

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ  
БИБЛИОТЕКА



Л. К. БАЕВ

# Вертолёт



Л. К. БАЕВ

# ВЕРТОЛЁТ

Под редакцией  
кандидата технических наук  
С. Я. СТРИЖЕВСКОГО

ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ  
МОСКВА 1954

*Л. К. Баев. Вертолёт.*

Редактор *Д. А. Катренко.*

Техн. редактор *Н. А. Тумаркина.*

Корректор *С. Н. Емельянова.*

---

Сдано в набор 14/X 1954 г. Подписано к печати 20/XI 1954 г. Бумага  $84 \times 108 \frac{1}{32}$ .  
Физ. печ. л. 1,75. Услови. печ. л. 2,87. Уч.-изд. л. 2,82. Тираж 100 000 экз. Т-08441.  
Цена 85 коп. Заказ № 1877.

---

Государственное издательство технико-теоретической литературы.

Москва, В-71, Б. Калужская, 15.

---

Министерство культуры СССР.

Главное управление полиграфической промышленности.

Первая Образцовая типография имени А. А. Жданова.

Москва, Ж-54, Валовая, 28.



## ВВЕДЕНИЕ

**Т**рудно представить нашу жизнь без авиации. Современные скоростные самолёты позволяют быстро перебрасывать на большие расстояния людей, различные важные грузы, скоропортящиеся продукты и т. д. Но практика выдвигает ряд задач, которые не могут быть выполнены с помощью только этих воздушных машин.

Самолёт — скоростная машина. Большая скорость — его неотъемлемое качество. В отличие от аэростатов он не способен, прервав своё стремительное движение, «повиснуть» неподвижно над землёй. Чтобы взлететь, самолёт должен совершить разбег длиной в несколько сот метров.

Однако во многих отраслях народного хозяйства нужна такая летательная машина, которая способна взлетать и приземляться без пробега, летать с небольшой скоростью и даже останавливаться, «повисать» в воздухе на различной высоте над землёй. Такая машина незаменима, например, для связи с труднодоступными горными районами, где самолёт не может ни приземлиться, ни взлететь. Раньше её называли геликоп্টёром (в переводе на русский язык «геликс» означает винт, «птерон» — крыло). Теперь эту винтокрылую машину называют вертолётom.

Что за машина — вертолёт, как и почему она летает, где применяется?

Об этом и рассказывается в нашей книжке.

### 1. ИЗ ИСТОРИИ ВЕРТОЛЁТА

**И**дея вертолёта — едва ли не самая древняя в истории полётов на аппаратах тяжелее воздуха. Об этом свидетельствуют, например, относящиеся к концу XV века рисунки гениального итальянского учёного Леонардо да

Винчи, изображающие летательный аппарат тяжелее воздуха с винтом, вращающимся в горизонтальной плоскости. Первая реальная, теоретически обоснованная попытка создания винтокрылого летательного аппарата принадлежит великому русскому учёному М. В. Ломоносову. Ломоносов уделял большое внимание изучению атмосферы. Это побудило учёного создать аппарат для поднятия в воздух изобретённых им самопишущих метеорологических \*) приборов.

В то время (в 50-х годах XVIII столетия) никто, кроме птиц и насекомых, не поднимался в воздух. Ломоносов решительно отказался от слепого подражания полёту птиц. Он пошёл другим путём, оказавшимся единственно правильным. Учёный изобрёл простейшее по конструкции устройство, в котором для создания подъёмной силы было использовано вращение.

4 февраля 1754 года на заседании Петербургской Академии наук М. В. Ломоносов выступил с сообщением об изобретённой им машине, предназначенной для подъёма метеорологических приборов в верхние слои атмосферы. Архивариус Академии записал об этом событии следующее:

«Г-н сов. и проф. Ломоносов собранию представил о машине маленькой, которая бы вверх подымала термометры и другие малые инструменты метеорологические и предложил оной же машины рисунок; того ради г-да заседающие оное его представление опробовали и положили канцелярию Академии Наук рапортом просить, чтоб соблаговолено было приказать речённую машину по приложенному к сему рисунку для опыта сего изобретения сделать под его г-на автора смотрением...».

Вскоре по чертежам М. В. Ломоносова была построена действующая модель машины. 1 июля 1754 года учёный уже демонстрировал своё изобретение членам Академии.

«Высокопочтенный советник Ломоносов показал изобретённую им машину, называемую им аэродромическою (то-есть воздухобежной), — было записано в протоколе. — Машина подвешивалась на шнуре, протянутом по двум блокам, и удерживалась в равновесии грузиками, подвешенными с противоположного конца. Как только пружина

---

\*) Метеорология — наука, изучающая земную атмосферу, её строение, свойства и происходящие в ней процессы.

заходила, машина поднималась на высоту и поэтому обещала достижение желаемого действия. Но это действие, по суждению изобретателя, ещё более увеличится, если будет увеличена сила пружины и если увеличить расстояние между той и другой парой крыльев, а коробка, в которой заложена пружина, будет сделана для уменьшения веса из дерева. Об этом он (Ломоносов) обещал позаботиться».

В ту пору винт как устройство, пригодное для приведения в движение транспортной машины, вообще не был известен. Этот движитель \*) не использовался тогда и в водном транспорте. Ломоносов первый в истории предпринял попытку применить винт для обеспечения поступательного движения в воздухе летательного аппарата тяжелее воздуха. Описание аппарата говорит о том, что он, глубоко понимая законы сопротивления воздуха, научно обосновал принцип работы вертолѐта с несущим винтом. Так, М. В. Ломоносов подчёркивал, что несущий винт изобретѐнного им вертолѐта должен «нажимать», т. е. нагнетать воздух, отбрасывать его вниз, вследствие чего и возникает тяга несущего винта.

Таким образом, еще 200 лет назад гениальный сын русского народа дал принципиально правильное инженерное решение идеи вертолѐта. Модель летательного аппарата М. В. Ломоносова — это первый прообраз современных вертолѐтов. Смелые идеи М. В. Ломоносова на многие десятилетия опередили его эпоху. Лишь впоследствии, с развитием науки и техники, изобретатели, разрабатывавшие идею вертолѐта, смогли построить машину, способную поднять человека в воздух.

