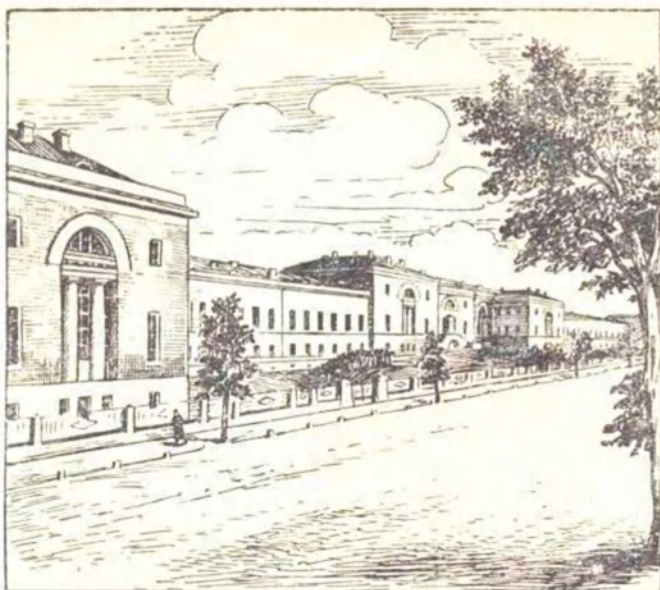




НАУКА И ЖИЗНЬ

СБОРНИК

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
КУЛЬТУРНО-ПРОСВЕТИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ
МОСКВА — 1949



Техническое училище, где преподавал Н. Е. Жуковский.

Л. И. Гумилевский

СОЗДАТЕЛИ АВИАЦИОННОЙ НАУКИ

ЛЕТ пятьдесят назад люди, близко стоявшие к московскому городскому хозяйству, столкнулись с загадочным и непонятным явлением: то и дело, без всякой видимой причины, лопались прочные магистральные трубы водопроводной сети. Бедствие принимало такие размеры, что нашлись хозяева, считавшие нужным прикрыть водопровод и возвратиться к прежней системе водоснабжения. Старая система, как известно, состояла в доставке воды бочками и ведрами из Москвы-реки и дворовых колодцев.

После некоторых размышлений управление городским хозяйством создало комиссию для изучения странного явления. В комиссию решено было ввести профессора механики Московского высшего технического училища Николая Егоровича Жуковского (1847—1921). В приглашении этом, впрочем, не было ничего случайного. Когда водопровод проектировался и строился, к Жуковскому обращались за разрешением разных сложных вопросов и получали от него всегда очень точные ответы. Так, например, он установил, что колебание уровня подпочвенных вод связано с давлением барометра, и создал классический труд «О движении подпочвенных вод». Он даже продемонстрировал на докладе движение струек воды в песках.



Н. Е. Жуковский.

Для изучения причин бедствия, постигшего московский водопровод, Жуковский отправился на Алексеевскую водокачку под Москвой. Он указал комиссии, что одной из главных причин аварий магистральных труб является развитие сильного ударного действия воды в трубах, когда их быстро открывают или закрывают. Но надо было проверить эту догадку, исследовать явление так называемого гидравлического удара. Все явления, происходящие в теснинах чугунных труб, Жуковский представлял себе совершенно ясно и, пожалуй, даже угадывал основные черты закона, управляющего волной стихией. Однако, чтобы выразить этот закон с помощью формул и чисел, доступных пониманию всех, требовалось еще тщательно обследовать явление опытным путем.

По указанию Николая Егоровича на водокачку соорудили опытную сеть водопроводных труб разных диаметров. Сеть заставляли работать при самых разнообразных условиях. Электрические звонки, хронометры, пишущие аппараты сторожили каждое движение воды, каждое колебание труб. Опытная сеть была построена остроумно и с поразительной предусмотрительностью.

Прежде всего экспериментатор определил длину и скорость волны при гидравлическом ударе. Далее оказалось, что, действительно, все явления гидравлического удара, как и предполагал Жуковский, объясняются возникновением и развитием в трубах ударной волны, происходящей в несжимаемой жидкости при внезапной остановке ее движения. Инженеры, строившие водопроводы, не обратили внимания на то, что когда задвижка или кран быстро закрывается, то вода останавливается и толчок передается по трубам согласно закону распространения волнообразного движения. Обстоятельство это строители упустили из виду, очевидно, потому, что до этого они имели дело не с короткими водопроводами. В коротких же трубах ввиду громадной скорости распространения ударной волны подъем давления кажется происходящим вдоль всей трубы одновременно.

Жуковский установил затем, что опасное возрастание гидравлического удара начинается при переходе ударной волны с труб большого диаметра на трубы малого диаметра и что сила ударного давления

удваивается, достигнув концов больших труб. Такое удвоение, нарастая, в конце концов при особо неблагоприятных условиях вызывает разрыв труб.

Установив причины аварий, исследователю оставалось только предложить меры для их предотвращения. Простейший способ оградить водопроводные трубы от аварий — медленно закрывать и открывать краны. Как только краны с приспособлением для медленного закрывания были введены, прекратились аварии, донимавшие московский водопровод.

На этом дело не кончилось. Жуковский нашел способ определять место аварии, не выходя из водокачки и не дожидаясь, когда вода в месте разрушения трубы выступит на поверхность мостовой, давая знать об аварии. Секрет заключается в том, чтобы создать искусственный гидравлический удар на водокачке и затем взглянуть на ударную диаграмму:

пользуясь теоретическим построением Жуковского, оказалось возможным точно определить место, где происходит утечка воды.

Когда старых рабочих-водопроводчиков прислали впервые на спокойную улицу с сухой и чистой мостовой и сказали им: «Ройте, тут лопнула труба», — они посмотрели на инженера, как на человека, решившего пошутить. Сняв верхний покров мостовой, люди приступили к работе молча. Рабочих оскорбляло неуважение к их труду, заведомо напрасная и бесполезная, как им казалось, работа. Но вот за песчаным слоем последовала глина, напитанная доотказа водой, и вслед за тем захлюпала жидкая грязь: место разрыва трубы было определено по диаграмме с точностью до одного метра!

Так была решена профессором Жуковским задача о величине гидравлического удара и о скорости его волны. Это было первое полное и точное решение этого вопроса в науке.

Московский профессор рассеял туман, окутывавший многие вопросы, связанные с работой водопроводной сети. Гидротехники получили возможность производить точные расчеты не в одном водопроводном деле. Прежде всего, были созданы правильные конструкции гидравлических таранов: тараны работали раньше очень плохо, так как наука не располагала всеми данными для расчета длины труб, подводящих воду. Как обеспечить наивыгоднейшее использование гидравлического удара в таране, никто не знал.



С. А. Чаплыгин.



Мечта о самолете воплотилась в сказке о Иване-царевиче и ковре-самолете.

После того как гидравлическим тараном занялся Жуковский, это остроумнейшее изобретение человека начало жить заново. Без всяких дополнительных сооружений, без насосов, плотин и моторов, сейчас в некоторых колхозах тараны подают из ложбин и овражков с текучей водой высоко наверх живую струю воды в коровники и конюшни.

В разные периоды своей научной деятельности Жуковский занимался и вопросом о прочности велосипедного колеса, и вопросом о наиболее выгодном угле наклона крыла аэроплана, и вопросом о рациональной форме корабля. С исчерпывающей полнотой и даже с показом механических моделей он отвечал и на вопрос, почему кошки при падении всегда падают на лапы, и на вопрос о коэффициенте полезного действия человеческого организма, и на вопрос, почему из фабричных труб дым выходит клубами, и на тысячу других вопросов, больших и маленьких. Он делал доклады и о парении

птиц, и о движении прямолинейных вихрей, и о сопротивлении воздуха при больших скоростях, и о движении вагонов по рельсам, и о снежных заносах, и о ветряных мельницах, и о качке кораблей, и о множестве других разнообразных вещей, которые служили ему только поводом для теоретических построений огромного и широчайшего значения.

Педагогическая деятельность Жуковского совсем не была похожа на выполнение обязанностей, дававших материальную возможность заниматься научной работой. Нет, то была составная часть научных занятий, и, может быть, поэтому Николай Егорович не отделял своей работы от работы своих учеников.

Однажды он принес в аудиторию маленькую птичку, которую демонстрировал слушателям, чтобы они могли разобраться в условиях взлета. Птичка находилась в стеклянной банке и должна была наглядно показать, что, не имея площадки для разбега, подняться в воздух нельзя.

Николай Егорович снял с банки крышку и предоставил птичке выбираться наружу, показывая непреложность теории. Некоторое время птичка, действительно, не могла взлететь, в полном соответствии с привычными представлениями. Но, не имея нужной для взлета площадки, птичка стала делать спирали по стенке банки и, к всеобщему восхищению, взлетела под потолок.

Профессор рассмеялся вместе со студентами.

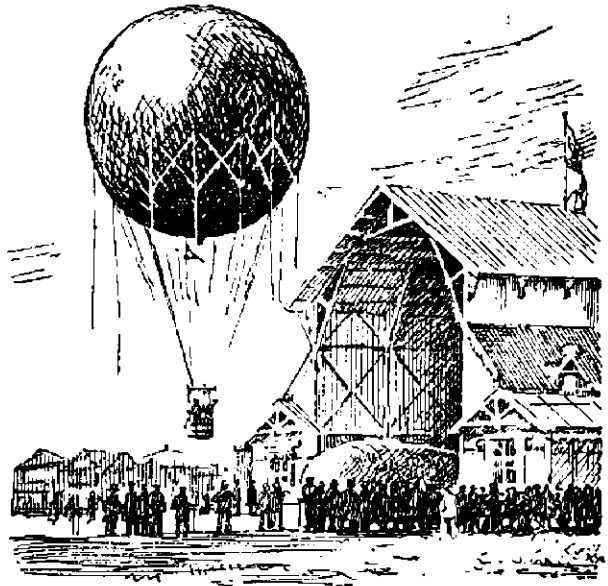
— Эксперимент дал неожиданный, но поучительный результат, — сказал Николай Егорович: — площадку может заменить спираль, а нам это не пришло в голову!

Жуковский, очевидно, понимал или чувствовал, каким грубым препятствием для движения теоретической мысли является привычное мышление, как трудно даже изощренному уму прервать течение привычных представлений и дать место новым, неожиданным и новым. Оттого-то он и прибегал постоянно к живой природе с ее поучительным непостоянством, с ее огромным запасом еще не раскрытых тайн, не обнаруженных возможностей.

Над зеленым лугом летали стрелы его арбалета с винтом, когда он занимался измерением и вычислением времени полета. По проселочным дорогам взад и вперед мелькал его велосипед с большими крыльями, когда он изучал сопротивление воздуха. Живая природа открывала тайны аэродинамики ученому, предсказавшему мертвую петлю за двадцать два года до того, как ее совершил летчик Нестеров. В саду имения «Орехово», под яблонями, Жуковский чертил на песке свои формулы, когда врачи запретили ему работать, а родные заставляли подолгу гулять.

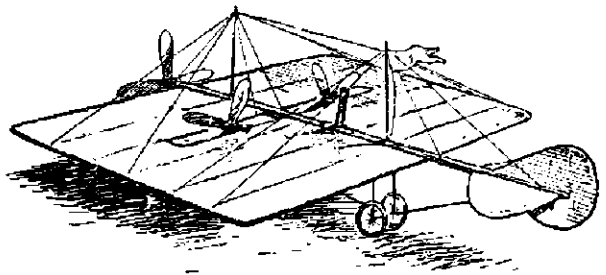
Излагая результаты своих работ для широкой публики, Жуковский часто обходился без формул даже там, где другой ученый непременно прибег бы к длиннейшим и сложнейшим вычислениям.

В те годы, когда создавалась русская аэродинамическая школа во главе с Н. Е. Жуковским, теоретическая механика была не чем иным, как прикладным отделом математики.

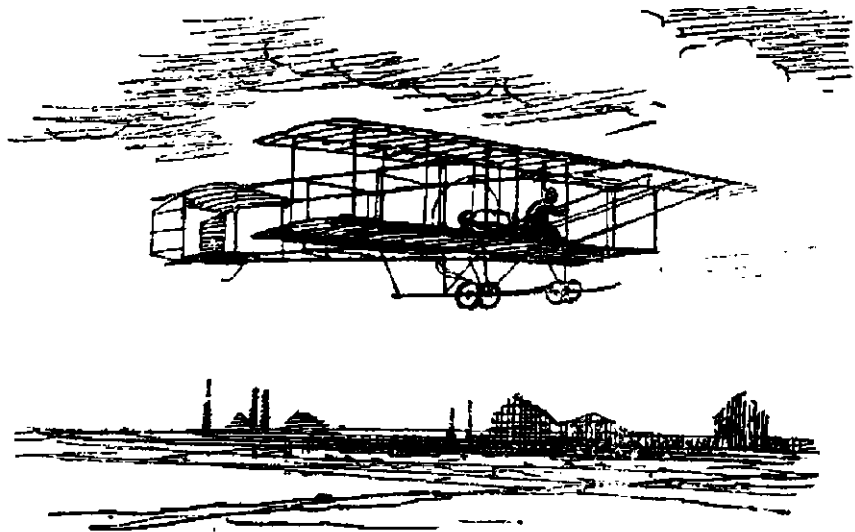


Наряду с другими видами летательных аппаратов в нашей стране с давних пор применялись аэростаты, которые и сейчас используются для научных целей и в армии.

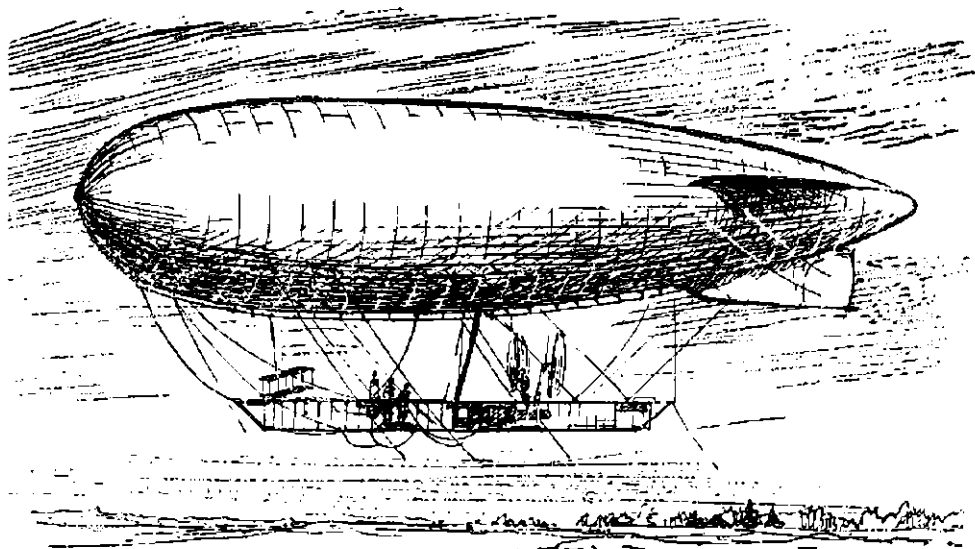
Подъем на привязном шаре во время Нижегородской выставки 1896 г.



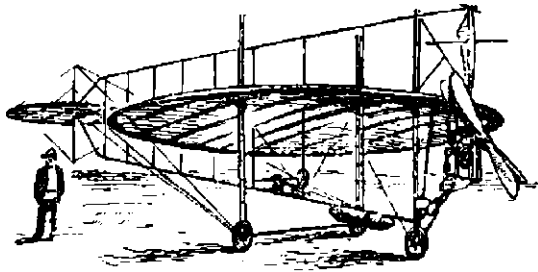
Летающая модель А. Ф. Можайского, построенного в 1882 г. первый в мире летательный аппарат тяжелее воздуха, который был способен подняться в воздух.



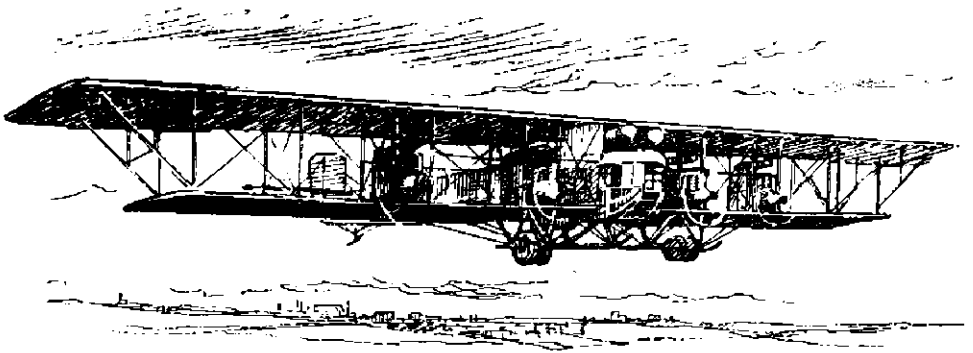
Первый полет знаменитого русского летчика М. Н. Ефимова 8 марта 1910 г. в Одессе.



