорости превосходил И-15 бис на 70 км/ч. К полётам на И-153 с двумя ДМ-2 приступили в сентябре 1940 г. Их выполняли П.Е. Логинов, А.И. Жуков и А.В. Давыдов. Средний прирост скорости при включении ДМ составил около 30 км/час.

Летом 1940 г. под руководством И.А. Меркулова были изготовлены новые прямоточные двигатели ДМ-4, отличающиеся увеличенными размерами.

#### Результаты испытаний самолёта И-153 ДМ-2

Дата полёта	27 сентября	12 сентября	20 сентября
Высота, м	2000	2000	2000
Скорость, км/ч	385	385	388
Прирост скорости, км/ч	29	33	27

3 октября 1940 г. прошёл первый полёт на И-153 с ДМ-4. Самолёт поднялся на высоту двух тысяч метров и при собственной скорости 388 км/ч после включения ПВРД увеличил скорость на 42 км/ч. Во время последующих полётов средний прирост скорости составил примерно 40 км/час по сравнению с полётом при неработающих воздушно-реактивных двигателях. 27 октября было достигнуто увеличение скорости на 51 км/ч.

По результатам лётных испытаний самолёта И-153 с дополнительными моторами ДМ-4 был составлен следующий документ: "В ок-



И-15 бис с ПВРД ДМ-2



И-153 с двигателями ДМ-4

тябре 1940 года отдел изобретений завода № 1 провёл лётные испытания самолёта И-153 с воздушно-реактивными двигателями конструкции инженера Меркулова И.А. Воздушно-реактивные двигатели были установлены на самолёте в качестве дополнительных моторов под нижними плоскостями и укреплены на существующих бомбовых балках. Вес двух дополнительных моторов составил 60 кг.

Питание горючим дополнительные моторы получали из того же бензобака, что и основной М-62. Управление дополнительными моторами осуществлялось одной ручкой, установленной в кабине пилота.

Испытание самолёта И-153 производил лётчик Логинов П.Б. на Центральном аэродроме им. Фрунзе. Программа испытаний состояла из 20 полётов, предусматривающих проверку прочности самолёта с дополнительными моторами, испытания работы дополнительных моторов и определения прироста максимальных скоростей.

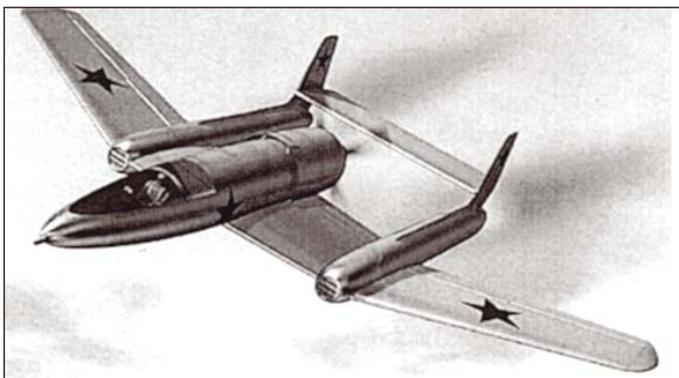
Лётные испытания позволили полностью установить факт эффективной работы воздушно-ракетных двигателей и увеличения благодаря их действию максимальной скорости полёта. Испытанные воздушно-ракетные двигатели обладают способностью работать на любом сорте авиационного бензина. ...Долговечность двигателей проверена продолжительными испытаниями на земле и в полёте.

Лётные испытания установили, что самолёт И-153 при полёте на высоте 2 тыс. метров при работе воздушно-ракетных двигателей увеличивает свою максимальную скорость с 389 км/час до 440 км/час, т. е. увеличивает максимальную скорость полёта на 51 км/час [7].

Казалось бы, всё идёт хорошо - чем быстрее самолёт, тем больше прирост скорости от "дополнительных моторов". Но проблема была в том, что подвешенные под крылом ПВРД создавали немалое аэродинамическое сопротивление. В результате скорость истребителя после установки на него ДМ-4 снижалась на 40 км/ч, а включение этих двигателей позволяло увеличить её всего на 10 км/ч по сравнению с  $V_{\max}$  обычного И-153. Этот недостаток подтвердился позднее при испытаниях истребителя Як-7б с двумя ДМ-4 - "чистый" прирост скорости составил всего 19 км/ч [8].