Конец прошлого века ознаменовался большим количеством теоретических и экспериментальных исследований в области аэродинамики \*\*) и, в частности, по воздушным

---

\*) Движителем называют специальное устройство, предназначенное для преобразования работы двигателя в поступательное движение транспортных машин по суше, воде, в воздухе и в безвоздушном пространстве. Движителем для самолѐта, вертолѐта, дирижабля, глиссера, аэросаней служит воздушный винт, для судов — гребной винт, для автомобиля, локомотива и т. п. — колесо, для ракеты, летящей в безвоздушном пространстве, — струя газов, выбрасываемых из сопла реактивного двигателя.

\*\*) Аэродинамика (от греческих слов «аэр» — воздух и «динами» — сила) — наука, изучающая движение воздуха (и других газов) и его силовое воздействие на обтекаемые им тѣрдые тела.

винтам, проведённых знаменитыми отечественными учёными: Н. Е. Жуковским, К. Э. Циолковским, С. А. Чаплыгиным, А. Ф. Можайским и др.

В первое десятилетие XX века были разработаны и построены лёгкие бензиновые двигатели, способные развивать достаточную для осуществления полёта мощность.

Появление самолётов оказало серьёзную помощь учёным, изобретателям и конструкторам, занятым разрешением проблемы вертолёта.

Большое значение для развития конструкции вертолёта имели исследования одного из ближайших учеников Н. Е. Жуковского, ныне академика Б. Н. Юрьева.

В 1908 году Б. Н. Юрьев, тогда ещё студент Московского высшего технического училища, начал разрабатывать проект одновинтового вертолёта с рулевым винтом. Для своего вертолёта молодой исследователь предполагал использовать двигатель мощностью 70 л. с. К концу 1909 года Б. Н. Юрьев под руководством Н. Е. Жуковского разработал другой проект вертолёта несколько меньших размеров с двигателем мощностью 50 л. с. Третий проект вертолёта Б. Н. Юрьеву удалось осуществить в 1912 году. Этот вертолёт имел двигатель мощностью 25—30 л. с. Общий вес машины без пилота составлял 202,5 килограмма. Этот вертолёт, построенный под руководством Б. Н. Юрьева студентами, членами воздухоплавательного кружка при Московском высшем техническом училище, демонстрировался на Второй международной воздухоплавательной выставке в Москве весной 1912 года.

Б. Н. Юрьев получил на выставке золотую медаль за прекрасную теоретическую разработку проекта и его конструктивное осуществление. Вскоре состоялись первые испытания вертолёта. К сожалению, после случайной поломки важной детали — главного вала винта — экспериментальные исследования этого аппарата не были продолжены из-за недостатка средств у изобретателя, а царское правительство на такие дела денег не отпускало.

## 2. СОПРОТИВЛЕНИЕ ВОЗДУХА

**Ч**тобы понять, почему и как летает вертолёт, необходимо знать, почему летает самолёт.

Полёт самолёта можно представить как результат действия трёх сил, приложенных к летательному аппарату.

На рис. 1 показано, какие силы действуют на летящий горизонтально и с постоянной скоростью самолёт. Полётный вес самолёта, или, другими словами, сила тяжести, всегда направлен отвесно вниз. Сила тяги обычно более или менее точно совпадает с направлением движения самолёта. Эти две силы при равномерном или, как говорят, установившемся полёте уравновешены третьей силой, так называемой полной аэродинамической силой.

Откуда же берутся все эти силы?

Полётный вес самолёта — это сила притяжения его к центру земли.

Сила тяги — сила, которая толкает самолёт вперёд, возникает у винтового самолёта в результате вращения воздушного винта, приводимого в движение поршневым (или турбовинтовым) двигателем; на реактивном самолёте сила тяги возникает как следствие отдачи (реакции) струи, извергающейся из выхлопной трубы (сопла) со скоростью, значительно превышающей скорость полёта \*).

Полная аэродинамическая сила — результат воздействия на самолёт воздуха.

Двигается ли тело в воздухе, находящемся в покое, или, наоборот, перемещается воздух, а тело неподвижно, — в обоих случаях возникает полная аэродинамическая сила, которая действует на тело. Поясним это примером.

Из повседневного опыта мы знаем, что чем значительнее скорость ветра, тем больше его сила. Тихий ветер, дующий со скоростью около двух метров в секунду, лишь слегка отклоняет уходящую вверх струю дыма. А ветер, имеющий скорость 15 метров в секунду, уже сильно качает деревья, мешает человеку идти. Это и есть

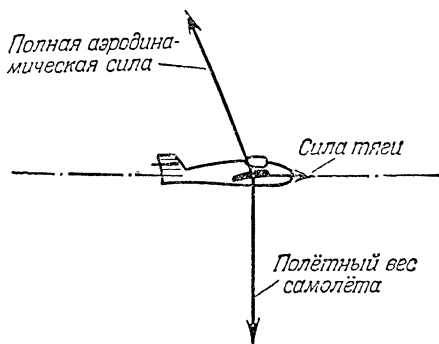


Рис. 1. Силы, приложенные к летящему самолёту

\*) О реактивной авиации см. книжку: Л. К. Баев и И. А. Меркулов, *Самолёт-ракета*, «Научно-популярная библиотека» Гостехиздата.



проявление действия полной аэродинамической силы, возникающей на обдуваемых ветром предметах. Не случайно часто вместо «скорость ветра» говорят «сила ветра».

О ветре и его силе мы говорим нередко и в тех случаях, когда никакого ветра нет, т. е. когда воздух по отношению к земле не перемещается. Так, например, если даже в совершенно тихую погоду вы быстро едете в открытой автомашине, то ветер с силой дует вам в лицо.

Полная аэродинамическая сила всегда появляется одновременно с началом перемещения тела относительно воздуха. Если движущееся тело имеет симметричную форму и его ось симметрии направлена по потоку, то и полная аэродинамическая сила будет направлена по потоку, в «лоб» телу. При движении несимметричного тела или тела, ось которого не совпадает с направлением потока, полная аэродинамическая сила будет наклонена к потоку под некоторым углом. В этом случае полную аэродинамическую силу удобно разложить на две составляющие. Одна из них, называемая лобовым сопротивлением, направлена в сторону, противоположную полёту, другая, — называемая подъемной силой, перпендикулярна направлению скорости полёта.

С явлением лобового сопротивления — силой сопротивления тела, препятствующей его движению в воздухе, мы сталкиваемся на каждом шагу. Высуньте, например, руку из открытого окна вагона быстро мчащегося поезда, и вы сразу почувствуете силовое воздействие набегающего воздушного потока.

Примером проявления действия полной аэродинамической силы может служить также затяжной прыжок с парашютом.