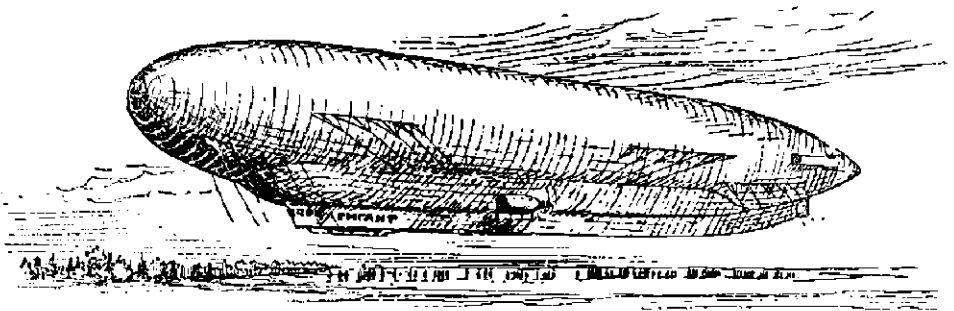
Дирижабль «Голубь», построенный Ижорским заводом в 1910 г. по проекту конструкторов Голубева и Сухоржевского.



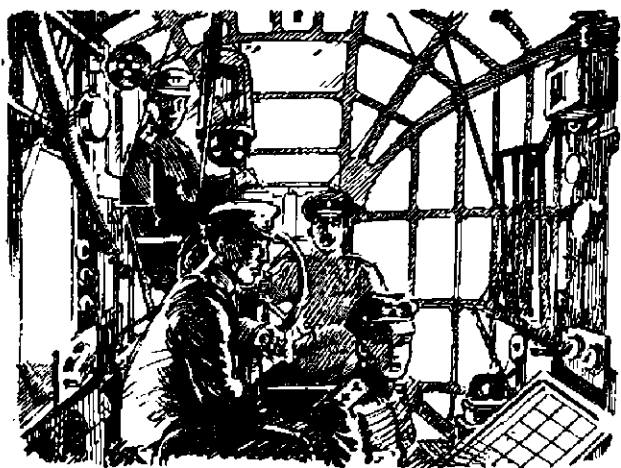
Сфероплан А. Г. Уфимцева (1909—1910 г.)



Многомоторный многоместный самолет «Илья Муромец» в полете. Летом 1914 г. этот самолет совершил перелет Петербург—Киев и обратно, установив мировой рекорд скорости.



Дирижабль «Гигант» конструктора Шанского, построенный зимой 1915 г.



Пилотская рубка самолета «Илья Муромец».

Жуковский одним из первых показал, что в современной теоретической механике опираться лишь на математический метод невозможно, что для познания мира с точки зрения механики, движения так же нужен научно поставленный эксперимент, как и во всех иных областях естествознания. Но в то же время Жуковский боролся и с чистым опытизмом, с недооценкой теории.

Дальнейшее развитие науки подтвердило правильность взгляда Жуковского, хотя в его время находилось очень мало ученых, державшихся того же мнения. Жуковскому принадлежит честь создания первых лабораторий по механике в Московском университете и в Московском высшем техническом училище, лабораторий со сложной аппаратурой, с научно поставленными опытами и измерениями. Теперь такие лаборатории не редкость. Они имеются во многих крупных научных центрах СССР, Европы и Америки, а родиной их, несомненно, является Россия.

В лаборатории Московского высшего технического училища была проделана под руководством Жуковского огромная работа, имевшая важнейшее значение для мировой авиационной науки.

Нет почти ни одной области механики, в которую бы великий ученый не сделал крупнейшего вклада своими работами, однако наибольшую известность и практическую ценность приобрела его научная деятельность в области авиации.

Жуковский разработал теоретические основы авиации и расчета самолетов и, главное, сделал это в те времена, когда строители первых самолетов твердили, что «самолет не машина, его рассчитать нельзя», когда среди широких кругов специалистов господствовало убеждение, что никакие теоретические соображения не применимы к механике столь непостоянной среды, как воздух. Директор летной школы в Лозанне Рикардо Броцци, например, писал:

«Аэродинамика бесспорно есть наука, основанная на опыте. Все заслуживающие доверия законы являются и должны быть указаниями действительного опыта. Нет ничего более опасного, как применять математический аппарат с целью достичь построения этих законов».

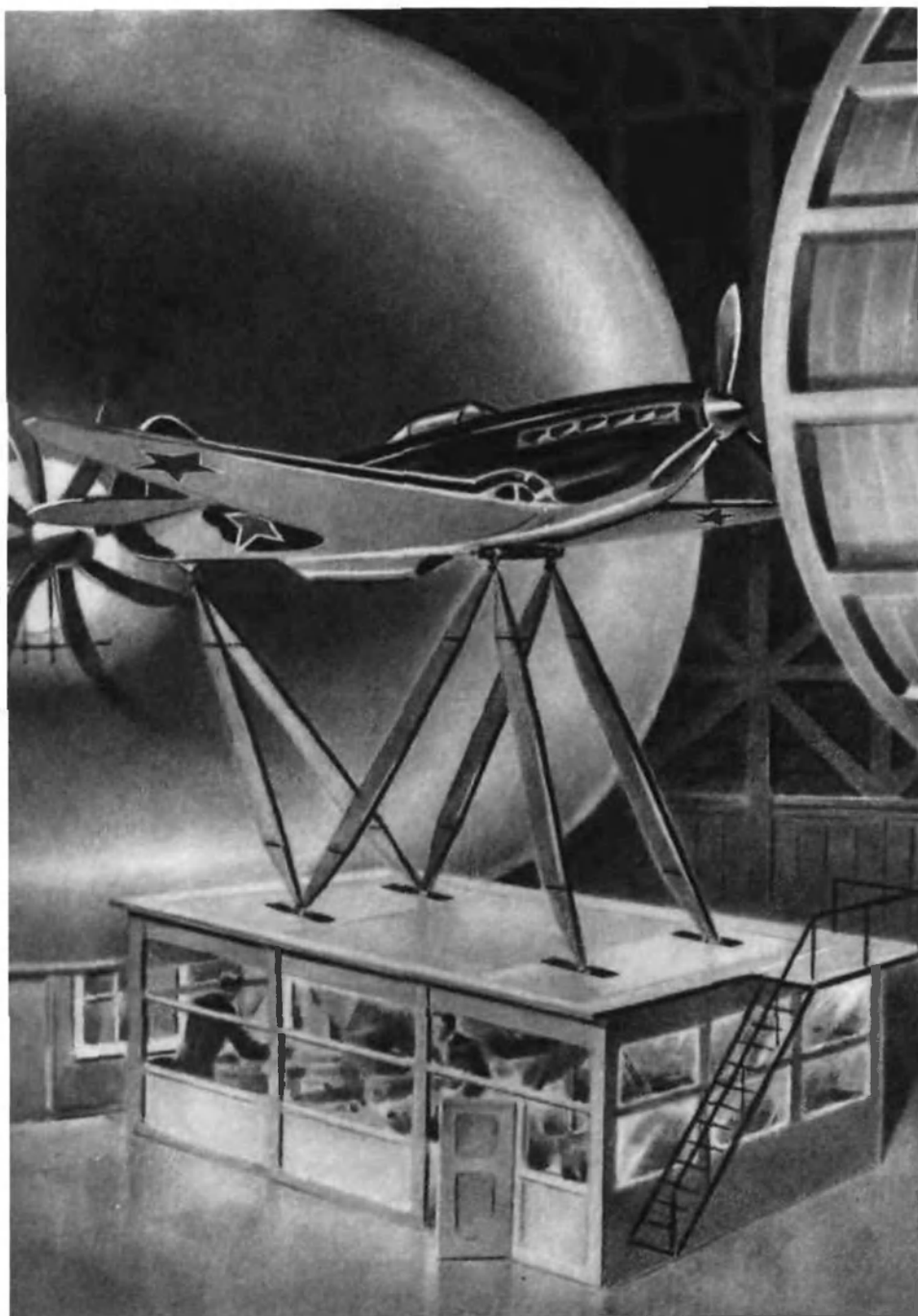
Эти наивные строчки были напечатаны в труде Броцци в том самом 1916 году, когда на французском языке появилась работа Жуковского «Теоретические основы воздухоплавания», решительно опровергающая утверждение директора авиационной школы.



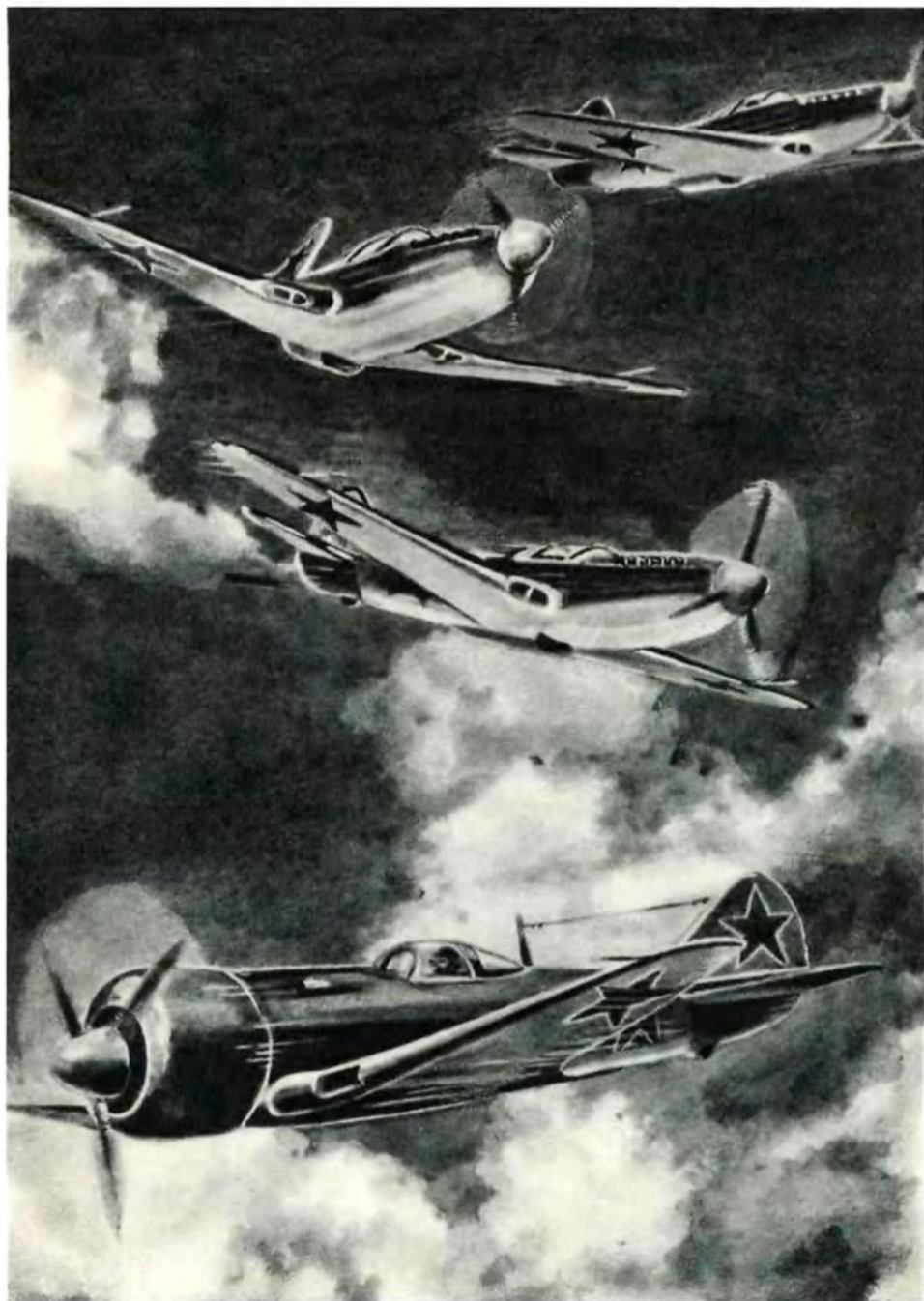
Изучение полета птиц уже давно привлекало внимание ученых. Исследовал полет птиц и Н. Е. Жуковский.



К. Э. Циолковский в своей мастерской.



Современные аэродинамические трубы так велики, что позволяют производить испытания опытных и серийных самолетов.



Современные истребители.

* * *

В природе есть много явлений, наблюдая которые кажется, что проникнуть в тайну законов, управляющих ими, невозможно. Ключок бумаги, брошенный на пол, ложится совсем не там и не так, как можно было бы ожидать. Орел и ястреб парят в воздухе, не двигая крыльями. Все явления, происходящие под влиянием сил, возникающих при движении воздуха, долгое время оставались непонятными и необъяснимыми.

То же можно сказать и о явлениях, связанных с движением жидкостей при воздействии на них каких-нибудь сил. Именно полнейшая неуловимость законов воды и воздуха заставляла наших предков относиться к ним, как к стихийным силам природы, непостижимым уму и неподвластным человеку.

До последнего времени человечество не знало многих законов аэродинамики и гидродинамики, определяющих поведение воздуха и жидкостей в связи с действующими на них силами. Поэтому в течение тысячелетий, несмотря на множество смелых, но наивных попыток, человек не смог подняться на воздух, но сделал это тогда, когда были разрешены основные вопросы аэрогидродинамики, установлены основные законы движения тел в воде и в воздухе.

Одна из важнейших закономерностей аэрогидродинамики была установлена еще в XVIII веке голландским ученым и членом Российской академии наук Даниилом Бернулли (1700—1782). Он установил связь между давлением и скоростью в каждой точке струи тяжелой жидкости.

Воздух, подобно жидкости, давит на поверхность каждого тела, с которым он соприкасается, причем давление в каждой точке перпендикулярно к поверхности тела. Такое давление называется статическим давлением, или просто давлением. Статическим давлением является атмосферное давление: воздух, как известно, имеет вес, и довольно значительный — каждый литр его весит более грамма. На каждый квадратный сантиметр поверхности земли давит воздушный столб такого же сечения весом около килограмма. Это и есть пример статического давления.

Скорость, вернее, живая сила текущей воды или воздуха, может быть преобразована в давление на поверхность тела. В отли-



Дом, где жил Н. Е. Жуковский.

чие от статического давления, такое давление называется динамическим давлением или скоростным напором. Если в стакан с водой подуть с достаточной силой, то вода выплеснется через край.

Так вот, Бернулли установил, что для каждой точки струи жидкости, не обладающей вязкостью, сумма скоростного напора и статического давления остается величиной постоянной. Иначе говоря, там, где увеличивается скоростной напор, уменьшается давление, и, наоборот, там, где уменьшается скоростной напор, увеличивается давление. Закон этот, как выяснилось позднее, одинаков и для жидкостей и для газов.

Стоит нам только усвоить этот основной закон, одинаковый для воды и воздуха, как многие аэрогидродинамические загадки легко разрешаются.

Возьмем, например, два листка бумаги, слегка выгнем их и будем держать близко друг к другу выпуклыми сторонами. Казалось бы, что если подуть в пространство между ними, листки должны разойтись. На самом деле листки сближаются выпуклыми сторонами.

Не зная связи между скоростями и давлением, тут ничего нельзя понять. Но закон Бернулли говорит, что увеличение скорости движения воздуха между листками уменьшает давление между ними, в то время как на внешних сторонах листков оно остается неизменным, равным атмосферному. Эта разность давлений и сближает листки.

* * *

Жуковский в раннюю пору своей научной работы не сомневался в возможности осуществления тысячелетней мечты своего народа и всего человечества.

— Птицы летают, почему же человек не может летать? — говорил он.