Чтобы ликвидировать этот недостаток, требовалось "вписать" ПВРД в контуры летательного аппарата. Это попытались сделать в ОКБ А.А. Боровикова и И.В. Флорова на подмосковном авиазаводе № 207 (бывший "Дирижаблестрой"). Во второй половине 1930-х годов Боровиков и Флоров спроектировали оригинальный бесстыечный истребитель-биплан И-207. Его скоростные качества оказались ниже ожидаемых, и военные утратили к нему интерес. Пытаясь спасти своё детище, в сентябре 1940 г. конструкторы решили добавить к основному мотору М-71 реактивные двигатели И.А. Меркулова. Их планировалось установить в нишах по бокам задней части фюзеляжа, выхлоп происходил через общее сопло под килем самолёта. Проект получил обозначение "самолёт № 11". По расчёту он мог развить скорость 654 км/ч на высоте 6000 м.

Комиссия НКАП под председательством Б.Н. Юрьева одобрила проект, посчитав постройку самолёта для эксперимента по применению ВРД целесообразной. Но тут Боровиков и Флоров обратились с новым предложением.



Проект самолёта «Д»

В письме заместителю наркома авиапромышленности А.С. Яковлеву от 10 декабря 1940 г. они утверждали: "Для увеличения скорости самолёта и для более эффективного использования воздушно-ракетного двигателя считаем целесообразным применить следующую схему самолёта - одномоторный моноплан с двубалочным хвостом (в балках которого расположены воздушно-ракетные двигатели), с толкающим винтом, позволяющим использовать разработанный в ЦАГИ ламинарный профиль крыла. ...Просим об изменении выданного нам ранее задания и разрешить проектирование и постройку экспериментального самолёта новой схемы" [9]. Возражений не последовало, И.А. Меркулову поручили изготовить новые прямоточные двигатели ДМ-12 для проектируемой машины. Предполагалось, что с перспективным поршневым двигателем М-120 мощностью 1850 л. с. и двумя ДМ-12 самолёт "Д" будет развивать на высоте 7000 м скорость 690 км/ч без реактивной тяги и 800-850 км/ч при включении ПВРД.

Для получения предварительного опыта под крыльями стоявшего без дела И-207/3 установили два ДМ-4. Испытания проходили в ЛИИ в 1941 г. Из-за войны и эвакуации успели выполнить только несколько полётов для отработки системы бензопитания и совместной работы двигателей. Хотя нормально работал лишь один из двух ПВРД, прирост скорости по сообщениям летавших на самолёте лётчика-испытателя П.М. Попелюшенко и начальника лётной части ЛИИ Д.С. Зосима был заметным [10].

Работы по самолёту "Д" ограничились постройкой его макета и хвостовой балки с ПВРД.

Существовал ещё один довоенный проект истребителя с ПВРД Меркулова. Самолёт был разработан А.Я. Щербаковым в конце 1930-х годов и назывался ИВС ("Иосиф Виссарионович Сталин"). Это должен был быть низкоплан с трёхколесным шасси с носовой опорой, с поршневым двигателем М-120, с пушкой, стреляющей через вал винта, и с пулемётами на крыльях. В задней части фюзеляжа за гермокабиной лётчика находился прямоточный воздушно-реактивный двигатель. Он представлял собой тоннель переменного сечения, имеющий отверстие для забора воздуха снизу у задней кромки центроплана. Внутри тоннеля было несколько рядов форсунок, распыляющих бензин. Тепло, выделяемое при сгорании бензина, преобразовывалось в кинетическую энергию воз-



На самолете И-207/3 в 1941 г. выполнялись полёты с ПВРД



Самолёт 164 конструкции ОКБ Лавочкина с ПВРД-430



Як-7 Б с двумя ПВРД



Самолёт 138 на базе Ла-9 с ПВРД-430

духа. В сужающейся выходной части тоннеля скорость воздуха ещё больше увеличивалась, и на выходе из сопла по расчёту создавала тягу 340 кгс (на  $H=8000$  м и  $V=700$  км/ч). К воздушному тракту ПВРД по специальным трубам предполагалось подводить горячие выхлопные газы от поршневого мотора, что должно было дополнительно увеличить тягу. Расчётная максимальная скорость ИВС с работающим реактивным двигателем составляла 825 км/ч, потолок - 14 000 м.

Проект рассматривался в Управлении ВВС в сентябре 1940 г. и получил положительную оценку: "предлагаемый конструктором Щербаковым проект скоростного истребителя заслуживает серьёзного внимания в части применения ВРД как средства кратковременного повышения лётных данных самолёта и в части применения герметической кабины" [11].

Вскоре ИВС был переработан под более реальный мотор AM-41, доработана конструктивная схема трёхколесного шасси. Но в связи с сокращением финансирования по экспериментальным самолётам к его постройке даже не приступали.