Оторвавшись от самолёта, парашютист некоторое время падает свободно, не раскрывая парашюта, т. е. движется только под действием силы тяжести. Известно, что скорость свободного падения тела непрерывно увеличивается. Однако возрастает она не беспредельно. Установлено, что при падении парашютиста с нераскрытым парашютом ускорение продолжается до одиннадцатой секунды, а затем скорость остаётся постоянной. Например, если парашютист покинул самолёт на высоте полутора-двух километров, то спустя секунду скорость падения составит почти 10 метров в секунду, а в конце третьей секунды — 27 метров в секунду. На одиннадцатой секунде она достиг-

нет примерно 50 метров в секунду и увеличиваться больше не будет. К этому времени парашютист пролетит примерно 380 метров. Скорость свободного падения парашютиста ограничена потому, что на него одновременно действуют две силы. Одна сила, заставляющая парашютиста со всё возрастающей скоростью двигаться по направлению к земле — сила тяжести, его собственный вес. Другая сила — сопротивление воздуха его движению. С увеличением скорости падения сила воздушного сопротивления быстро растёт и будет тем значительнее, чем больше будет скорость падения. На одиннадцатой секунде сила сопротивления воздуха достигает величины веса парашютиста и скорость его падения становится постоянной. Дальнейшее движение парашютиста происходит уже не под влиянием его собственного веса (потому что он как бы уравнивается силой сопротивления воздуха), а по инерции.

Но вот над свободно падающим человеком раскрывается парашют. Парашютист испытывает резкий толчок, потому что скорость спуска сразу уменьшается примерно в десять раз. Раскрытый парашют сильно тормозится воздухом. Теперь парашютист совершает плавный спуск.

Как видим, полная аэродинамическая сила оказывает сопротивление движущемуся в воздухе телу, стремится помешать его движению. Откуда же берётся эта сила?

Сопротивление воздуха вызывается двумя причинами. Одна из причин — разность давлений впереди и позади движущегося тела. Набегающий поток создаёт впереди повышенное давление, а позади разрежение. В результате и появляется та часть лобового сопротивления тела, которая называется сопротивлением давления. То же самое происходит, если неподвижное тело обдувается воздушным потоком. Другая причина сопротивления — это трение поверхности тела об обтекающий его воздух. Из физики нам известно, что характер движения газа (воздуха) существенно отличается от характера движения твёрдого тела. При перемещении массы воздуха скорость движения его частиц неодинакова в различных слоях. Отдельные слои, движущиеся с различной скоростью, как бы скользят один по другому. При этом они воздействуют друг на друга с силой, которую называют силой внутреннего трения или силой вязкости. Вязкость воздуха по сравнению с вязкостью жидкостей является ничтожной, но именно она и порождает ту часть лобового сопротивления, испыты-

ваемого движущимся телом, которая называется сопротивлением трения.

За поверхность движущегося тела задевают, об неё «трутся» частицы воздуха, подобно тому как трутся о лыжи частицы снега. Тело увлекает за собой прилипающие к его поверхности частицы воздуха, а они в свою очередь вследствие вязкости увлекают частицы соседних, близлежащих слоёв. Таким образом, телу приходится преодолевать силы взаимного сцепления частиц воздуха, которые препятствуют движению тела. На это оно затрачивает некоторое количество своей энергии.

Опытом установлено, что лобовое сопротивление движущегося тела зависит от трёх факторов: от величины поверхности тела, обращённой в сторону движения, от скорости движения тела и от его формы (при одинаковом поперечном сечении). Именно об этом говорит закон лобового сопротивления тела, движущегося в воздухе. Согласно этому закону эта сила прямо пропорциональна площади наибольшего поперечного сечения тела и квадрату скорости тела и зависит от формы тела \*).

Попробуйте удержать при сильном ветре кусок картона, обращённый плоскостью в сторону ветра. Чем сильнее ветер и чем больше площадь картона, тем труднее удержать картон. Но поверните его ребром, и вы сразу почувствуете, что сопротивление стало во много раз меньше.

Опыт показывает, что предметы, имеющие плавно очерченные контуры, при движении испытывают меньшее сопротивление, чем тела шероховатые и угловатые. Это понятно. Ведь такие предметы, перемещаясь, значительно меньше возмущают окружающую их среду, чем предметы угловатые, с неровной поверхностью. Поэтому все современные средства скоростного транспорта — самолёты, легковые автомашины, глissеры и др. — имеют округлые, плавные очертания.

Тело, которое по сравнению с другими испытывает наименьшее сопротивление (при одинаковом поперечном сечении), называют удобообтекаемым. Установлено, что наименьшее сопротивление имеет тело в форме вытянутой капли. При движении такого тела позади него почти нет вихрей, на образование которых тратится часть энергии перемещающегося в воздухе тела.

---

\*) Сила лобового сопротивления зависит также от плотности воздуха, которая уменьшается с высотой подъёма.

### 3. ПОДЪЁМНАЯ СИЛА

Осуществить полёт — значит направить эту силу так, чтобы она уравновешивала вес тела. Но как это сделать? Для ответа на этот вопрос рассмотрим распределение давления воздуха по крылу самолёта.

Предположим, что на верхней и нижней поверхности крыла проделаны небольшие отверстия. Изнутри к ним подведены тонкие трубки, которые другими своими концами соединены с микроманометрами *А* и *Б*, наполненными какой-либо жидкостью (ртутью, водой и др.) \*).

Схематично это показано на рис. 2, где изображено сечение крыла самолёта, или, как принято говорить, профиль крыла. Здесь представлен случай, когда самолёт стоит на земле, т. е. когда он неподвижен относительно окружающего его воздуха. И крыло и воздух находятся в состоянии покоя. Давление воздуха на поверхность крыла везде будет одинаковым и рав-

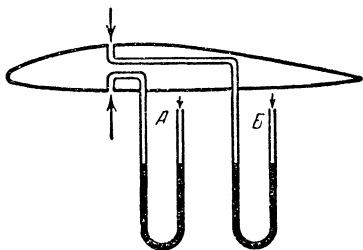


Рис. 2. Давление на поверхности неподвижного крыла везде равно атмосферному.

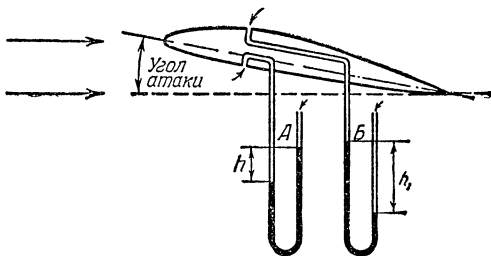


Рис. 3. При движении крыла давление под ним больше атмосферного, а над ним — меньше.