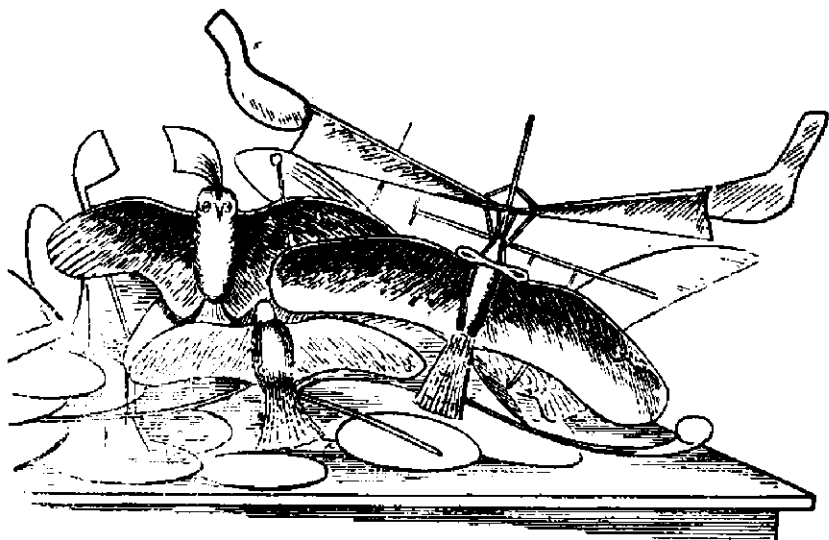
За одиннадцать лет до того, как поднялся в воздух первый самолет, Жуковский в статье «О парении птиц» дал объяснение тому, каким образом птицы могут парить в воздухе с неподвижно распростертыми крыльями, и теоретически доказал, что можно построить аппараты для искусственного парения — планеры, которые будут устойчивыми в воздухе и даже смогут совершать «мертвые петли».

В этой работе Жуковским были заложены основы новой авиационной дисциплины — динамики полета.

Доказав возможность создания устойчивых в воздухе летательных аппаратов, Жуковский в новой работе «О наиболее выгодном наклоне аэропланов» решает задачу о нахождении наиболее выгодного угла наклона крыльев, что имеет основное значение при проектировании самолета.

Таким образом, к тому времени, когда жизнь предъявила к теоретической авиации свои требования, когда состоялись первые полеты, Жуковский, внимательно следивший за всеми новостями в этом деле, оказался во всеоружии тех знаний, которые были нужны для создания теоретических основ авиации.

Как только были совершены первые робкие полеты на аппаратах



Модели летательных аппаратов, изготовленные Н. Е. Жуковским.

тяжелее воздуха, тотчас же перед наукой стал вопрос, выдвинутый практической авиацией: откуда берется подъемная сила у крыла и, главное, каким теоретическим способом можно ее выразить?

Насколько Жуковский был подготовлен к ответу на этот основной вопрос, видно уже из того, что в 1906 году в замечательной своей работе «О присоединенных вихрях» он дает и правильный ответ на вопрос и точную формулу, позволяющую произвести точный расчет сил, действующих на крыло.

Если в поток с равномерной скоростью поместить цилиндр, то жидкость будет обтекать его симметрично с обеих сторон. Если же такой цилиндр вращать в неподвижной жидкости, то она будет увлекаться в сторону его вращения, от чего возникнет круговой поток вокруг цилиндра. Но что произойдет, если цилиндр будет вращаться в равномерном потоке, а не в неподвижной жидкости? Скорость течения над цилиндром будет тогда равна сумме скоростей обоих потоков. Поэтому частицы жидкости будут пронесены над цилиндром много быстрее, чем под ним. По закону Бернулли, с возрастанием скорости потока давление на цилиндр убывает; значит, цилиндр будет испытывать внизу большее давление, или, иными словами, вращение цилиндра в равномерном потоке порождает подъемную силу.

Дело несколько не изменится, если вместо твердого цилиндра в равномерно и прямо текущем потоке завертится жидкий столб — вихрь. Зато математическое исследование этого явления сильно облегчится. Пользуясь этим, Жуковский и вывел математическую формулу для определения подъемной силы, которая образуется во всяком потоке, если в нем возникнет вихрь.

Эти вихри он назвал «присоединенными», потому что, пока поток течет равномерно, в нем никакой подъемной силы, направленной снизу:



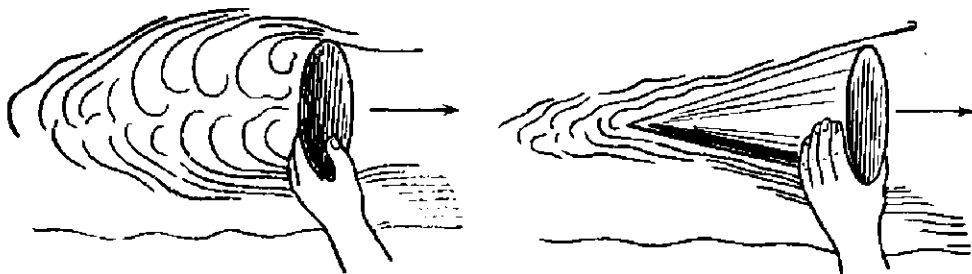
Вращение цилиндра в потоке жидкости вызывает образование вихрей.

вверх, не возникает. Но когда к равномерной поступательной скорости потока присоединяется скорость вращающегося вихря, эта подъемная сила тотчас же появляется.

До сих пор речь шла о потоке жидкости. Но теория «присоединенных вихрей» оказалась приложимой и к поведению самолета в воздухе. Здесь действует та же подъемная сила, и она может быть исчислена по той же самой формуле, которая составлена профессором Жуковским для жидких потоков. Над крылом аэроплана скорость движения воздуха больше, чем под ним, и поэтому снизу вверх действует такая же подъемная сила, какая получается от «присоединенного вихря».

Но откуда же, спрашивается, возникает на пути самолета равномерный воздушный поток? И почему неподвижное крыло вызывает в этом потоке такое же действие, как вращающийся цилиндр или вихрь?

Мощный поток в воздухе возникает благодаря работе винта, сообщаящего самолету поступательную скорость. А крыло в этом потоке вызывает то же, что и «присоединенный вихрь». Происходит это потому, что крыло хотя и неподвижно, но зато не имеет такой симметричной формы, как вращающийся цилиндр или вихревой столб. Из-за неравномерной формы крыла воздушные струи неравномерно его обтекают: над крылом они располагаются теснее, а под крылом — реже. Скорость струй над крылом поэтому больше, а под крылом меньше. Следова-



Движение пластинки в воде или в воздухе вызывает намного большие завихрения, чем движение конуса такого же поперечного сечения.

тельно, по закону Бернулли, возникает разность давлений в воздушных потоках, омывающих крыло самолета. А разность давлений порождает подъемную силу.

Ясно, что скорость потоков будет зависеть от формы крыла. Значит, если удастся найти наиболее выгодную форму крыла, то подъемная сила самолета окажется наибольшей. До тех пор, пока природа подъемной силы самолета не была известна ученым, не было способа определять форму крыла с помощью математических вычислений. Открытие профессора Жуковского вооружило авиаконструкторов «математическим аппаратом», а сам Жуковский, первый в мире, нашел, вычислил наилучшую, как говорят, рациональную, форму крыла самолета.

Жуковский и его ученики разработали теорию и методы расчета воздушных винтов. Разработанная Жуковским знаменитая вихревая теория гребного винта дала возможность исследовать работу различных видов винтов — от пропеллера до вентилятора и ветродвигателя. Теперь во всем мире при расчете винтов пользуются теорией Жуковского. Здесь исследования, проведенные Жуковским, на много лет опередили работы иностранных ученых. Жуковский не только создал основные аэродинамические теории, какими являются теория крыла и теория винта. В его творчестве нашли отражение все важнейшие вопросы самолетостроения: динамика полета, аэродинамический расчет самолета, основы расчета элементов конструкции самолета.

Выше мы сказали, что законы, выведенные для потоков жидкости, оказались действительными и для воздушных потоков. Но между жидкостью и газом, между водой и воздухом существует очень важное различие в физических свойствах. Вода, как и всякая жидкость, практически несжимаема, то есть ее объем при повышении давления не изменяется, и на этом свойстве воды основано действие целого ряда гидравлических машин. Воздух же, как и все газы, можно легко сжать, что и делается, например, в цилиндрах двигателей внутреннего сгорания (дизеля). Д. И. Менделеев первым пришел к выводу, что данные для сопротивления жидкостей можно все же применять и к воздушной среде, что «опыты с водою дополняют и дополняются опытами с воздухом». Но он предвидел и то, что с достижением очень большой скорости движения тела в жидкости или газе уже придется считаться с различием физических свойств этих сред. Пока самолеты летали со скоростью 100, 200, 300, даже 500 километров в час, это обстоятельство никак не сказывалось на правильности расчетов, исходивших из приложения законов гидродинамики к воздушной среде. И только в наши дни, когда скорости летательных аппаратов приблизились к тысяче километров в час, возникла необходимость учитывать принципиальную разницу между водой и воздухом. Но уже очень давно талантливейший ученик Жуковского — Сергей Алексеевич Чаплыгин (1869—1942) предусмотрел это обстоятельство.

“ * “

Ближайший преемник Жуковского, Сергей Алексеевич Чаплыгин в жизни был человеком иного склада. Если он и напоминал учителя, то только своей добротой, да и то скрытой под внешней суровостью.

Жуковский был очень рассеян.

Чаплыгин любил анекдоты о рассеянности и причудах ученых людей, но сам не только не страдал рассеянностью, но, наоборот, поражал окружающих своей феноменальной памятью на все в мире, до телефонных номеров включительно.

Жуковский объединял вокруг себя людей личным обаянием и умением угадывать талантливого человека, хотя бы еще ничем себя не проявившего. Чаплыгин умел не хуже своего учителя находить талантливых, но, кроме того, был отличным администратором и хозяйственным.

Жуковский бесконечно любил живую природу. Чаплыгин был к ней равнодушен. Если он приезжал в дом отдыха, то целыми днями просиживал за шахматами и никуда не выходил.

Жуковский знал названия многих птиц и растений, которые попадались ему в деревне. Чаплыгин о живой природе имел самое общее и весьма смутное представление.

Стихия Жуковского — реальная природа. Стихия Чаплыгина — мир отвлеченных идей, которые населяли его удивительный ум. Для Жуковского жидкость — это вода. Для Чаплыгина вода — «идеальная жидкость Эйлера», которую легко можно изучить математически, но ставить опыты с «идеальной жидкостью» весьма хлопотливо.

Вот почему Жуковского нередко можно было увидеть сидящим в лаборатории на корточках за каким-нибудь опытом. Чаплыгина опыты не привлекали.

Николай Егорович Жуковский всю жизнь решал практические задачи и открывал в частных явлениях общие законы.

Почти все работы Сергея Алексеевича Чаплыгина в момент их появления в печати представлялись чисто теоретическими, не имеющими никакого практического значения. Но с течением времени неизменно оказывалось, что математика в них граничила с техникой или с методами, к ней приложимыми.

Для Чаплыгина математика была более совершенным средством достижения цели, чем все другие средства, которыми пользуются ученые и инженеры. Практикам он удивлялся, но не завидовал.

Мир отвлеченных идей, какими оперирует математика, полностью поглощал Чаплыгина, и математик он был классический.

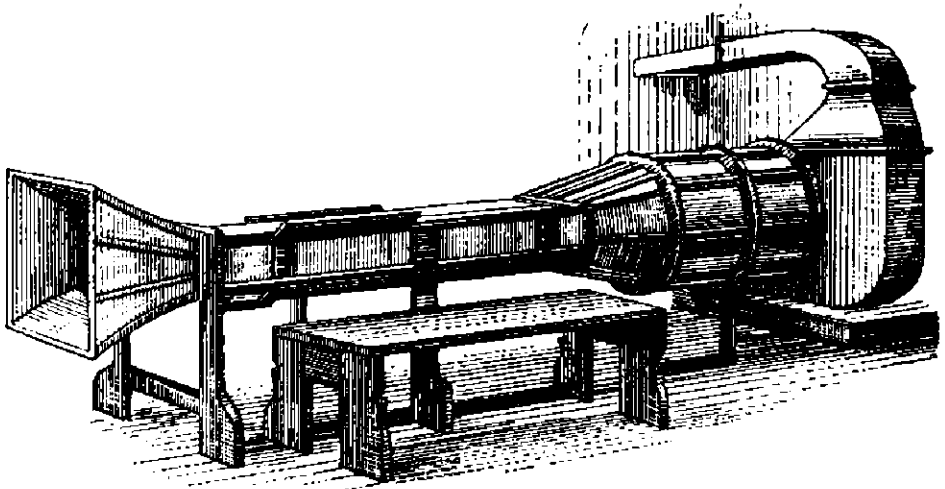
В его присутствии никто не мог сделать ни одной ошибки в математическом построении. Он все знал и все помнил.

Характерный случай произошел однажды в Московском математическом обществе на докладе Жуковского. Жуковский, чтобы не тратить времени на писание чисел и формул, имел обыкновение показывать на экране заранее заготовленные диапозитивы с формулами и вычислениями. Так было и на этот раз.

Когда на экране появился какой-то новый расчет, Чаплыгин заметил уруго:

— Николай Егорович, у вас коэффициент не тот!

— Как не тот? — всполошился Николай Егорович, подбегая к экрану. — Разве не тот?.. Да, действительно, не тот, — согласился он, заметив ошибку.



Прямоугольная аэродинамическая труба в лаборатории Московского высшего технического училища, построенная Н. Е. Жуковским (1909 г.).

Забыв, что перед ним не доска, а экран, он поскоблил пальцы и стал стирать световую формулу.

Чаплыгин был по типу мышления чистым аналитиком, в противоположность Жуковскому, который был чистым геометром.

Огромная память и не меньшая зоркость при исключительной способности широко мыслить и угадывать любые соотношения, как это присуще аналитическому уму математика, были использованы Чаплыгиным не только в сфере научной деятельности.

Чаплыгин, как и другие советские ученые, имел счастье, не часто выпадавшее прежде на долю тех, кто пролагал новые пути в науке или искусстве, дожить до времени, когда его работы получили огромное признание и нашли практическое приложение.

Свою докторскую диссертацию Чаплыгин писал летом 1901 года. Он поставил себе целью разработать метод для решения задач на обтекание тел газовым потоком с образованием срыва струй. В решении такого рода задач в те времена техника не нуждалась, потому что исследования Чаплыгина относились к очень большим скоростям движения.

Еще до своей диссертации, в статье «О некоторых случаях движения твердого тела в жидкости», Чаплыгин показал, что воздух можно сравнивать с несжимаемой жидкостью лишь до тех пор, пока скорость движущегося тела будет значительно меньше скорости распространения звука в воздухе, то есть меньше тысячи двухсот километров в час. При скоростях, близких к звуковым, законы сопротивления в газовой среде будут резко отличаться от законов сопротивления в жидкой среде, так как сжимаемость воздуха будет влиять на обтекание тела. С крыла самолета движущиеся со скоростью звука струи воздуха будут срывать иначе, чем это можно рассчитывать на основании формул Жуковского.

В своей диссертации Чаплыгин дал гениальное, но простое решение

задачи расчета сопротивления сверхскоростных самолетов. Он доказал, что если вычислены скорость и направление струй в несжимающейся жидкости, то для газа следует применить те же формулы, в которые вводятся только некоторые дополнительные множители.

Сейчас, когда в авиации достигнуты скорости, близкие к звуковым, и часть воздуха, обтекающего самолет, движется со скоростью, даже большей, чем скорость звука, нет надобности объяснять колоссальное значение работы Чаплыгина. Но кто мог оценить эту работу полвека назад, когда ни один аэроплан еще не подымался в воздух и не было ни одной области техники, которая могла бы воспользоваться гениальным решением молодого ученого?

Докторскую степень Чаплыгину присудили, но из лиц, присутствовавших на защите диссертации, кажется, только один К. А. Тимирязев почувствовал всю глубину мысли докторанта. Человек, одаренный необыкновенной чуткостью в делах науки, ученый, первый назвавший И. П. Павлова «великим русским физиологом», Тимирязев, поздравляя Чаплыгина, сказал ему:

— Я не понимаю всех деталей вашего исследования, которое лежит далеко от моей специальности, но я вижу, что оно представляет вклад в науку исключительной глубины и ценности.

Чутье не обмануло Тимирязева. В наше время столь отвлеченная для своего времени работа Чаплыгина помогает строить скоростные самолеты.

Но этим не исчерпывается значение замечательной работы Чаплыгина. Она положила начало новой отрасли аэродинамики — аэродинамике больших скоростей, являющейся основой расчета турбин, реактивных двигателей, скоростных аэродинамических труб и других аппаратов, в которых происходит движение газов с большими скоростями.