В годы войны Игорь Алексеевич Меркулов участвовал в работах по установке "прямоточек" на истребителе Як-7Б. Затем он ещё долго и плодотворно трудился над конструированием реактивных двигателей.

Прямоточные двигатели в авиации не прижились, так как не могли создавать тягу при взлёте. Зато ПВРД получили распространение в ракетной технике - на сверхзвуковых самолётах-снарядах, стартующих с помощью обычного ракетного двигателя. **И**

#### Источники

1. РГВА. Ф. 29. Оп. 35. Д. 59. Л. 64-65.
2. Меркулов И.А. Первые экспериментальные исследования прямоточных воздушно-реактивных двигателей ГИРДа // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 3. М., 1965. С. 26-27.
3. АРАН. Р-4. Оп. 14. Д. 2376. Л. 5.
4. Щербаков А.Я. Лётные испытания ПВРД на самолётах конструкции Н.Н. Поликарпова в 1939-1940 гг. // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 3. М., 1965. С. 40-41.
5. Маслов М.А. Истребитель И-15 бис. М., 2003. С. 23.
6. АРАН. Р-4. Оп. 14. Д. 2376. Л. 45.
7. Щербаков. С. 47.
8. Путилов К.А. Научно-экспериментальная подготовка лётных испытаний ПВРД на самолёте конструкции А.С. Яковлева в 1942-1944 гг. // Из истории авиации и космонавтики. Вып. 3. М., 1965. С. 56.
9. ЦГАМО. Ф. 4419. Оп. 1. Д. 96. Л. 210.
10. АРАН. Р-4. Оп. 14. Д. 2376. Л. 181-182.
11. ГАРФ. Ф. 8007. Оп. 1. Д. 21. Л. 86 // Сайт Ivan Rodionov's Chronology of Soviet Aviation.

Связь с автором: [daso1152@mail.ru](mailto:daso1152@mail.ru)

#### ИНФОРМАЦИЯ

Когнитивная система с элементами искусственного интеллекта (ИИ) ALPHA, разработанная в Университете Цинциннати, при симуляции воздушного боя на тренажёре ни разу не потерпела поражения от опытного пилота. Учебные бои на тренажёре продемонстрировали полное превосходство робота в воздушном бою и показывают направление развития военной авиации.

ИИ ALPHA использует генетические алгоритмы и мгновенно выбирает оптимальный вариант действий. Робот анализирует опыт "воздушных боев", быстро учится и с каждым разом делает все меньше ошибок. ALPHA адекватно воспринимает показания сенсоров, быстро ориентируется в меняющейся обстановке и охватывает своим вниманием сразу всю картину боя. ИИ способен разработать тактический план в динамичной боевой обстановке в 250 раз быстрее человека.

Главным преимуществом ИИ ALPHA является то, что он работает с компьютерами небольшой вычислительной мощности, и этого хватает для сбора информации,

последующего анализа и принятия решения. Для базовых функций ALPHA достаточно даже компьютера за \$35.

ALPHA является очень агрессивной, быстро реагирующей и динамичной системой.

Прежде чем "сразиться" с настоящим пилотом, ALPHA расправилась с другими программами симуляции воздушных боев, которые используются в ВВС США для тренировки пилотов.

В долгосрочной перспективе объединение искусственного интеллекта и разработок ВВС США в области воздушных боев может совершить революционный скачок. Сегодня воздушный бой требует от пилота быстрой реакции, мастерства маневрирования, знания аэродинамики, характеристик противника и многого другого. Притом сам бой происходит на высокой скорости, при больших физических перегрузках и информационных потоках. Поэтому во время воздушного боя высока вероятность совершения пилотом ошибки.

Эксперименты с ALPHA позволяют предположить, что в скором времени ИИ

будет интегрирован в летательный аппарат в качестве бортового помощника. Искусственный интеллект будет обрабатывать информацию о текущей ситуации, выбирать тактику действия, управлять оружием, контролировать работу бортовых систем. ИИ может одновременно принимать решения на совершение манёвра уклонения от ракет противника, включать системы радиоэлектронного противодействия, определять самые опасные цели и управлять оружием. Кроме того, ИИ может координировать действия как пилотируемых летательных аппаратов, так и БПЛА. Каждый воздушный бой будет анализироваться, а тактические приемы и возможности противника будут сохраняться в памяти. Как вариант, сценарий боевого применения ИИ может выглядеть следующим образом: очень большое число БПЛА направляются к цели в сопровождении истребителя, управляемого человеком. Истребитель будет находиться поодаль, а его ИИ будет информировать ИИ БПЛА, которые после этого будут выполнять боевую задачу в автономном режиме. **И**