ным атмосферному, о чём свидетельствует одинаковый уровень жидкости в трубках микроманометров *А* и *Б*.

Но вот самолёт летит (рис. 3). Крыло с большой скоростью обтекается встречным воздухом. В этом случае

\*) Микроманометр — прибор для измерения небольших давлений.

различный уровень жидкости в трубках микроманометров *A* и *B* показывает, что нижняя поверхность крыла испытывает избыточное давление воздуха, т. е. больше атмосферного, а над верхней поверхностью крыла воздух разрежен — там давление ниже атмосферного.

Разность уровней жидкости  $h$  в микроманометре *A* показывает величину перепада давлений между нижней поверхностью крыла и атмосферой. Это различие уровней жидкости в микроманометре говорит о том, что на нижней поверхности крыла преобладает избыточное по сравнению с атмосферным давлением. Разность уровней жидкости  $h_1$  в микроманометре *B* характеризует образовавшееся над крылом разрежение.

Откуда же возникли различия давления на поверхности крыла летящего самолёта?

Воздух давит на поверхность каждого тела, с которым он соприкасается. Это давление в каждой точке перпендикулярно к поверхности тела. Такое давление принято называть статическим или просто давлением. Статическим является и всем известное атмосферное давление.

Но не всякое давление — статическое. Фундаментальный закон аэродинамики, открытый в XVIII веке выдающимся учёным, членом Петербургской академии наук Даниилом Бернулли, устанавливает определённую зависимость между давлением и скоростью в воздушном потоке. Этот закон показывает, что если скорость движения воздуха уменьшается, то его давление повышается. Если же скорость воздуха увеличивается, то давление его понижается.

Обычно верхняя поверхность крыла более выпукла, чем нижняя. Но поток воздуха неразрывен, и воздушные частицы, начавшие одновременно обтекать крыло сверху и снизу, не могут застрять или отстать где-то на полдороге — они должны обязательно сойтись за крылом. Следовательно, чтобы встретиться, частицы воздуха вынуждены пройти вдоль верхней поверхности крыла несколько больший путь, чем вдоль нижней. Частицы воздуха приобретают различную скорость на поверхности крыла. Согласно же закону Бернулли различие в скоростях воздушных струй вызывает разность давлений над крылом и под ним. Так, например, если разность давлений обтекающих крыло струй воздуха составляет обычно 1—2 процента атмосферного давления (или около 20 граммов на 1 квадратный сантиметр поверхности крыла), то при площа-

ди крыла в 10 квадратных метров это давление составит две тонны.

Куда же направлено это давление воздуха?

Все силы давления, приложенные к крылу, можно заменить одной равнодействующей силой. Её направление и величина зависят от так называемого угла атаки крыла. Дело в том, что крыло самолёта расположено обычно под некоторым углом к набегающему потоку. Этот угол и называется углом атаки. Чем больше угол атаки, тем сильнее притормаживается под ним воздух и тем длиннее путь

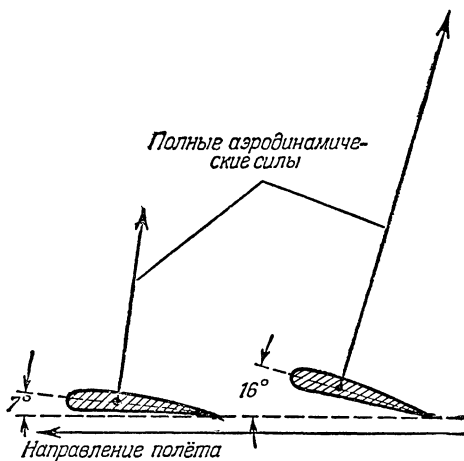


Рис. 4. Полная аэродинамическая сила крыла при различных углах атаки.

воздушных частиц, обтекающих крыло сверху. Чтобы встретиться позади крыла, воздушные частицы должны приобрести различную скорость. Скорость частиц воздуха над крылом возрастает, а под ним — уменьшается; иными словами, разность скоростей воздушных струй над крылом и под ним увеличивается. Следовательно, с ростом угла атаки увеличивается и разность давлений воздуха на крыло. В зависимости от типа крыла и условий полёта величина угла атаки может изменяться от нуля до 15—20 градусов (дальнейшее увеличение угла атаки вызовет быстрое уменьшение подъёмной силы). С увеличением угла атаки полная аэродинамическая сила не только резко возрастает, но одновременно она несколько отклоняется назад (рис. 4).

При изучении полета бывает трудно определить направление полной аэродинамической силы. Поэтому обычно определяют составные части этой силы: силу лобового сопротивления и подъемную силу (рис. 5). Чем больше отношение подъемной силы крыла к его лобовому сопротивлению, тем крыло лучше. Это отношение называется аэродинамическим качеством крыла.

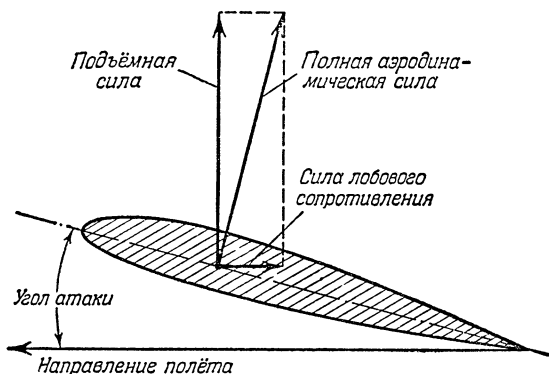


Рис. 5. Разложение полной аэродинамической силы на её составляющие.

На заре авиации изобретатели и инженеры строили летательные аппараты тяжелее воздуха без теории, без расчетов, наугад. Даже во время первой мировой войны, когда авиация уже получила всеобщее признание, самолёты проектировались без серьезных теоретических основ.

Теория крыла самолёта впервые была разработана в нашей стране — родине авиации, родине науки о полёте. В создании этой теории ведущую роль сыграл Н. Е. Жуковский.

Он говорил, что самолёт — такая же машина, как и всякая другая. Его можно рассчитать и строить, основываясь на данных науки и техники, на формулах, которые уже найдены и совершенствуются учёными. Нам нужно научиться рассчитывать и строить летательные машины лучше, чем в какой-либо другой стране.

Теоретические расчеты Н. Е. Жуковского помогли уяснить природу возникновения подъемной силы крыла.