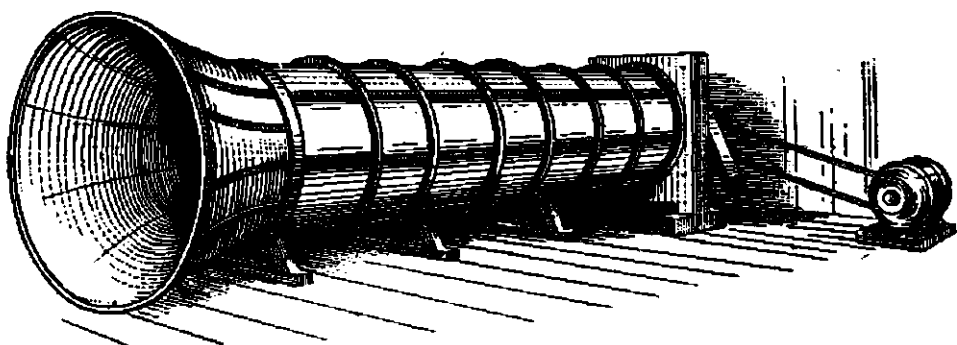
Одна за другой научные работы Чаплыгина приносили ему ученые степени, премии, медали, известность.

Разными путями идя к одной и той же цели, Жуковский и Чаплыгин необыкновенно удачно дополняли друг друга при совместной работе.

В конце 1909 года Жуковский сделал доклад «О причинах образования подъемной силы крыла самолета» на очередном съезде естествоиспытателей. На докладе присутствовал и Чаплыгин.

Жуковский объяснил, как возникает подъемная сила крыла, и вывел формулу, позволяющую рассчитывать силы, действующие на крыло. Но в эту формулу входила особая величина — «циркуляция скорости», определить которую, по мнению докладчика, можно было только путем сложных и громоздких опытов.

Слушая своего учителя с полузакрытыми, по обыкновению, глазами, Чаплыгин неожиданно пришел к мысли, что эту величину можно вычислить и без экспериментов, не вставая из-за стола, чисто аналитическим путем. Жуковский заинтересовался этим предложением. Чаплыгин изложил ему ход своих мыслей. В результате совместной работы ученые создали законченный метод определения подъемной силы крыла самолета. Этот метод вошел в мировую практику, и авиаконструкторы пользуются им до сегодняшнего дня.



Прямоугольная аэродинамическая труба в лаборатории Московского высшего технического училища.

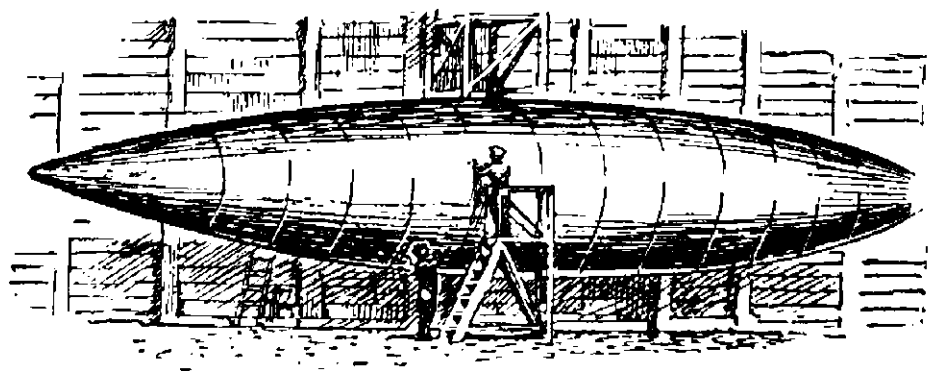
Жуковский, как мы уже знаем, первым из всех ученых определил путем вычислений рациональную форму крыла самолета. В 1914 году Чаплыгин опубликовал «Теорию решетчатого крыла», а в 1921 году — «Схематическую теорию разрезного крыла». Эти работы заложили основы теории механизации крыла. Крылья на первых аэропланах были устроены очень просто и представляли несущие плоскости, неподвижно скрепленные с самолетом. Они не имели ничего общего с тем сложным и гибким механизмом, каким является крыло птицы.

Чаплыгин, развивая общую теорию «разрезного крыла», показал, что если сделать крыло в форме разрезанной на две части дуги круга, то подъемная сила крыла при раздвинутых частях — «перьях» — будет больше, чем при сдвинутых. Исследования Чаплыгина объяснили действия предкрылков, закрылков и щитков, которые теперь делаются на крыльях всех самолетов. Эти приспособления дают возможность увеличить подъемную силу крыла «раздвижением перьев» при посадке самолета. Оттого, что подъемная сила крыла становится больше, самолет удерживается в воздухе и при меньшей скорости. Таким образом, закрылки, предкрылки и щитки позволяют уменьшить посадочную скорость самолета. А чем меньше посадочная скорость, тем легче летчику стремительной машины приземлить самолет.

В результате работ Чаплыгина крыло современного самолета с добавочными подвижными «перьями» — предкрылками, закрылками, элеронами, щитками — представляет собой сложный механизм, превосходящий по гибкости крыло птицы.

* * *

Россия — родина авиации. Основателем авиации бесспорно является Александр Федорович Можайский (1825—1890). Он первый разработал идею летанья на аппаратах тяжелее воздуха, создал первый:



Большая модель (1000 м³) аэростата К. Э. Циолковского

самолет, совершивший 20 июля 1882 года первый в мире полет. Этот день считается днем рождения авиации.

При этом русская авиация шла своим собственным уверенным путем.

Именно Россия выдвинула прежде других стран и творцов теории авиации в лице Жуковского, Циолковского и старейшего исследователя в этой области С. К. Дзеведского.

Особенно велики заслуги в научной и практической авиации Жуковского. Среди других его работ исследования по авиации всегда занимали большое место. К концу же долгой и плодотворной жизни Жуковского авиация была уже главным делом его.

Ленин назвал Жуковского «отцом русской авиации». Жуковский создал школу русских аэродинамиков и самолетостроителей — творцов нашей могучей советской авиации. Ближайшие ученики Жуковского — выдающиеся советские ученые и авиационные конструкторы, ныне профессора, академики, Герои Социалистического Труда, лауреаты Сталинской премии.

После Великой Октябрьской социалистической революции Н. Е. Жуковский сумел сделать немногие оставшиеся ему годы жизни годами самого плодотворного, самого напряженного творчества.

Семидесятилетний старик, он не только не укрывался от непогод первых лет революции и гражданской войны, — он не утаил от революционного народа ни одного дня, ни одного часа. В годы разрухи, все такой же величавый и сосредоточенный, ранним утром он шел пешком по занесенным снегом улицам в Высшее техническое училище, потом через весь город в университет — и часто для того лишь, чтобы прочесть лекцию трем-четырем студентам.

Мысль В. И. Ленина о необходимости создания научно-исследовательских институтов нашла в Жуковском вдохновенного исполнителя. Вместе с одним из своих учеников он первый пришел в Высший совет народного хозяйства и представил проект института аэродинамики и гидродинамики.

Это знаменитый ныне ЦАГИ (Центральный аэрогидродинамический институт) — крупнейший в мире центр борьбы за покорение воздушного океана. ЦАГИ был создан в декабре 1918 года декретом, подписанным Лениным. И до самой смерти — до 17 марта 1921 года — Николай Егорович стоял во главе этого института, носящего теперь его имя.

Жуковский организовал высшее учебное заведение, готовящее авиационных специалистов, — ныне Военно-воздушная инженерная академия, также носящая имя своего основателя.

После смерти учителя работу по расширению ЦАГИ продолжал Чаплыгин.

Есть как описывает роль академика один из ближайших помощников профессора К. А. Ушаков:

«Став во главе нашего Института после смерти его основателя Н. Е. Жуковского, Сергей Алексеевич... уделил большое внимание созданию современной научно-экспериментальной базы.

Речь шла о строительстве невиданных доколе масштабов, при отсутствии сколько-нибудь подходящих прототипов и при наличии в то время больших трудностей во всяком строительстве...

Под его руководством коллектив ЦАГИ, состоящий целиком из молодых инженеров (самому старшему было не более 35 лет), в короткий срок создал весьма полный комплект лабораторий. Это строительство выдвинуло ЦАГИ в первый ряд научно-исследовательских учреждений Европы и Америки. ЦАГИ получил наиболее мощные в мире аэродинамические трубы, опытный бассейн с исключительно высокой скоростью движения тележки, первоклассную лабораторию для испытания материалов, оборудованную новейшими приборами и аппаратами, моторную лабораторию и, наконец, опытный завод, на котором можно было построить самолет, даже самый крупный.

Со времени создания лабораторий ЦАГИ прошло 15 лет (теперь уже скоро 30 лет. — Л. Г.). Темпы развития научно-исследовательской работы в Советском Союзе позволяют считать эти лаборатории «устаревшими»... но мы учились... именно тогда, когда вместе с Сергеем Алексеевичем строили Московские лаборатории ЦАГИ и работали в них.

Это был наш подлинный университет, и руководителю его мы должны принести нашу глубокую благодарность».

Чаплыгин построил здания, организовал экспериментальное хозяйство и придал отделам института единое авиационное направление. После того как закончился период организации, Чаплыгин отошел от руководства и посвятил свой труд и время теоретической науке и аэродинамической лаборатории ЦАГИ, на двери которой значилось: «Аэродинамическая лаборатория имени С. А. Чаплыгина».

В течение пятнадцати лет каждое утро в урочный час открывал эту дверь первый ученик Жуковского, будь то зима или лето, дождь или снег, тепло или холод. Зимой он оставлял в вестибюле свои высокие, просторные калоши, каких уже никто не носил, пальто и шапку и проходил в свой кабинет. В самом присутствии этого человека, в простом появлении его крупной, спокойной фигуры заключалась дисциплинирующая властность. Ему было уже много лет, его волосы были белы и го-

лова глубоко уходила в плечи, но он вникал во все хозяйство лаборатории, в каждый эксперимент.

Трудно перечислить, да и вряд ли можно сделать доступным общему пониманию теоретические работы экспериментально-аэродинамического отдела, осуществленные в аэродинамической лаборатории учениками Жуковского и учениками его учеников под руководством Чаплыгина.

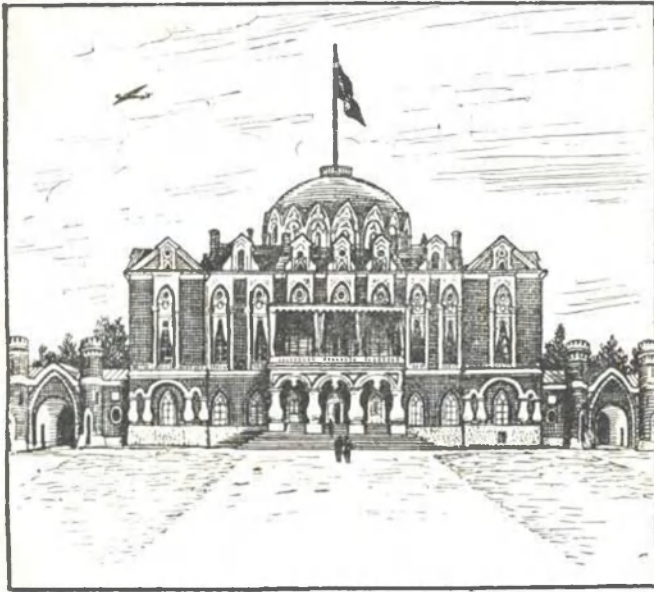
Чаплыгин в полной мере использовал созданные советской властью условия для неограниченного развития науки. Подобно своему великому учителю, он щедро бросал семена в благодатную почву, и сеятели были достойны своей земли: мы знаем теперь и военную мощь и мирное значение русской авиации.

Удостоенный звания Героя Социалистического Труда, Сергей Алексеевич до последних дней своей жизни работал в полную меру своих сил. Он умер 8 сентября 1942 года в Новосибирске.

За несколько дней до смерти он спокойно и обстоятельно обсуждал различные практические мероприятия по ускорению строительства аэродинамической лаборатории в Новосибирске.

В березовой роще перед входом в лабораторию и был похоронен первый ученик Жуковского.





Военно-воздушная академия имени Н. Е. Жуковского
в Москве.

М. С. Арлазоров

РД и РС

Порох—топливо ракеты

ЛЕТОМ 1710 года в той части Москвы, которая именовалась Немецкой слободой, у раскрытого окна небольшого деревянного домика, искусно выкращенного под кирпич, сидел человек в длинноволосом парике и неторопливо писал на плотной белой бумаге.

Солнечный луч, ворвавшийся в горницу, упал ярким пятном на стол, осветив написанные строки.

«Трудно представить себе, какая масса пороха истрачивается за пирами и увеселениями при получении радостных вестей, на торжествах и при салютах... ибо в России порохом дорожат не более, чем песком, и вряд ли найдешь государство, где его изготовляли бы в таком количестве и где бы по качеству и силе он мог сравняться со здешним».

Человек в длинноволосом парике, датский посланник при дворе императора Петра I, обмакнул в чернильницу гусиное перо и подписал свое имя: Юст Юль.

Окончив письмо, посол задумался. А подумать было над чем. Русские тратили порох не только на увеселения. В победных сражениях

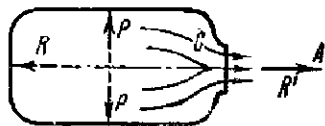


Петровская ракетница.

ля. Смесь поджигалась, газы, образующиеся при горении, давили во все стороны. Но выход из трубки был только один. Газы стремительно вылетали из него, сила «отдачи», реактивная сила, толкала ракету, и она летела.

* * *

Знакомство с тем, как движется ракета, начнем на улице. Мы идем, движемся, но это движение было бы невозможно, если бы улица и подошвы башмаков были идеально гладкими, отполированными, как зеркало, — на зеркальной поверхности наши ноги беспомощно скользили бы. Это позволяет сделать важный вывод: для того, чтобы двигаться, надо отталкиваться. Без отталкивания нет движения. Автомобиль отталкивается от земли, — недаром пыль и грязь летят назад из-под его колес; пароход отталкивается от воды, пулю или снаряд выталкивают из оружия пороховые газы... Но от чего же отталкивается ракета? От воздуха? Нет, такой вывод был бы совершенно неверным, так как ракета может летать и там, где нет никакого воздуха. Ракету толкают газы которые образовались при сгорании пороха и вылетают из ее открытого конца.



Схема, показывающая действие сил на стенки сосуда с отверстием. Система сил не уравновешена. Газы, вырываясь через отверстие, создают реактивную силу, направленную в сторону, противоположную выходу струи газа.

Чтобы понять процессы, происходящие в ракете, взглянем на морское дно.

Здесь живет подводное чудовище спрут (осьминог). Это хищник. Он неожиданно нападает на свою жертву, передвигаясь резкими толчками. Внутри его туловища, в особый мускулистый мешок, медленно входит вода. Когда этот мешок наполняется, спрут с силой выбрасывает воду наружу. Что же получается? Вода, выброшенная спрутом, отталкивается от него назад, а осьминог, оттолкнувшись от выброшенной им воды, движется вперед. Такими «реактивными двигателями»

снабжены и некоторые другие животные... По такому же принципу стал строить свои ракеты и человек.

Но вернемся к ракетах времен Петра I, который очень интересовался своим «ракетным заведением» и проводил в нем немало времени, работая вместе с мастерами.

Ракета, введенная при Петре, употреблялась в русской армии более двух веков. Так удачна была ее конструкция.

Все же ракетное заведение не было настоящим производственным предприятием до тех пор, пока в 1847 году его не возглавил генерал-лейтенант Константинов. Константин Иванович Константинов (1818—1871) тщательно изучал ракеты, следил за применением их в бою, читал лекции молодым офицерам, писал научные труды, переведившиеся на все языки Европы. С именем Константина Ивановича Константинова связан огромный шаг вперед в технике ракетостроения.

Константинов автоматизировал опасный процесс изготовления ракеты, причем сделал это настолько хорошо, что испанское правительство, заказывая в России оборудование для производства ракет, требовало, чтобы оно было сделано «по методу Константинова».

Трудами генерала Константинова русская боевая ракета стала грозной силой. У его современников мы встречаем такие записи: «Пользовались ракетами, снабженными гранатой, взамен артиллерии; своим огненным хвостом, шумом и разрывом снаряда при падении они производили очень сильное впечатление...». Высказывания современников подтверждаются цифрами: дальность полета русских ракет доходила до 4 километров. Для того времени это было выдающимся результатом. Исследования привели Константинова к выводу о том, что с повышением скорости полета ракета требует меньше топлива. Только в наше время можно оценить важность этого вывода.