Если в воздушный поток поместить неподвижный цилиндр, то частицы воздуха будут обтекать его с одинако-

вой скоростью сверху и снизу. Если же этот цилиндр вращать в неподвижном воздухе, то его частицы будут увлекаться цилиндром в сторону вращения и возникнет круговой поток. А что произойдёт, если вращать цилиндр в потоке воздуха? Частицы воздуха будут пронеситься над ци-

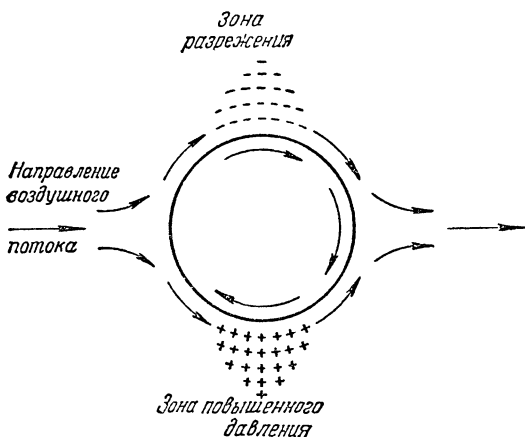


Рис. 6. Распределение давления на поверхности вращающегося в воздушном потоке цилиндра.

линдром гораздо быстрее, чем под ним. Согласно же закону Бернулли с ростом скорости потока давление убывает, и, следовательно, вращающийся цилиндр будет испытывать снизу большее давление, чем сверху (рис. 6).

Положение не изменится, если вместо вращающегося цилиндра в воздушном потоке появится вихрь. Именно такой воздушный вихрь и порождается крылом летящего самолёта. Взаимодействуя с обтекающим

крыло воздухом, этот вихрь вызывает добавочный циркуляционный поток вокруг самого крыла (рис. 7). Этот поток увеличивает скорость потока над крылом и уменьшает скорость воздушной струи под ним. Направление циркуляционного потока над крылом совпадает с направлением встречного крылу потока, и скорости здесь складываются. Под крылом, наоборот, циркуляционный поток



Рис. 7. Циркуляционный поток воздуха вокруг крыла.



движется навстречу обтекающему крыло потоку, и скорости здесь вычитаются. Таким образом, воздух ещё больше притормаживается у нижней поверхности крыла летящего самолёта и сильнее разгоняется над верхней поверхностью крыла. А раз увеличивается разность скоростей, значит, согласно закону Бернулли возрастает избыточное давление, порождающее подъёмную силу крыла.

Н. Е. Жуковский установил количественную зависимость между подъёмной силой и скоростью воздушного потока над крылом и под ним. Он показал, что подъёмная сила, развиваемая крылом, может быть найдена как произведение плотности воздуха на поступательную скорость потока вдали от крыла, на циркуляционную скорость добавочного течения вокруг крыла и на размах крыла.

#### 4. ВИНТ ВМЕСТО КРЫЛА

**И**так, крыло должно быстро перемещаться в воздушной среде — без этого не появится необходимая подъёмная сила. Вот почему самолёт, потеряв скорость, не может остановиться в воздухе.

Крылья самолёта неподвижно скреплены с его корпусом. А нельзя ли сделать так, чтобы крылья перемещались независимо от корпуса? Вспомним, как летают птицы и насекомые. Машущие крылья птиц, периодически колеблющиеся крылышки насекомых были образцами, которым следовали конструкторы орнитоптёров — летательных аппаратов тяжелее воздуха с подвижными крыльями.

Такое подражание природе успехом не увенчалось. За всю историю науки и техники не удалось создать ни одной более или менее надёжной конструкции орнитоптёра. И всё-таки летательный аппарат с движущимися крыльями создан.

Есть забавная детская игрушка — «муха» — летающий пропеллер. Это — вырезанный из дерева небольшой, двухлопастный воздушный винт с круглой палочкой, продетой сквозь просверленное в центре него отверстие. Быстро раскрутив палочку между ладонями, придают винту вращение и отпускают его. Он мгновенно взлетает к потолку.

А вот и другой вид подобной игрушки. Четырёхлопастный винт сделан из пластмассы. У него короткая ось с двумя шпильками, которые вставляются в пазы специального заводного приспособления. Закрутим пружинку, по-

вернём несколько раз винт, вставленный в это устройство, и нажмём кнопку в нижней части приспособления. Отпущенная пружинка, разворачиваясь, сообщит быстрое вращение винту, и он, выскользнув из пазов, взлетит на высоту нескольких метров.

Эта игрушка — действующая модель винтокрылой летательной машины. Опыты с такой игрушкой весьма поучительны. Присмотревшись к ней, мы заметим, что лопасти винта расположены не в одной плоскости, а несколько

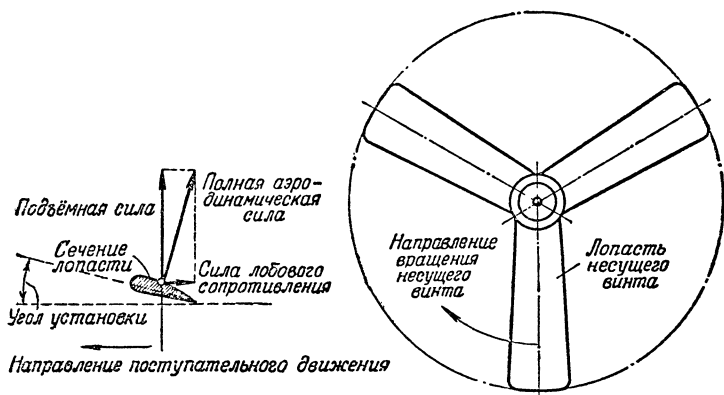


Рис. 8. Трёхлопастной несущий винт вертолёта (вид сверху).

отогнуты. Нетрудно понять, что, вращаясь, винт своими лопастями отбрасывает воздух вниз. При этом каждая лопасть работает как крыло самолёта. Подобно крылу, она отталкивает воздух от себя. Воздух тоже стремится оттолкнуть лопасти, отбрасывая винт вверх. Иными словами, к каждой лопасти вращающегося винта, как и к крылу летящего самолёта, приложена подъёмная сила. Она значительно больше веса самого винта и поэтому заставляет его взмывать к потолку.

Таким образом, если заставить крыло двигаться, когда сам летательный аппарат находится в покое, то появится полная аэродинамическая сила, а следовательно, и подъёмная сила. Этот принцип создания подъёмной силы и осуществлён в вертолёте. Это достигается с помощью несущего винта, заменяющего крылья самолёта.

Лопасть воздушного винта вертолёта в разрезе почти не отличается от профиля крыла самолёта (рис. 8, слева).