Заглядывая вперед, Константинов писал о ракетном оружии: «Необходимо сделать из него отдельное, самостоятельное оружие, чтобы ракеты были вверены лицам, которым бы это составляло исключительную службу, дабы можно было ожидать вполне успешных результатов». Какими пророческими оказались эти слова!

Однако, несмотря на достигнутые успехи, в 60-х годах прошлого столетия во всех армиях мира отказались от использования боевых ракет. У ракеты оказался сильный соперник — нарезная артиллерия, которая была намного дальше и гораздо точнее.

Но ракета не умерла. О ней вновь заговорили спустя полвека.

Но теперь ракета-оружие постепенно вытесняется ракетой-двигателем. Не без влияния боевых ракет у многих русских изобретателей появились мысли о применении для полета реактивных двигателей.

«...Кажется, всякому понятно, что польза воздухоплавания вообще для человечества необъятна. Для нашего отечества воздухоплавание могло бы принести, кроме других неисчислимых польз, величайшую пользу в военном отношении, преимущественно на Кавказе, где войска наши должны бороться более с природными препятствиями на пути, чем с самими обитателями труднодоступных гор, и где с помощью аэростатов эти затруднения в некоторых случаях возможно было от-вратить», — так писал в 1849 году в докладе на имя кавказского

наместника князя Воронцова полевой инженер штабс-капитан Третесский. Третесский предлагал использовать для движения аэростата реактивную силу. Изобретатель был на правильном пути, хотя и не сумел до конца довести разрешение намеченной им идеи.

Под влиянием одной из статей генерала К. И. Константинова военный моряк, капитан 1-го ранга Николай Михайлович Соковнин написал большую работу «Воздушный корабль». Эта работа, опубликованная сначала в России, была потом переведена на английский язык и издана в Лондоне. Соковнин разработал проект реактивного дирижабля, приложив к проекту расчет двигателя.

В 1881 году полиция арестовала студента Петербургского института инженеров путей сообщения Николая Кибальчича (1854—1881). Он обвинялся в покушении на жизнь императора Александра II.

Отважный революционер мечтал о ракетном полете. Схваченный царскими жандармами, он был приговорен к смертной казни. Но Кибальчич не хотел умереть, не поделившись с человечеством своими мыслями.

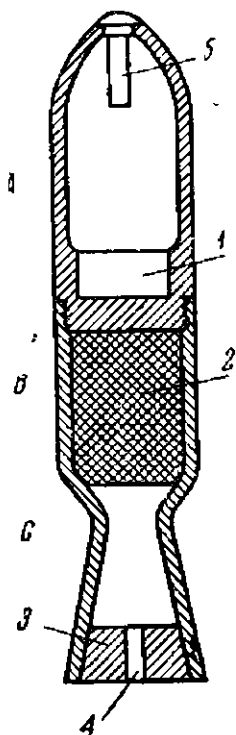
Он просит перо и бумагу. Тюремщики исполняют желание заключенного. Бумажный лист покрывается волнующими строками:

«Находясь в заключении, за несколько дней до своей смерти, я пишу этот проект. Я верю в осуществимость моей идеи, и эта вера поддерживает меня в моем ужасном положении.

Если же моя идея после тщательного обсуждения учеными-специалистами будет признана исполнимой, то я буду счастлив тем, что окажу громадную услугу родине и человечеству. Я спокойно тогда встречу смерть, зная, что моя идея не погибнет вместе со мной, а будет существовать среди человечества, для которого я готов был пожертвовать своей жизнью...».

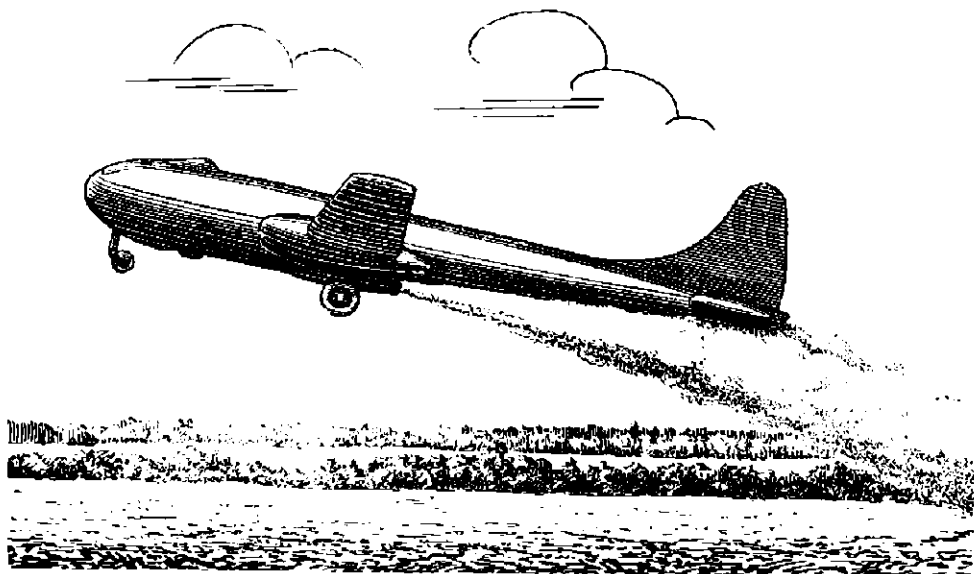
Быстро бежит перо по бумаге. У Кибальчича совсем мало времени, и он спешит ответить на основные вопросы:

«...Какая же сила применима к воздухоплаванию? Такой силой, по моему мнению, являются медленно горящие взрывчатые вещества. ...Представим теперь себе, что мы имеем из листового железа цилиндр известных размеров, закрытый герметически со всех сторон и только в нижнем дне своем заключающий отверстие... Расположим по оси этого цилиндра кусок



Снаряд, устроенный по такой схеме, был на вооружении почти во всех армиях европейских государств XIX века.

А — головка снаряда, В — камера сгорания, С — сопло. В головке помещается взрывной заряд (1), а в камере сгорания — реактивный заряд (2). Сопло закрывается пробкой (3) с отверстием (4), через которое пропускается приспособление для воспламенения реактивного заряда. Эта пробка выбивается пороховыми газами в начале сгорания. Ударная или дистанционная трубка (5) служит для воспламенения взрывного заряда.



Взлет тяжелого бомбардировщика с помощью стартовых ракет.

прессованного пороха... и зажем его с одного из оснований; при горении образуются газы... Если цилиндр оставлен закрытым дном кверху, то при известном давлении газов... цилиндр должен подняться вверх...».

Рука царского жандарма размашисто пишет на проекте: «Давать это на рассмотрение ученых теперь едва ли своевременно и может вызвать только неуместные толки». И лежит замечательный проект Кибальчича в архивах охраны. Лежит до Великой Октябрьской социалистической революции... Мы вспоминаем Кибальчича, когда от земли отрываются тяжелогрузные воздушные корабли — под их крыльями прикреплены реактивные ускорители — пороховые ракеты, сообщающие самолету дополнительную тягу при взлете. Мечта Кибальчича претворилась в жизнь.

Двигатель межпланетных кораблей

То, чего не успел сделать Кибальчич, сделали другие.

В 1903 году в маленьком губернском городе Калуге учитель физики местной гимназии Константин Эдуардович Циолковский (1857—1935) написал небольшую работу, скромно озаглавленную. «Исследование мирового пространства реактивными приборами», — работу, которая вместе с другими трудами Циолковского сделалась настольной книгой всех тех, кто занимается ракетной техникой.

Заинтересовавшись межпланетными полетами, Циолковский пришел к правильному заключению, что единственным двигателем, пригодным для этой цели, является ракета. Но обычная пороховая ракета очень маломощна. Слишком быстро сгорают небольшие запасы пороха

для того, чтобы отправляться не только в космический, но даже в самый обычный атмосферный полет. И Циолковский много внимания уделил вопросу о наилучшем топливе для ракеты. Но мало этого, он подверг глубокому теоретическому анализу механику реактивного движения. Наука подготовила для этого некоторый фундамент. Еще в 1687 году Исаак Ньютон (1642—1727) сформулировал свой знаменитый закон о равенстве действия противодействию, в 1730 году действительный член Российской академии наук Даниил Бернулли в своих сочинениях разобрал вопрос о реакции (отдаче) струи, вытекающей из сосуда. Но это были лишь первые шаги. Циолковский поднял науку о ракетах на новую ступень.

В полете топливо ракеты сгорает, и продукты сгорания выбрасываются из выхлопного отверстия; вследствие этого масса ракеты уменьшается (она уменьшается). Циолковский разрабатывает теорию движения тела с переменной массой, на основе которой можно было рассчитать полет ракеты.

Шаг за шагом углубляется Циолковский в проблему ракетоплавания. Перед ученым вырисовываются контуры межпланетного корабля будущего. Корабль полетит в далекое межзвездное пространство. Полет таит в себе много неизвестного, но корабль готов к трудному пути. В огромных резервуарах разместятся топливо и жидкий окислитель... В головной части корабля — помещение для экипажа. Кислород обеспечит дыхание отважным звездоплывателям, а специальные поглотители очистят воздух кабины от выдыхаемой углекислоты.

В схеме корабля появляются все новые и новые детали. Циолковский фантазирует, но его фантазия опирается на точные расчеты. Если техника не может воплотить эту фантазию в жизнь сегодня, она воплотит ее завтра. Циолковский убежден в этом. Уверенно выводит его рука пророческие слова: «За эрой аэропланов винтовых должна следовать эра аэропланов реактивных».

Страстная убежденность ученого находит отклик в сердцах инженеров. Русский инженер Цандер (1887—1933) развивает дальше идеи своего учителя. Ракетный межпланетный корабль должен пробить земную атмосферу, прорваться через многокилометровый слой воздуха, окутывающего нашу планету. Для того, чтобы сэкономить горючее и разогнать ракету постепенно (а это очень важно, чтобы от резкого возрастания скорости не погибли члены экипажа), Цандер предложил в начале взлета вместо тяги ракетного двигателя использовать винт и снабдить ракету крыльями. Однако за пределами атмосферы крылья становятся мертвым грузом, их можно сбросить, но Цандер решил задачу иначе. Он предложил изготовить крылья из алюминиевых и магниевых сплавов, а когда они станут бесполезным придатком ракеты, их надо отдать «на съедение» двигателю, использовать как топливо.

Инженер обязан проверить свои расчеты. Опыты подтвердили возможность осуществления идеи Цандера.

Циолковский немного не дожид до эры реактивных аэропланов. Но мы уже стоим на ее пороге и являемся свидетелями реактивного полета. Уже поднимаются в воздух первые машины с двигателями, построенными по идее Циолковского. Эти двигатели называют ЖРД —

жидкостные реактивные двигатели. Но называют их так не только потому, что они работают на жидком топливе, а и потому, что они используют для сгорания жидкий окислитель.

Это единственный двигатель, нуждающийся в жидком кислороде. Все другие, начиная от обычного автомобильного или авиационного поршневого мотора и кончая реактивными двигателями иных типов, получают кислород из воздуха.

ЖРД уже нашел практическое применение. Наряду с пороховыми ракетами его успешно используют для облегчения взлета тяжелых самолетов.

Но широко использовать ЖРД для полетов в земной атмосфере нецелесообразно. Слишком «прожорлив» этот двигатель, сжигающий огромное количество топлива.

Во время войны, в лихорадочных поисках нового оружия, немцы приняли на вооружение истребители «Мессершмитт» с ЖРД. Эта машина летала со скоростью 850 километров в час, но боевых успехов не имела. Ее двигатель работал всего 7—9 минут, а остальное время самолет планировал. Скорость его уменьшалась, и он превращался в легкую добычу для истребителей союзной авиации.

Не произвели «коренного перелома» в войне и реактивные снаряды, которые бурно рекламировались Геббельсом как всеуничтожающее скоростное оружие. «Фау-2» сжигали свыше 6 тонн горючего в минуту. Правда, они развивали огромную скорость — свыше 5 тысяч километров в час — и пролетали около 300 километров, но не точно поражали цель, так как прицельность таких снарядов была очень мала, а выпускать их помногу немцы не могли.

Кислород из воздуха

Циолковский мечтал о межпланетных кораблях, но пока мы еще не научились выходить за пределы земной атмосферы. Правда, жаловаться, что в ней уже тесно крылатому человеку, пока еще нельзя. Но, не жалуясь на тесноту, он жалуется на недостаточную скорость: догнав звук, он хочет перегнать его, и тут без реактивного двигателя не обойтись.

Еще в 1929 году профессор Стечкин опубликовал разработанную им теорию реактивного двигателя, но двигателя иного, чем предлагал Циолковский. Имя его ВРД—воздушно-реактивный двигатель.

Зачем возить с собой кислород, когда его достаточно в самой атмосфере? А освобождая самолет от необходимости возить кислород, мы освобождаем тем самым место для горючего. Мысль была очень простая, но

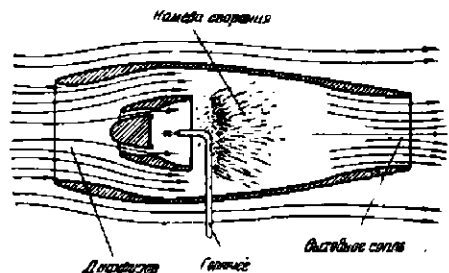


Схема прямооточного реактивного двигателя. Этот двигатель отличается исключительной простотой конструкции.

реализовать ее техника смогла лишь после разработки Стечкиным теории воздушно-реактивного двигателя.

В результате его работ техника получила возможность построить самый простой двигатель на свете, который иногда в шутку называют «летающей трубой».

Как же «труба» может быть двигателем? Чтобы ответить на этот вопрос, посмотрим, как работает такой двигатель на стремительно мчащемся самолете. Его входная часть — диффузор — имеет коническую форму. Благодаря такой форме давление воздуха, попавшего в среднюю часть трубы, называемую «камерой сгорания», повышается, и в этот момент из форсунок впрыскивается топливо. С помощью запальной свечи смесь поджигается. Газы, образовавшиеся при сгорании, сжаты со всех сторон стенками трубы и потоком воздуха, врывающегося в двигатель. Лишь один путь, через выходное отверстие, остается открытым. С огромной скоростью устремляются газы наружу. Скорость их гораздо больше скорости воздуха, входящего в трубу. Вследствие разницы в скоростях поток раскаленных газов, вылетая, создает силу реакции, которая стремительно движет самолет вперед.

На основе теории профессора Стечкина можно создать отличный двигатель. Поток воздуха, попадающий в его входное отверстие, не только снабжает его кислородом, но и создает повышенное давление в камере сгорания. Чем больше скорость полета, тем больше это давление и тем больше коэффициент полезного действия двигателя.

При полете на обычных скоростях в 600—800 километров в час ПВРД (буква П означает прямоточный или простейший) будет работать плохо. Коэффициент его полезного действия будет низок, и много топлива сгорит зря. Двигатель потребует горючего в 10 раз больше, чем обычный поршневой авиамотор.

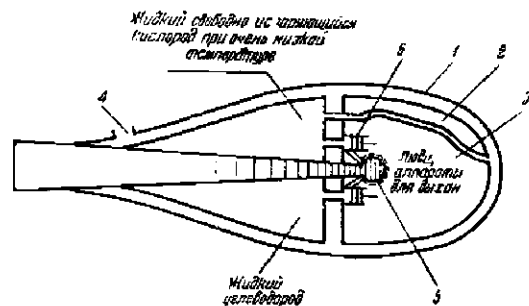


Схема жидкостной ракеты К. Э. Циолковского. Один из вариантов, предложенный им в 1915 г. В нем предусмотрены: двойной корпус для охлаждения, рули для управления ракетой и насосы для подачи горючей смеси в камеру сгорания. 1 и 2 — оболочки корпуса; 3 — труба, по которой в пространство между оболочками из камеры испарения подводится испаряющийся жидкий кислород, который затем уходит в атмосферу через отверстие 4; 5 — камера сгорания; 6 — насосы, питающие камеру сгорания.

Но когда самолет с ПВРД полетит быстрее звука — со скоростью 1500—2500 километров в час, — двигатель будет расходовать горючее так же экономно, как обычный поршневой авиамотор.

ПВРД обладает качеством, о котором мечтает конструктор любой машины: он очень прост и очень легок, примерно в 10 раз легче поршневого двигателя, который тянет самолет с такой же силой. Мало того, этот двигатель не имеет вращающихся частей, а вращающиеся части означают износ деталей и сокращение срока службы двигателя.

Вот сколько хороших качеств оказалось у «летающей трубы». Однако...

Чтобы заставить этот двигатель работать, нужно, чтобы через него протекал поток воздуха. А для этого самолет с таким двигателем надо предварительно разогнать до скорости 500—600 километров в час, только тогда начнет работать ПВРД. При малых скоростях двигатель не в состоянии создать тягу и горит, как простая паяльная лампа.

Есть и другой недостаток у этого двигателя. Для работы его нужен воздух, поэтому самолет с «летающей трубой» высоко не заберется. Двадцать километров — это уже практически предельная высота, так как разреженность верхних слоев атмосферы мешает такому двигателю создать достаточную для полета тягу.

Компрессор и турбина

Как же помочь «летающей трубе»?

Как заставить самолет с ВРД самостоятельно, без дополнительных двигателей, оторваться от земли?

И на эти вопросы отвечают современная наука и техника. Уже существуют воздушно-реактивные двигатели, работающие независимо от скорости полета. Такие двигатели называют ТРД — турбореактивный двигатель. Если бы мы захотели познакомиться с его конструкцией, то увидели бы знакомую нам «летающую трубу», внутри которой на одном валу разместились компрессор и турбина.

Чтобы получить хорошие результаты, «летающей трубе» нужно было летать очень быстро. Только тогда достаточно сильно сжимается поступающий в нее воздух. В турбореактивном двигателе специальное устройство (компрессор) избавляет нас от этой необходимости.

На отправляющемся в полет самолете с турбореактивным двигателем включают стартер — устройство для запуска.

Стартер раскручивает двигатель, и, несмотря на то, что самолет неподвижно стоит на земле, компрессор начинает засасывать и сжимать воздух. Сжатый воздух смешивается с топливом. Запальная свеча поджигает смесь. Двигатель начинает работать. Самолет бежит по полю аэродрома. Теперь можно выключить стартер и подниматься в воздух.

Что же происходит внутри двигателя?

Компрессор сжал воздух и подал его в камеру сгорания. Смесь воспламенилась и стала выходить наружу. Но на пути продуктов сгорания стоит турбина. Горячие газы попадают на ее лопатки. Сила реакции газов, возникшая на лопатках колеса турбины, заставляет его вращаться.

Но на одном валу с турбиной установлен компрессор. Турбина вращается, значит, вращается и компрессор, а вращение компрессора помогает ему сжать новые порции воздуха.

Так совместно работают компрессор и турбина, заботливо помогая друг другу. Турбореактивный двигатель сложнее «летающей трубы», но все же он гораздо проще и легче обычного поршневого авиадвигателя, в этом его безусловное достоинство. К тому же он не требует высоко-

сортного топлива, скромно довольствуясь обычным керосином или другим топливом, например, угольной пылью, которая явно непригодна для работы обычного поршневого авиадвигателя.

Что же мешает заменить поршневый двигатель турбокомпрессорным? И всегда ли это нужно? Почему же не дают отставку поршневому мотору, который так долго и честно потрудился для авиации? Оказывается, что не так-то просто это сделать. Десятки различных специалистов принимают участие в изготовлении реактивного двигателя, но не все разделы техники находятся на одинаковом уровне развития, и то, что казалось наиболее простым, создало некоторые осложнения.

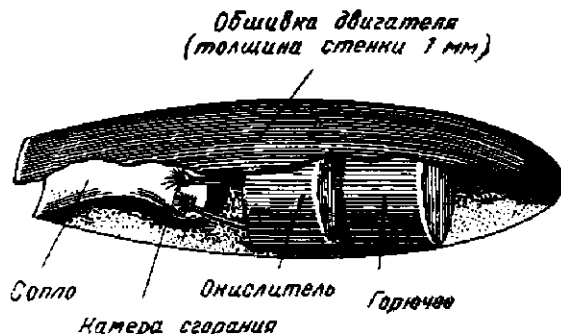


Схема жидкостного реактивного двигателя. Компоненты горючей смеси — топливо и окислитель — располагаются раздельно и вне камеры сгорания. Для подачи их в камеру сгорания сделано специальное устройство.

Немного задержались металлурги. Им приходится решать очень сложную задачу. Лопатки колеса турбины тонки, а температура проходящих через них газов очень высока. Лопатки надо изготовить из жаростойкого металла, иначе они обгорят и двигатель выйдет из строя. Может случиться и другая неприятность: под действием температуры лопатки потеряют прочность. Это тоже никуда не годится.

Но все же металлурги переламывают упрямство металла. Они вводят в состав стали различные добавки — никель, хром, марганец и другие... Комбинируя эти добавки, они создают жаропрочную сталь. Все больше успехов в этой борьбе. Все больше и больше самолетов с ТРД поднимается в воздух.

Но все же этот двигатель еще несовершенен. Самолеты с ТРД развивают скорость до 1000 километров в час. Они уже совсем вплотную подошли к скорости звука, но... И тут не обошлось без «но». Если самолеты с обычными поршневыми моторами, приводящими во вращение воздушные винты, могут пролететь расстояние до 15 тысяч километров, развивая в таком полете скорость в 350—400 километров в час, то самолеты с турбореактивными двигателями, имеющие такой же полетный вес, обгоняют обычные самолеты, но пролетают значительно меньшее расстояние.

Столкнувшись с этим неприятным фактом, инженеры задались целью создать такой двигатель, который позволил бы летать дальше,

чем с турбореактивным, но быстрее, чем с поршневым мотором. И эту задачу осуществили современная наука и техника.

Турбореактивный двигатель был объединен с винтом. На тот же вал, где сидели компрессор и турбина, добавили еще и воздушный винт, такой же точно, как и в обычном авиамоторе. Что же получилось?

Большую часть мощности, развиваемой турбиной, потребляет винт, а остатки расходуются на вращение компрессора, то-есть на создание реактивной тяги. Так работает двигатель на малых скоростях полета, а когда скорость самолета возрастает, картина меняется: теперь основная тяга — это сила реакции, а винт становится ее помощником.

Самолеты с турбовинтовым двигателем летают дальше, чем с турбореактивным (дальность их полета составляет несколько тысяч километров), и быстрее, чем с обычным поршневым двигателем, развивая в среднем скорость в 700—800 километров в час.

Второе рождение боевой ракеты

В Великой Отечественной войне большую роль сыграли наши реактивные снаряды, ласково прозванные нашим народом «кастюшами».

Боевая ракета Константинова и современный ракетный снаряд принципиально не отличаются друг от друга. Но современная техника сделала РС настолько мощными, что массовое применение их на сравнительно малых расстояниях позволило устранить главный недостаток ракеты — малую прицельность. РС поражают целые площади, поэтому точность стрельбы не играет здесь большой роли.

Боевая ракета обладает качеством, которого нет ни у одного другого оружия. Она сама себя движет; это как бы одновременно и снаряд и пушка, поэтому сила отдачи, которая иногда приносит большие неприятности при стрельбе из пушек, совершенно не ощущается установкой для запуска РС. Это позволяет пехотинцу с плеча запускать ракетные снаряды, не уступающие по калибру пушечным.

Отсутствие отдачи раскрыло невиданные технические и тактические возможности. Ракетные снаряды стали устанавливать там, где пользоваться пушками или минометами было неудобно: на автомашинах, танках и даже на самолетах. Это не значит, что самолетные и танковые пушки были сняты с вооружения, но они получили мощного союзника.

«Шварцер тод» (черная смерть) — так прозвали немцы самолет-штурмовик, созданный советским конструктором Ильюшиным. Реактивное оружие, установленное на штурмовике, наводило ужас на фашистские войска.

Установка для запуска РС — очень нехитрое устройство: легкие стальные трубы или балки, по которым скользит снаряд, и приспособления для прицеливания и производства выстрела. Ракета устанавливается на направляющих (в большинстве случаев таких ракет бывает несколько), включается электрический запал, и серия смертоносных снарядов уходит в воздух.

Винтовые нарезы в канале ствола орудия заставляют снаряд вращаться

щаться вокруг своей оси во время полета. Это повышает точность стрельбы. Но можно заставить вращаться и летящую ракету. Для этого достаточно поставить на ракету винтообразное оперение или же снабдить ее дополнительными боковыми выхлопными отверстиями, которые сообщают ракете вращательное движение.

Когда окончилась Великая Отечественная война, для ракеты открылось новое поле деятельности. Ее используют для изучения верхних слоев атмосферы. Уже сегодня ракета может забираться на высоту до 180 километров. Да не просто подняться, а унести с собой различные приборы, которые либо автоматически запишут свои показания и затем спустятся на парашюте, либо передадут их по радио на землю. С помощью ракет люди сделали удивительные открытия. Еще совсем недавно полагали, что выше 11 километров температура воздуха составляет минус 56,5°, а ракеты опровергли это суждение, и теперь известно, что на высоте 100—120 километров есть теплые зоны, где температура составляет около 100° выше нуля.

С помощью ракет можно исследовать высокие слои атмосферы и узнать не только их температуру, но и состав весьма разреженных газов, определить интенсивность излучения Солнца, магнитные и электрические силы, а при хороших атмосферных условиях даже производить цветную фотосъемку Земли и неба (такие опыты уже производились). Приборы, поднятые ракетой, опускались с помощью обычного парашюта.

О двигателях, которые не называются реактивными

Вряд ли кому-нибудь придет в голову назвать реактивным обычный поршневый авиамотор. Но между тем он немаловажен без реактивной силы. Почему? Прежде всего уясним себе, что происходит при его работе. Пищей двигателю служит бензин. В бензине скрыта химическая энергия. При горении она превращается в энергию тепловую. Значит, прежде всего, мотор является «печкой». Но нам вовсе не нужно его тепло, нам нужна механическая работа. Двигатель создает работу, расходуя для этого тепловую энергию. Под давлением продуктов сгорания поршень движется, приводит во вращение вал. Вал двигателя вращается. Опять-таки этого недостаточно. Нам надо, чтобы двигатель создал силу тяги, а он «создает» только вращение.

Тогда возникает новый вопрос: как же движется самолет? На самолете с обычным поршневым авиамотором мы всегда имеем гребной винт (пропеллер). Он-то и создает движение. Поэтому винт часто называют двигателем. Лопастей винта в своем вращении загребают воздух (за это винт и называют гребным) и отбрасывают его назад. Реакция отброшенного воздуха создает силу тяги, ту самую силу, которая движет самолет вперед. Значит, без реакции не улетишь, даже если двигатель и не реактивный.

Но реактивную силу за последние годы стали использовать в поршневом моторе еще шире. И вот как это произошло. Когда смесь бензина с воздухом сгорает в цилиндре двигателя, она толкает поршень. Поршень вращает вал, а продукты сгорания, выполнив свою

работу, выбрасываются в атмосферу. Эти отработанные газы инженеры тоже пустили в дело. Путем особой конструкции выхлопной системы их заставили создавать реактивную силу, которая, добавляясь к тяге винта, увеличивает ее.

Однако этим делом не кончилось. Авиационные конструкторы — изобретательные люди. Они работают над очень интересной задачей — задачей превращения врага в союзника. Как мы уже рассказали раньше, поршневый мотор сильно нагревается в процессе работы. Большая часть тепловой энергии превращается в полезную работу, однако часть тепла вредит двигателю, излишне нагревая его. Для охлаждения используют либо воздух, с которым двигатель встречается в полете, либо

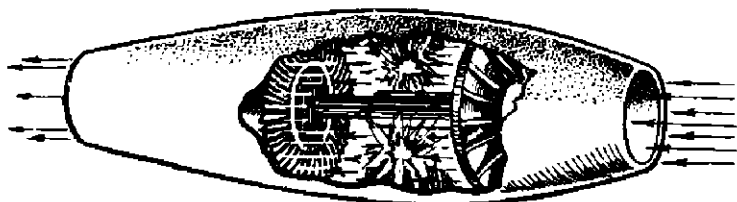


Схема турбокомпрессорного воздушно-реактивного двигателя (ТКВРД).

Входящий в двигатель воздух сжимается компрессором и подается в камеру сгорания, в которую под давлением впрыскивается горючее. Вырывающиеся из камеры сгорания газы воздействуют на лопасти турбины, вращающей компрессор. Выходя через сопло, мощная струя газов создает реактивную силу, двигающую самолет.

жидкость. При воздушном охлаждении создаются большие силы вредного сопротивления, так как цилиндры мотора, расположенные звездобразно, мешают воздуху обтекать самолет. Поэтому на скоростных машинах с поршневым двигателем используют жидкостное охлаждение, цилиндры располагают в ряд (один за другим), а мотор одевают в специальную металлическую «рубашку». Между мотором и стенками этой рубашки протекает жидкость, поглощающая вредное тепло. Но жидкость быстро нагревается, и для нормальной работы двигателя она должна отдать полученное ею тепло воздуху, обтекающему самолет. Для этого жидкость из рубашки перетекает в специальное устройство — радиатор. Труба, по которой течет жидкость, подводится к плоскому металлическому ящику. Этот ящик несколько напоминает пчелиные соты. Его прорезает насквозь множество трубок. По трубкам, омываемым жидкостью, течет воздух. Так как трубок много, то поверхность их очень велика, а это способствует охлаждению. Это и есть радиатор сотового типа.

Долгое время радиатор был врагом конструктора. Неуклюжим ящиком висел он под фюзеляжем или под крылом самолета, увеличивая вредное сопротивление машины. Сопротивление радиатора было настолько большим, что на его преодоление затрачивалась почти третья часть мощности двигателя.

На современном самолете мы не увидим таких неуклюжих ящиков. В наше время конструкторы используют так называемые тоннельные радиаторы. Неприятный ящик спрятан в тоннель, расположенный в крыле или фюзеляже. Очертание этого тоннеля весьма напоминает

очертание «летающей трубы» — прямооточного воздушно-реактивного двигателя. Но на этом сходство не кончается. Тоннельный радиатор — это один из самых примитивных, самых элементарных реактивных двигателей. Здесь, правда, не происходит сгорания топлива, но за счет тепла жидкости воздух нагревается, а нагревшись, выходит из тоннеля быстрее, чем входит в него. Тяга, создаваемая тоннельным радиатором, очень невелика. Для того, чтобы она была ощутимой, надо на-

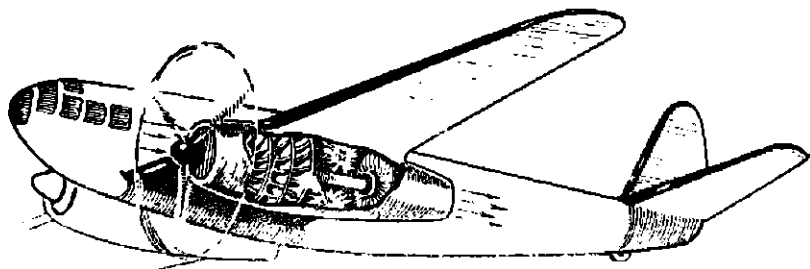


Схема турбокомпрессорного винтового воздушно-реактивного двигателя (ТКВВРД).

Этот двигатель, снабженный воздушным винтом, лучше работает на малых скоростях (во время взлета) и имеет меньший расход горючего.

греть воздух не меньше, чем до 100° , но все же расчетливое проектирование радиаторов позволяет с их помощью снизить величину вредного сопротивления.

Состязание двигателей

Состязания двигателей мало похожи на спортивные соревнования. Судьям очень трудно присудить здесь первое место. Различные двигатели слишком разнородны по своим качествам для того, чтобы можно было легко сравнивать их между собой. Но все-таки итоги подвести нужно. Нужно ответить на целый ряд вопросов, вытекающих из сравнения различных двигателей.

Умер ли обычный поршневый авиадвигатель? Нет, не умер. Он понадобится в гражданской авиации для полетов со скоростями в 700—800 километров в час до высоты около 10 километров и в военной — для самолетов большой дальности, а также для спортивных и туристских машин.

Но там, где нужно летать быстрее, там не обойтись без реактивных двигателей. Эти двигатели имеют гораздо большую «пропускную способность», чем обычный авиационный мотор, то-есть за одно и то же время в РД сгорает большее количество горючего, чем в поршневом моторе. Большее количество топлива, сгорающего в короткое время, позволяет развивать большую мощность, отсюда и высокие скорости полета.

Мы уже говорили, что обычный поршневый двигатель немислим без винта. Но на больших скоростях полета винт причиняет огромные неприятности, он «выбивается из сил», создаваемая им тяга умень-

шается. Винт слабеет потому, что концы его лопастей, движущиеся с большой скоростью, сжимают воздух, на что расходуется некоторая дополнительная мощность двигателя¹.

В авиации будущего найдется место и для турбовинтового двигателя, который позволяет летать быстрее обычного поршневого мотора.