Таким образом, винт (двигатель) вертолѣта представляет собой два или три (а то и четыре, смотря по числу лопастей) «крыла». Эти «крылья» вращаются вокруг оси в горизонтальной плоскости (рис. 8, справа).

Мы знаем, что воздушный винт самолѣта, вращаясь в вертикальной плоскости, создаѣт тягу. Сила тяги направлена в сторону движения машины (вперѣд) и при равномерном горизонтальном полѣте с постоянной скоростью уравнивает силу лобового сопротивления.

Но силе тяги воздушного винта можно придать и другое направление. Если заставить винт вращаться в горизонтальной плоскости, то его тяга будет направлена по вертикали. Именно так и сделано в вертолѣте. Его несущий винт, вращаясь в горизонтальной плоскости, развивает тягу, которая уравнивает полѣтный вес всей машины. Совершая вращательное движение, несущий винт создаѣт подъёмную силу, которая удерживает вертолѣт в воздухе независимо от того, перемещается ли он поступательно или же «висит» на одном месте.

Несущий воздушный винт вертолѣта состоит из нескольких лопастей и втулки. Число лопастей винта обычно равно трѣм-четырем. Встречаются также двухлопастные винты. Но несущие винты отличаются не только числом лопастей; они характеризуются также диаметром, шириной лопастей и углом их установки.

Если мы разрежем лопасть винта поперѣк, то увидим, что форма его сечения такая же, как и у крыла самолѣта (рис. 8, слева). Угол между хордой сечения лопасти и плоскостью вращения винта называется углом установки сечения лопасти.

Чтобы понять, как образуется тяга несущего винта, представим себе, что каждая его лопасть — это небольшое крыло. При вращении винта лопасти будут двигаться в воздухе, и на них возникнут полные аэродинамические силы. Их проекции на ось вращения винта дадут нам величину силы тяги винта. Проектируя полные аэродинамические силы на плоскость вращения винта, мы получим силу сопротивления вращению несущего винта (рис. 9). На преодоление этой силы и расходуется мощность двигателя.

Чем же определяется величина тяги несущего винта?

Напомним, что полная аэродинамическая сила крыла тем больше, чем больше площадь крыла, угол атаки и ско-

рость полёта. Равным образом полная аэродинамическая сила несущего винта тем значительнее, чем больше площадь лопастей, угол их установки и скорость вращения. Поэтому на крупных вертолётах применяются винты большего диаметра, с большими по площади лопастями.

Пока подъёмная сила несущего винта полностью уравнивает полётный вес вертолёта, он «висит» в воздухе, не снижаясь и не поднимаясь. Как только уменьшится подъёмная сила винта, вертолёт начнёт снижаться, так как его полётный вес превысит тягу винта. Наоборот, если подъёмная сила несущего винта возрастёт, то вертолёт станет подниматься, так как сила тяги несущего винта будет превышать полётный вес машины. Изменяя обороты несущего винта или угол установки лопастей, лётчик управляет движением вертолёта по вертикали. Увеличивается скорость вращения винта или угол установки лопастей — возрастает подъёмная сила и машина поднимается. Падают обороты винта или уменьшается угол установки — убывает подъёмная сила и вертолёт снижается.

Несущий винт вертолёта должен создавать большую подъёмную силу, особенно на взлёте и при наборе высоты. Поэтому диаметр несущих винтов, применяемых на вертолётах, достигает иногда 10—15 метров и более. Эти винты в несколько раз больше воздушных винтов самолётов, но скорость их вращения в несколько раз меньше.

Мы уже отмечали, что лопасть несущего винта вертолёта напоминает крыло самолёта. На рис. 8, слева, показано сечение лопасти несущего винта. Здесь есть все элементы профиля крыла. При вращении винта лопасть движется своей передней кромкой в направлении, указанном

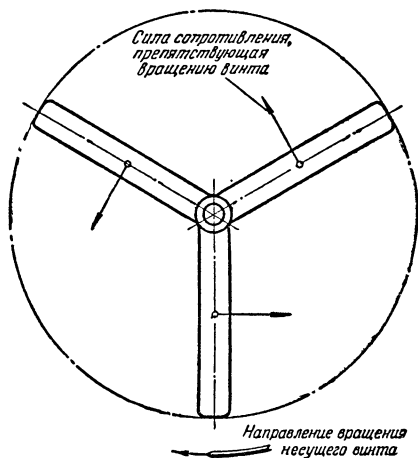


Рис. 9. Силы, препятствующие вращению несущего винта.

на рисунке стрелкой. При этом возникает действующая на лопасть полная аэродинамическая сила, подобно тому как это происходит при обтекании крыла летящего самолёта.

Полную аэродинамическую силу создают все элементы лопасти несущего винта. Сложив все силы, распределённые вдоль размаха лопасти, мы получим полную аэродинамическую силу, действующую на всю лопасть.

## 5. ВЕРТОЛЁТ В ВОЗДУХЕ

**М**едленно и величаво пролетает, словно плывёт по воздуху, вертолёт. Вот он, не спеша, разворачивается, останавливается и неподвижно «повисает» в нескольких десятках метров над землёй. Вдруг, слегка качнувшись, он начинает подниматься по отвесной линии, как будто его подтягивают вверх на невидимом тросе. Забравшись на высоту 200—300 метров, вертолёт снова «замирает» на несколько секунд, а затем медленно спускается. Сначала он движется вертикально вниз, потом меняет направление и, продолжая спуск, как бы скользит по наклонной плоскости.

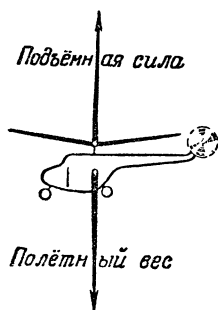


Рис. 10. Силы, приложенные к «висящему» в воздухе вертолёту.

Рассмотрим поведение вертолёта в воздухе с точки зрения механики. Вспомним, какие силы приложены к летящему самолёту. Это — полная аэродинамическая сила, которая может быть разложена на подъёмную силу и силу лобового сопротивления, а также сила тяги и полётный вес самолёта.

Предположим, что те же силы действуют и на вертолёт. Посмотрим, насколько верно это допущение.

Несомненно, сохранится сила тяжести — полётный вес вертолёта. Эта сила будет действовать в том же направлении — к центру земли. А как с другими силами?

Вот вертолёт «повис» в воздухе. Работает двигатель, вращается несущий винт. Вертолёт неподвижен. Значит, все силы взаимно уравновешены: несущий винт развивает тягу, равную полётному весу машины (рис. 10).