Изгнав из употребления винт, реактивный двигатель одержал большую победу: самолеты полетели с большими скоростями, уменьшился вес машин, уменьшилась высота шасси, пилоту стало удобнее смотреть вперед, стало легче стрелять вперед, так как исчезла необходимость согласовывать число оборотов винта с числом выстрелов пулемета, и так далее...

Реактивная авиация — это уже наш сегодняшний день. Вот что рассказывает газета «Правда» о параде реактивных самолетов на Тушинском аэродроме 25 июля 1948 года.

«Заслуженный восторг аудитории вызывает полет реактивного самолета, сконструированного г.т. Микояном и Гуревичем. Петли, иммельман, переворот, горку — весь комплекс фигур высшего пилотажа на этой замечательной машине выполняет капитан тов. Фатеев.

Подобно молнии проносится еще один реактивный самолет. Он сконструирован тов. Яковлевым.

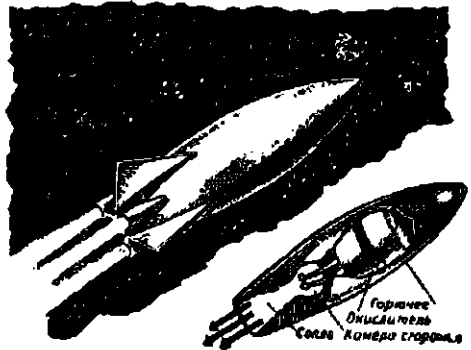
Полковник тов. Полунин поднимает этот самолет с небольшой высоты до заоблачных просторов, вращает его вокруг оси, ведет вниз, продолжая вращение...

Целый каскад сменяющихся фигур высшего пилотажа исполняет на третьем реактивном самолете подполковник тов. Антипов. В считанные доли секунды самолет, послушный воле летчика, взлетает в поднебесье, снова кружит над аэродромом и вдруг исчезает.

В небе — новый реактивный самолет тов. Яковлева. В кабине его — подполковник тов. Прошаков. Полет на спине, вверх колесами. Самолет ввинчивается в небо почти под прямым углом...

Советские люди с законной гордостью следят за полетом реактивных самолетов, идея создания которых принадлежит русским ученым. Ее выдвинул гениальный Циолковский, ее разработали и воплотили в жизнь советские конструкторы. Первый в мире полет на реактивном самолете совершил советский летчик».

Но, одержав столь блистательную победу, реактивный двигатель еще далек от совершенства. При всех своих достоинствах (простота конструкции, малый вес, малые размеры) он все свободен от недостатков, самый



Возможный вид реактивного космического снаряда

¹ Физическая картина этого явления напоминает то, что происходит с крылом самолета (см. статью «Быстрее звука»).

серьезный из которых — неэкономичность. Слишком много топлива съедает он в процессе работы. Особенно это относится к ЖРД, расходующему при малых скоростях почти в 10 раз больше топлива, чем поршневой двигатель.

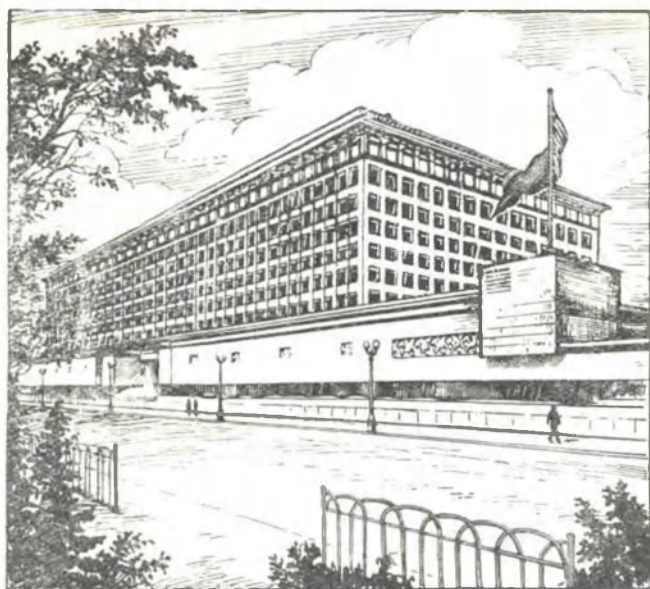
Экономичность различных типов РД разная, и это заставляет очень осторожно подходить к их выбору. Там, где лететь надо подешевле и подальше, будут использованы турбокомпрессорные и турбовинтовые двигатели. Скорости в 900—1000 километров в час и высота в 12—14 тысяч метров — вот целесообразные возможности этих двигателей.

Обогнать звук предстоит машинам с ПВРД — «летающей трубой», но так как этот двигатель не может работать без воздуха, то за пределы атмосферы на нем не улетишь. Выше 20 километров «летающей трубе» подняться трудно. Разреженный воздух в верхних слоях атмосферы заставляет ее «задохнуться».

За пределы атмосферы выйдут аппараты с ЖРД. Воздух не нужен таким машинам, он лишь препятствует их продвижению, создавая силу сопротивления. Скорость самолетов с ЖРД практически безгранична.

Развиваться будут все типы РД. Все они нужны авиации, и скоро с их помощью самолетостроение сделает еще больший скачок вперед, чем несколько десятков лет назад, когда место неуклюжих «этажерок» заняли красивые обтекаемые машины.





Краснознаменная ордена Ленина и ордена Суворова
I степени Военная академия имени М. В. Фрунзе.

*Доктор технических наук, профессор С. И. Зоншайн
М. С. Арлазоров*

БЫСТРЕЕ ЗВУКА

Диссертация, опередившая время

ШЕЛ 1902 ГОД. Еще не поднимались в воздух первые самолеты, но уже создавалась наука о полете. Более того, передовые ученые уже изучали вопросы движения со сверхзвуковыми скоростями. Именно этим проблемам была посвящена диссертация Сергея Алексеевича Чаплыгина, которую он защищал в стенах Московского университета. Почти на столетия опередил Чаплыгин запросы практики, так как только в наши дни, когда скорость самолетов приблизилась к скорости звука, теория, разработанная Сергеем Алексеевичем еще в 1902 году, смогла найти практическое применение.

Теория Чаплыгина, развитая и дополненная его учениками, дала возможность понять, что происходит с самолетом при больших скоростях полета, позволила наметить пути преодоления трудностей, возникших перед конструкторами самолетов, когда скорость полета приблизилась к скорости звука. А трудности оказались не малыми. Чем ближе была скорость самолета к скорости звука, тем сильнее возрастало сопротивление, возникавшее при продвижении самолета в воздухе. До-

стижение каждого лишнего километра скорости требовало затраты огромной дополнительной мощности. Достаточно сказать, что истребитель с мотором в 3 000 лошадиных сил, развивающий скорость около 800 километров в час, для полета с околосвуковой скоростью (скорость распространения звука в воздухе 1200 километров в час) должен был бы иметь двигатель в 30 000 лошадиных сил.

Резкое увеличение мощностей, необходимых для полета, подсказало ученым, что полет со скоростью звука и с еще большей скоростью чем-то отличается от полета на малых и средних скоростях.

В чем же тут дело? И почему полет самолета оказался связанным со скоростью звука?

Звук и самолет

Для ответа на эти вопросы выясним сначала, что такое звук. Мы слышим, то-есть воспринимаем, звуки в результате воздействия на наш орган слуха колебаний воздуха.

Но как возникают эти колебания? Каковы они? Как достигают они нашего уха? Попробуем разобраться в этих вопросах. Вообразим источник звука (скажем, гитару). Легко наблюдать, как колеблется струна от удара. Эти колебания происходят в воздухе, и очевидно, что колеблющаяся струна должна неминуемо расталкивать частицы воздуха (его молекулы). Молекулы, получившие толчок, налетают на соседние, сближаются друг с другом, и в этом месте плотность воздуха оказывается больше. Возрастает и давление.

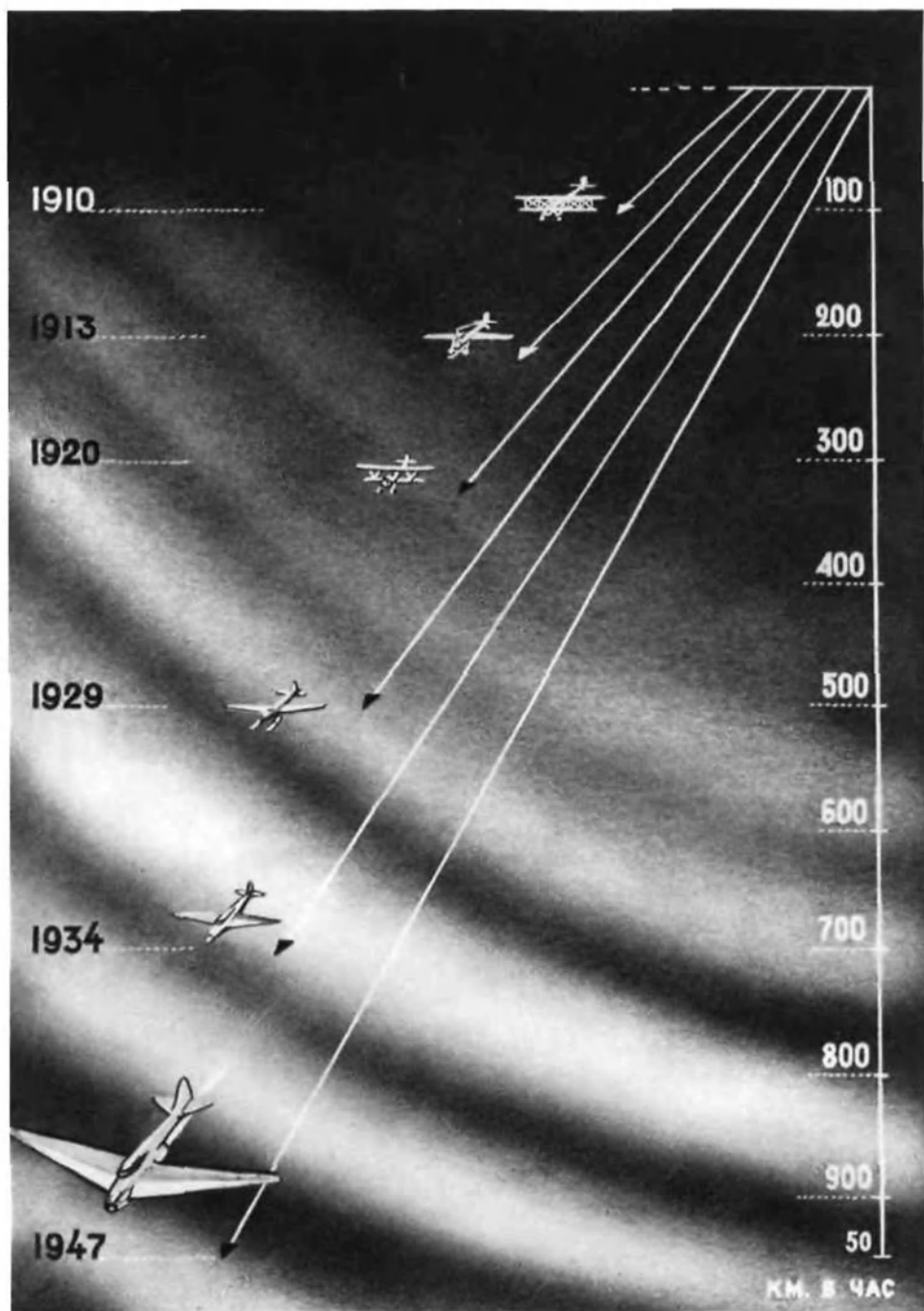
Но молекулы не остановили своего движения, не остались в покое, словно по эстафете передают они свою энергию соседям, и сжатыми оказываются частички воздуха, лежащие все дальше и дальше от источника возмущения (в данном случае от струны гитары). За сжатием следует разрежение, а каждое новое колебание струны создает все новые сжатия и разрежения. Воздух колеблется вслед за струной. По воздуху одна за другой как бы бегут волны. Мы называем волнами сжатия и расширения воздуха, потому что они сменяют друг друга подобно волнам от брошенного в пруд камня, где на поверхности воды за гребнем волны всегда следует впадина.

Давление распространяется в воздухе во все стороны одинаково, поэтому звуковые волны побегут во все стороны с одинаковой скоростью и примут форму шаров (сфер), образующихся вокруг источника звука и увеличивающихся в диаметре по мере движения волны. Итак, звук мы слышим в результате колебаний воздуха, распространяющихся со значительной скоростью. И замечательно то, что скорость распространения звука не зависит от его характера. Высокий ли, низкий ли звук, слышит ли наше ухо колебания или нет (а слышим мы колебания воздуха, если их не менее 16 в секунду и не больше 20 000), скорость их одинакова.

От чего же зависит скорость звука? Она зависит, прежде всего, от среды, в которой он распространяется. В воздухе у самой земли скорость звука составляет около 1200 километров в час, а в резине едва достигает 180 километров в час. По стеклу звук бежит со скоростью 20 000 километров в час.



Возможные конструкции сверхзвуковых самолетов ближайшего будущего.



С развитием авиации скорость самолетов неизменно возрастала. К 1947 г. она уже приблизилась к скорости звука.

Но скорость звука зависит не только от того, в какой среде распространяется звук, но и от состояния этой среды, в частности от ее температуры. Чем выше температура, тем быстрее побежит звук, а так как с подъемом на высоту температура воздуха падает, то соответственно уменьшается и скорость звука. Все, что мы рассказали о звуковых колебаниях, сохраняется в силе для колебаний любой частоты, даже если ухо этих колебаний и не услышит.

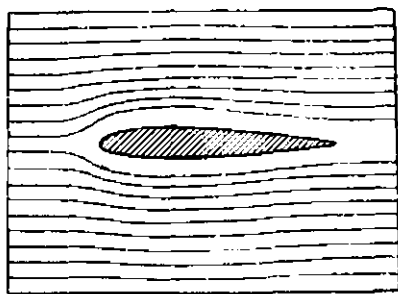
Наше знакомство с возмущениями воздуха началось со струны. Но струна находилась на месте и возмущала спокойный воздух, колеблясь около своего среднего состояния. Иная картина будет при полете самолета. Самолет не колеблется, но он не стоит на месте. Он находится в движении и, перемещаясь в воздухе, расталкивая при этом его частицы, является источником возмущений. Летящий самолет создает возмущения, подобно тому, как создает возмущения — воздушные волны — находящаяся на месте, но дрожащая, колеблющаяся струна.

Колебания воздуха, создаваемые самолетом, мы не всегда слышим, но они существуют, и если бы мы сумели специальным аппаратом заснять их, то нам представилась бы следующая картина: от самолета, как и от струны, бегут волны в виде огромных шаров (сфер). Но каждая последующая волна исходит из новой точки (ведь самолет не стоит на месте!). Поэтому последующие сферы по отношению к предыдущим смещаются вперед, по направлению полета, стремясь сблизиться своими передними частями.

На малой скорости это сближение почти неощутимо (самолет не может догнать волны, бегущие со звуковой скоростью). Но если самолет полетит быстрее звука, он обгонит созданные им волны. Каждое новое возмущение будет рождаться за пределами сфер, возникших ранее и оставшихся позади. Накладываясь друг на друга, эти сферы образуют гигантский конус. Подобно невидимому шлейфу, протянется он за самолетом. Этот конус называют волной Маха. Так как он получился в результате слияния сфер распространения колебаний, его поверхность разделяет возмущенный воздух, который находится внутри конуса, от спокойного, невозмущенного воздуха.

Продумаем сущность явлений, о которых мы рассказали: энергия, развиваемая двигателем, привела в движение самолет. Самолет, взаимодействуя с воздухом, преодолевает его сопротивление и создает возмущения, расходуя на это энергию, полученную от двигателя. Воздух впереди самолета, летящего быстрее звука (то-есть воздух впереди конуса Маха, воздух невозмущенный), никакой энергии не поглощает. Ее поглощает только воздух возмущенный, находящийся внутри конуса Маха. Он-то и уносит энергию, полученную самолетом от двигателя.

В действительности волна Маха не совсем конус. Она была бы конусом, если бы самолет вызывал только звуковые колебания, которые поглощают незначительную часть энергии двигателя. Но при полете со сверхзвуковой скоростью самолет так сильно уплотняет воздух впереди себя, что возникает более мощное возмущение, чем звуковое, — ударная волна, или, как ее иначе называют, «скачок уплотнения». Скачок уплотнения в виде колпачка размещается в головной части волны Маха и, постепенно размываясь, переходит в нее.



Обтекаемое тело, движущееся с малой скоростью. Струи воздуха изгибаются «уступая» дорогу крылу. Изгибание струй вызывается волной, создаваемой кромкой крыла.