Но достаточно ли одного несущего винта, чтобы вертолёт «повисал» неподвижно в воздухе?

Многие, вероятно, помнят забавную детскую игрушку — бабочку, которая летает с помощью несущего винта, приводимого в движение закрученными резиновыми жгутами. При вращении винта сама бабочка вращается в противоположную сторону.

Примерно то же самое происходит и с вертолётom. Несущий винт, вращаясь, не только создаёт подъёмную силу, преодолевающую силу тяжести. Он, кроме того, стремится повернуть всю машину в сторону, противоположную вращению винта (рис. 11).

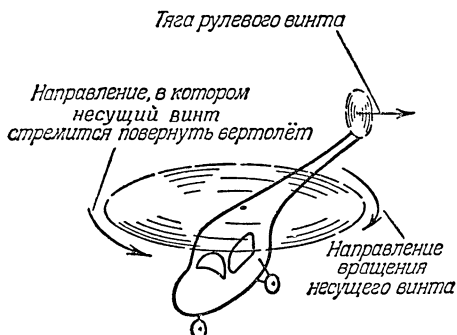


Рис. 11. Несущий винт стремится повернуть вертолёт в сторону, противоположную направлению своего вращения.

Как же помешать вертолёту поворачиваться в направлении, противоположном вращению несущего винта?

На одновинтовом вертолётe для этой цели чаще всего применяется специальный рулевой винт. Обычно он расположен на конце хвостовой балки вертолётa. Рулевой винт, приводимый во вращение двигателем, порождает тягу. Как показано на рис. 11, она направлена в сторону, противоположную той, куда несущий винт поворачивает машину. Таким образом, оба эти усилия, стремящиеся повернуть вертолёт в противоположных направлениях, взаимно уравниваются. Не будь рулевого винта, вертолёт всё время крутился бы с некоторой скоростью в направлении, противоположном вращению несущего винта.

Вместе с тем рулевой винт позволяет управлять вертолётom в горизонтальной плоскости. Для этого лётчик изменяет тягу рулевого винта, и вертолёт поворачивается в ту сторону, в которую действует больший крутящий момент, создаваемый несущим винтом, или противоположно

направленный компенсирующий момент, возникающий в результате работы рулевого винта.

Но вертолёт способен не только «висеть» в воздухе, подниматься и опускаться по отвесной линии и поворачиваться на одном месте. Он может перемещаться и по горизонтали и под любым углом к горизонту, может совершить подъём и спуск по какой угодно траектории.

Что движет, толкает вертолёт по горизонтали? Самолёт движется поступательно под действием тяги воздушного

винта. У вертолёта не один, а два винта — несущий и рулевой. Какой же из них является двигателем, создаёт горизонтальную тягу?

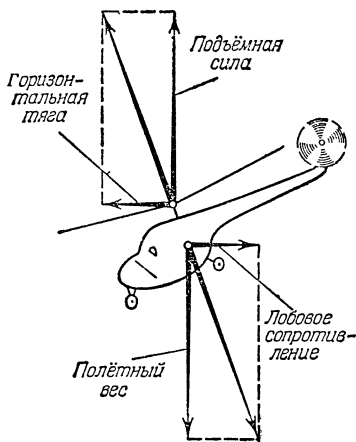
Рулевой винт вертолёта, подобно воздушному винту самолёта, вращается в вертикальной плоскости. Значит, его тяга направлена по горизонтали. Но эта сила не может сообщать вертолёту поступательное движение в воздухе. Она не проходит через центр тяжести машины и поэтому может только повернуть вертолёт, о чём уже говорилось.

Рис. 12. Силы, действующие на летящий горизонтально вертолёт.

Остаётся несущий винт — двигатель вертолёта. Он и создаёт тягу, направленную не только по вертикали, но и по горизонтали.

Прежде чем перейти из положения «висения» в воздухе в положение горизонтального полёта, вертолёт должен слегка наклониться. Как это достигается, расскажем дальше. Когда вертолёт получит некоторый крен, тяга несущего винта отклонится на такой же угол. Этот момент и изображён на рис. 12, где схематично показаны силы, действующие на вертолёт при горизонтальном полёте.

Как показано на рисунке, полная сила тяги несущего винта может быть разложена на две взаимно перпендикулярные силы, из которых одна (подъёмная сила) направлена по вертикали, а другая (горизонтальная тяга) —



по горизонтали. Вертикальная составляющая полной силы тяги (подъёмная сила) уравнивает силу тяжести — полётный вес самолёта. А горизонтальная составляющая (горизонтальная тяга) создает поступательное движение вертолётa. При полёте с постоянной скоростью она уравнивает силу лобового сопротивления вертолётa.

Подобным же образом можно построить параллелограмм сил, действующих на вертолёт при подъёме и спуске по наклонной линии, при полёте по любой траектории.

## 6. УСТРОЙСТВО ВЕРТОЛЁТА

**С**овременные вертолётa обычно состоят из следующих основных частей: фюзеляжа, несущего винта, двигателя, трансмиссий, системы управления вертолётom, шасси и рулевого винта.

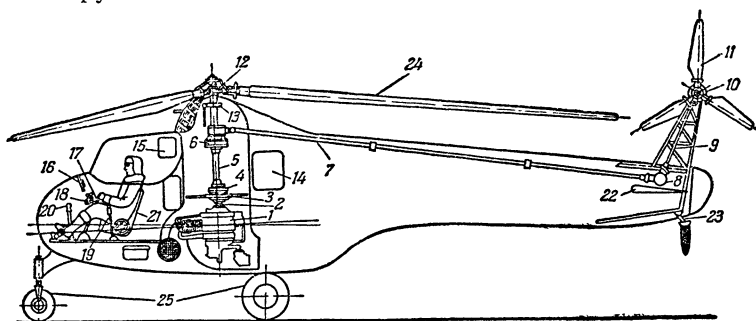


Рис. 13. Схема устройства одновинтового двухместного вертолётa: 1 — двигатель, 2 — муфта включения, 3 — вентилятор, 4 — муфта свободного хода, 5 — карданный вал, 6 — главный редуктор, 7 — вал рулевого винта, 8 — нижний редуктор рулевого винта, 9 — верхний вал рулевого винта, 10 — верхний редуктор рулевого винта, 11 — рулевой винт, 12 — несущий винт, 13 — автомат перекоса, 14 — бензобак, 15 — радиоустановка, 16 — приборная доска, 17 — ручка управления, 18 — сектор газа, 19 — ручка управления шагом и дросселем, 20 — рычаг управления муфтой сцепления, 21 — два рядом установленных сиденья, 22 — стабилизатор, 23 — хвостовой костьль, 24 — лопасть несущего винта, 25 — колёса шасси.