значительного увеличения сопротивления самолета при полете на больших — звуковых и сверхзвуковых — скоростях.

Скачок — враг самолета

Скачок уплотнений, возникнув, значительно увеличивает сопротивление, испытываемое самолетом. Именно скачок уплотнений оказался виновником трудностей, возникающих, когда скорость полета приближается к скорости звука. Поэтому с его свойствами надо ознакомиться подробнее.

Представим себе трубу, в которой движется поршень. Если двигать поршень медленно, плавно, то он просто будет вытеснять воздух из трубы. Иное явление произойдет, если поршень получит короткий резкий удар. Тогда он столь же резко сожмет ближайший к нему слой воздуха.

Давление в этом слое возрастет и пойдет вперед, передвигаясь от слоя к слою. Вдоль трубы побежит ударная волна, гораздо более мощная, чем волна звуковая.

Частицы воздуха в сжатом слое тесно сблизятся. Воздух сожмется. Давление в этом слое будет резко отличаться от давления остальной массы воздуха в трубе. Скачок уплотнений (ударная волна) мчится по трубе с огромной скоростью, превышающей скорость звука.

Воздух, уплотненный в скачке, действует на окружающую массу воздуха в трубе подобно твердому поршню насоса, то-есть сжимает воздух впереди себя и подсасывает за собой. Очевидно, что сжимаемый скачком воздух мешает его продвижению вперед; точно так же и разрежение за скачком препятствует его перемещению.

В результате такого воздействия окружающего воздуха на скачок он затухает. Незатухшая ударная волна (скачок уплотнений) будет существовать лишь до тех пор, пока источник возмущения, вызывающий ее появление, продолжает действовать.

В нашем примере скачок не затухнет, если резкие удары по поршню будут следовать друг за другом непрерывно, то-есть придется

Скачок уплотнения перемещается вместе с самолетом. Он постепенно переходит в волну Маха, которая, как мы уже сказали, «шлейфом» тянется за самолетом. Но если звуковая волна поглощает незначительную долю энергии, то скачок уплотнения, создающий неизмеримо более сильное возмущение, поглощает и неизмеримо большую часть энергии.

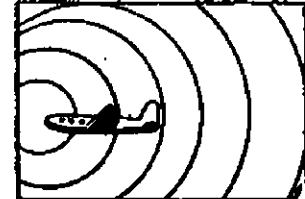
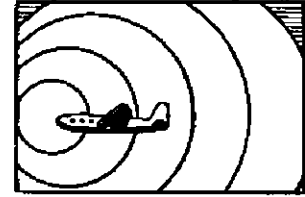
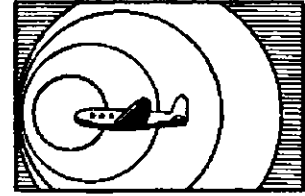
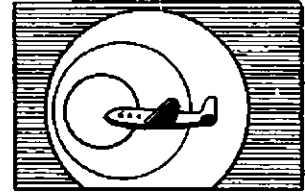
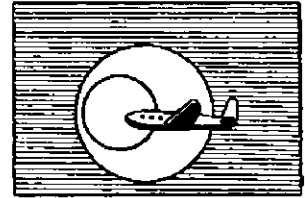
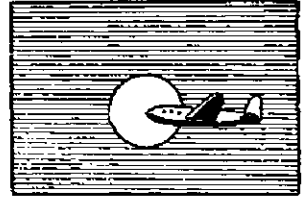
Если измерить давление скачка, окажется, что оно резко отличается от давления воздуха перед ним. Давление возрастает внезапно, скачкообразно, — отсюда и название «скачок уплотнений». Он-то и является причиной зна-

непрерывно затрачивать энергию на осуществление этих ударов. Подобное явление возникает и на самолете, летящем со сверхзвуковой скоростью. В этом случае перед самолетом возникает незатухающая ударная волна — скачок уплотнений, перемещающийся с той же скоростью, что и самолет. При малых скоростях полета сжимаемость воздуха очень мала, и скачок не возникает. Самолет, летящий со сверхзвуковой скоростью, непрерывно сжимает воздух и тем самым поддерживает возникший перед ним скачок. Но на поддержание скачка приходится расходовать дополнительную энергию. Затраты дополнительной энергии убедительно говорят о том, что сопротивление самолета, скорость которого перешагнула «звуковой порог», возросло, и притом значительно.

Подчеркнем еще раз, что скачок появляется только при больших скоростях полета. Если самолет летит медленно, он почти не сжимает воздух и лишь раздвигает его при своем движении вперед.

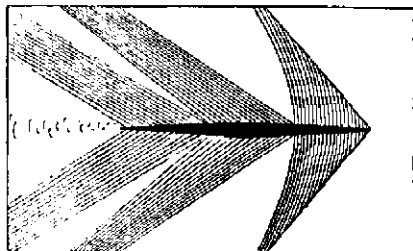
Посмотрим, как происходит обтекание самолета воздухом при малых скоростях полета.

Самолет летит. Скорость его полета невелика. Возмущения, возникающие в точках соприкосновения самолета с воздухом, убегают далеко вперед со скоростью звука. Возмущения, созданные самолетом, как бы заранее предупреждают воздух перед ним о «скорой встрече». Получив такой «сигнал», воздух раступается, плавно обтекая самолет, и сопротивлению оказывается малым. Оно создается в основном за счет трения самолета о воздух. Но вот скорость самолета достигла 700—800 километров в час, и картина обтекания меняется. Струйки воздуха, обтекая криволинейные поверхности крыльев, фюзеляжа, оперения и других частей, движутся быстрее самолета, — тем быстрее, чем больше кривизна поверхности. Очевидно, что в наиболее выпуклых местах скорость отдельных струек может достигнуть скорости звука задолго до того, как ее достигнет самолет.



Начав двигаться, самолет толкает молекулы воздуха, и от этого во все стороны бегут сферические волны. Через секунду диаметр первой волны значительно увеличивается, а самолет перемещается вперед, и следующая волна возникает уже не там, где возникла первая. Все сферы своими передними частями сближаются друг с другом.

Понятно, что в тех местах, где будет достигнута местная скорость звука, возникнут местные скачки уплотнений и сопротивление самолета возрастет. Опыты подтвердили это. Так, например, удалось сфотографировать скачок, возникший на крыле, вдали от его передней кромки, в той точке, где местная скорость достигла звуковой, в то время как скорость всего самолета не превышала 750 километров в час.



При движении тела со сверхзвуковой скоростью оно обгоняет звуковые волны, которые возбуждаются при его движении. Границы сферических волн образуют конус.

Когда полет происходит со сверхзвуковой скоростью, то возмущения, вызванные самолетом, не успевают уйти вперед и «предупредить» воздух о предстоящей встрече с самолетом. Так как возмущения распространяются со скоростью звука, а самолет летит со сверхзвуковой скоростью, он обгоняет их, и они не могут выйти за пределы конуса Маха. Таким образом, воздух оказывается возмущенным только позади самолета. Непосред-

ственно перед самолетом воздух сильно сжимается. Образуется скачок уплотнений. Скачок движется вместе с летящим самолетом, он как бы прилипает к нему и подобно гигантской гребенке прочесывает воздух, сквозь который мчится самолет. Потери энергии на это «прочесывание» значительны. Так как энергия при движении затрачивается на преодоление сопротивления, то возрастание затраты энергии говорит о возросшем сопротивлении. От двигателей самолета требуется большая дополнительная мощность, чтобы преодолеть дополнительное сопротивление, называемое волновым. Что же происходит в скачке?

Молекулы воздуха в скачке плотно прижались друг к другу. Если продолжить сравнение скачка с гребенкой, то можно сказать, что воздух прочесывается очень частой гребенкой. В этот момент молекулы встречного воздуха, проходящие через скачок, напоминают человека, стремящегося пробраться через переполненное помещение. Продвигаясь через плотные ряды сблизившихся молекул в скачке, воздух нагревается, а на нагрев приходится расходовать энергию. Единственным же источником энергии на самолете является его двигатель.

И вот, когда скорость самолета близка к скорости звука, волновое сопротивление пожирает три четверти мощности двигателя.

Как победить скачок

Мы нашли врага. Враг скоростного самолета — скачки уплотнений. И сразу же возникает вопрос: а нельзя ли от них избавиться? Ведь избавиться от скачков уплотнений — это значит избавиться от волнового сопротивления, которое прожорливо поглощает большую часть мощности двигателя. Как мы видели ранее, местные скачки уплотнений на отдельных частях самолета могут возникнуть уже при скорости полета в 700—750 километров в час. Таких скачков можно

избежать, если сделать очертания частей самолета более пологими, более плавными. Эти мероприятия дают возможность летать без волнового сопротивления до скоростей порядка 1000 километров в час и даже немного более.

Но при полете со сверхзвуковой скоростью скачки обязательно будут, так как самолет будет сжимать воздух, встречающийся на его пути. Все же удастся уменьшить их интенсивность, уменьшить объем воздуха, на который они воздействуют. Основная мера для этого — применение тонких, заостренных форм крыльев, оперения и других частей самолета.

Опыты показывают, что при полете тела заостренной формы характер скачка меняется. Перед тупым телом, рассекающим воздух, скачок располагается поперек направления полета, и называется он в этом случае прямым скачком. Если же тело заострено, скачок наклоняется. Чем острее тело, тем больше наклон скачка. Такой скачок называют косым. Косой скачок выгоднее прямого, и вот почему.

Вообразим струю воды, бьющую в вертикальную стенку. Струя расплывается, скорость ее теряется, она полностью тормозится. Начнем наклонять стенку. Можно представить себе, что, чем больше наклон **стенки, тем слабее** сила удара струи, тем меньше ее торможение, тем меньше энергии она терит. Нечто подобное наблюдается и при воздействии воздуха, в котором совершается полет, со скачками уплотнений. Для преодоления встречным воздухом прямого скачка требуется значительное количество энергии.

На продвижение косого скачка энергии затрачивается меньше. Очевидно, что волновое сопротивление в этом случае будет меньше.

У самолетов, предназначенных для полета со сверхзвуковыми скоростями, сечению крыла (профилю крыла) придают форму ромба с острыми кромками. Перед тупоносым профилем, энергично сжимающим воздух, возникает скачок уплотнений, который в зоне, прилегающей непосредственно к передней части профиля, является прямым, затем загибается, переходит в косые скачки, которые, в свою очередь, на большом расстоянии от профиля превращаются в волну Маха.

Картина обтекания ромбовидного остроносого профиля иная. Прямой скачок у носка настолько мал, что практически можно считать его отсутствующим. Таким образом, при обтекании остроносого профиля возникают только лишь косые скачки.

Сравнение этих двух отличных друг от друга картин показывает, что если в первом случае воздуху приходится пересекать прямой скачок и терять при этом значительную энергию, то во втором случае потери энергии невелики.

Итак, лучший способ борьбы с потерями в сверхзвуковом полете — это применение возможно более тонких, заостренных форм частей самолета.

Заглянем в будущее

Теперь, имея представление о «взаимотношениях» самолета и воздуха при больших скоростях полета, попробуем ответить на вопрос: какими будут формы сверхзвуковых самолетов?

Фюзеляж такой машины должен быть схож с артиллерийским снарядом — удлиненным, сигарообразным телом. Такая форма обеспечит более заостренную вершину конуса Маха, практическое отсутствие прямых скачков и большой наклон косых скачков уплотнений.

Но самолет — не снаряд. Самолет должен не только лететь, но и безопасно приземлиться, должен совершать всевозможные эволюции в воздухе, поэтому он немислим без крыльев. Без крыла, без создаваемой им подъемной силы самолет приземлялся бы, как камень.

Значит, сверхзвуковые самолеты должны иметь крылья, но эти крылья будут отличаться от крыльев существующих самолетов. Крыло будет не каплевидной, а ромбовидной формы, с очень острыми кромками. Толщина его будет гораздо меньше, чем у крыла современного самолета. Такие тонкие профили произведут настоящий переворот в конструировании и производстве самолетов. Если сейчас крыло имеет сложное внутреннее устройство, то в будущем малая толщина заставит делать монолитные (целые) крылья, например, штампованные или литые. А в таком крыле не разместить грузов, которые так удобно располагаются там теперь. Конструкторам придется крепко подумать, где найти место для двигателей, шасси, вооружения, баков для горючего...

Возможно, что у сверхзвуковых самолетов сотрутся границы между крылом, фюзеляжем и двигателем, настолько тесно переплетутся они в конструкции самолета. Такая схема интересна еще и потому, что общие контуры сверхскоростной машины желательно иметь не выходящими за пределы конуса Маха с вершиной на носу самолета, так как любая часть, лежащая вне этого конуса, создаст свой дополнительный конус, возникнут и дополнительные скачки уплотнений, требующие увеличения мощности двигателя.

Таковы примерные формы самолета ближайшего будущего — самолета, который полетит быстрее звука, догоняя пули и снаряды.



СОДЕРЖАНИЕ

Стр.

<i>С. П. Васильев</i> , академик. Советская наука на службе родине . . .	3
<i>А. А. Яковлев</i> , профессор. В недрах земли	17
<i>А. И. Опарин</i> , академик. Происхождение жизни	37
<i>Г. А. Мельников</i> . Учение Чарльза Дарвина	49
<i>М. Ф. Нестурх</i> , профессор, и <i>С. В. Владимиров</i> . Предки человека	67
<i>В. В. Давилевский</i> , профессор. Михаил Васильевич Ломоносов .	93
<i>Ф. Л. Вейшков</i> . "Русский свет"	113
<i>Б. И. Степанов</i> . Тайна органических молекул	133
<i>К. К. Андреев</i> . Открытие А. Г. Столетова	159
<i>Б. И. Степанов</i> . Закон Менделеева	173
<i>В. А. Сафонов</i> . Тайна зеленого листа	195
<i>В. А. Сафонов</i> . Историческая сессия	211
<i>А. Е. Фреман</i> , академик. Атом и время	223
<i>Б. Л. Могилевский</i> . На заре микробиологии	227
<i>А. Н. Студитский</i> , профессор. Рассказ о великом физиологе . .	243
<i>В. В. Покишичевский</i> . Великий русский ученый Докучаев	261
<i>Л. И. Праголов</i> , академик. Великий план культурного преоб- разования природы наших степей	273
<i>Ю. Г. Вебер</i> . Рассказ о великом изобретении	283
<i>Л. И. Гумилевский</i> . Создатели авиационной науки	313
<i>А. Д. Поповский</i> . Творцы новой биологии	333
<i>Л. С. Берг</i> , академик. Русские открытия в Антарктике	351
<i>М. С. Арлазоров</i> . РД и РС	367
<i>С. И. Зоншайн</i> , доктор технических наук, профессор, и <i>М. С. Ар- лазоров</i> . Быстрее звука	383
<i>М. Е. Жаботинский</i> . Радиолокация	391
<i>И. Е. Тамм</i> , член-корреспондент Академии наук СССР. Эlemen- тарные частицы	409
<i>М. Е. Жаботинский</i> . Атомная энергия	419
<i>Д. А. Франк-Каменецкий</i> , профессор. Меченые атомы	439
<i>М. Г. Бражникова</i> . Антибиотики	451

Составители:
Л. В. Жигарев и
проф. *А. А. Яковлев*

Редактор
Н. С. Дороватовский
Художник-формистель
М. М. Блехеров

Художественная редакция
Р. Г. Алекс

Технический редактор
Е. Н. Пергаменицкий

Корректор *В. С. Белкина*

*

Заставки *Л. М. Сметхова*
Портреты *М. И. Бибикова*
Цветные и тифдручные вклейки
выполнили художники:

К. К. Арцулов, В. А. Беляев,
В. А. Ватагин, В. Н. Добровольский,
С. П. Ладыгин. *В. М. Лисевич,*
С. И. Каплан, Г. П. Кляевский,
С. Я. Нодельман, А. С. Оболенский,
С. И. Пейч, И. Я. Улупов.

*

Адрес издательства:
Москва, проезд Владимирова, д. 9-а

*

А10468. Тираж 30 000. Сдано в производство
27/VIII 1948 г. Подготовлено к печати 11/VIII 1949 г.
Печ. листов 29+44 вкл.свки. Учетн.-изд. 40,5
В 1 печ. л. 60 400 знаков. Формат бумаги
72×110_{дс}. Индекс НП-1-130. Зак. 1587.

Тип. Москва, ул. Ф. Энгельса, 46.
Цветные и тифдручные вклейки отпечатаны
в 15 типографии ОГИЗа «Искра революции»