Назначение фюзеляжа вертолётa — то же, что у самолётa. Фюзеляж связывает между собой все составные элементы вертолётa в одно целое. В нём размещены силовая установка, механизмы трансмиссии, система управления, различное специальное оборудование (рис. 13). Кроме того, в фюзеляже имеются кабина для пилота и



пассажиров (если машина многоместная) и особое помещение для грузов.

Современные вертолётёты, как и самолётёты, в большинстве случаев бывают однофюзеляжные. Передняя часть фюзеляжа застеклена. Фонарь (колпак из небьющегося органического стекла) защищает экипаж вертолётёта от встречного потока воздуха и от непогоды.

Кабина оборудована окошками, а также плотно закрывающимися дверцами. В кабине прямо перед пилотом укреплена приборная доска. Здесь же размещены ручки и педали управления. От следующего отсека, где находится двигатель, кабина может быть отделена невоспламеняющейся противопожарной перегородкой.

Корпус вертолётёта имеет несколько иную форму, чем у самолётёта. Задняя часть его оканчивается продолговатой хвостовой балкой, конец которой у машин некоторых типов загнут кверху. Под фюзеляжем находится трёхколёсное шасси: одно колесо — спереди, под кабиной, два других — по бокам фюзеляжа, ближе к его хвостовой части.

Фюзеляжи бывают металлические, деревянные и смешанные, в которых применены части, сделанные как из металла, так и из дерева. Дерево, идущее на изготовление деталей фюзеляжа, тщательно отбирается и проходит специальную предварительную обработку: прессуется (облагораживается), сушится, а затем пропитывается особыми огнестойкими растворами.

Для обшивки фюзеляжа чаще всего используют либо ткань (специальное полотно), либо многослойные сорта фанеры. Фанера прочно приклеивается к каркасу фюзеляжа казеиновым или смоляным клеем, отличающимся высокой влагуостойчивостью, и, кроме того, прибавается к деталям каркаса мелкими гвоздями. Сверху она покрывается густым слоем лака.

В некоторых типах и конструкциях вертолётётов каркас фюзеляжа обшивается тонким листовым металлом, чаще всего дюралюмином. Этот замечательный по своим качествам алюминиевый сплав, куда входят медь, магний, марганец и другие элементы, очень лёгкий и чрезвычайно прочный, зарекомендовал себя в авиастроении как незаменимый в ряде случаев материал \*).

---

\*) Об алюминиевых сплавах рассказано в брошюре этой же серии: В. А. Парфёнов, Крылатый металл, Гостехиздат.

В средней части фюзеляжа, на специальной раме, установлен двигатель внутреннего сгорания\*), приводящий в движение несущий и рулевой винты. Вращение от двигателя передаётся посредством особого передаточного механизма — трансмиссии.

Место установки двигателя в значительной мере зависит от конструкции и типа вертолѐта. В одновинтовых вертолѐтах в целях обеспечения надёжности работы трансмиссии и уменьшения её веса мотор располагают обычно в непосредственной близости от несущего винта — под ним. При этом двигатель может быть установлен так, что ось его коленчатого вала совпадает с направлением оси основного потребителя мощности — несущего винта. Этим достигается значительное упрощение компоновки машины.

Но коленчатый вал двигателя нельзя соединить непосредственно с валом несущего винта. Современные авиадвигатели развивают 2000—2500 оборотов в минуту, тогда как несущий винт должен вращаться в несколько раз медленнее. Следовательно, прежде чем передать крутящий момент двигателя несущему винту, обороты коленчатого вала необходимо редуцировать, т. е. изменить их, уменьшить в несколько раз. Для этой цели служит редуктор — специальный механизм, состоящий из определённым образом подобранных зубчатых колѐс. Отношение числа зубьев ведущей шестерни, сидящей на коленчатом валу двигателя, к числу зубьев ведомой шестерни, закреплѐнной на валу несущего винта, определяет степень редукции или величину изменения количества оборотов. Эта величина измеряется дробью в пределах обычно от  $\frac{1}{8}$  до  $\frac{1}{12}$ .

Трансмиссия вертолѐта — промежуточный механизм, обеспечивающий передачу мощности от двигателя к несущему винту, — состоит не только из редуктора несущего винта. В неё входят также муфта сцепления, муфта свободного хода, соединительные валы и карданные сочленения. Если же двигатель на вертолѐте установлен так, что его коленчатый вал расположен горизонтально, то обязательно должен быть ещё один редуктор — центральный, который изменяет направление передачи мощности с горизонтального на вертикальное.

---

\*) О двигателе внутреннего сгорания читайте книжку этой же серии: В. Д. Захарченко. Мотор.

Рассмотрим, как с помощью трансмиссии крутящий момент двигателя передаётся несущему винту вертолѐта (рис. 14).

Двигатель запущен и работает, но его коленчатый вал вращается пока вхолостую. Между ним и центральным редуктором находится муфта сцепления или муфта включения. Чтобы передать мощность от двигателя к несущему винту, надо плавно включить муфту сцепления (обычно фрикционного типа, как и автомобильная). Посредством специального устройства пилот освобождает

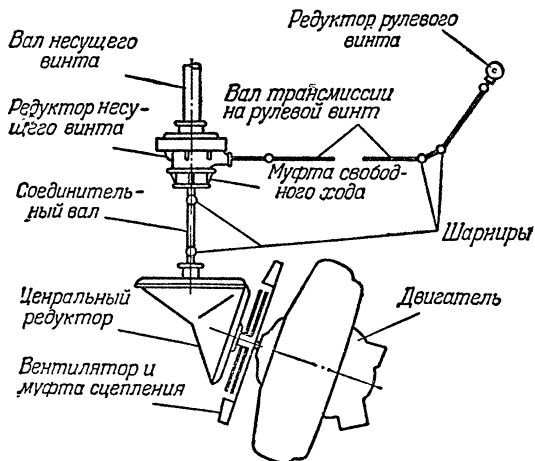


Рис. 14. Схема трансмиссии вертолѐта.

пружину, и она с силой прижимает один диск муфты сцепления к другому. Между соприкасающимися поверхностями дисков возникает трение, и оба диска начинают вращаться вместе. Крутящий момент двигателя переходит от ведущего диска к ведомому, сидящему на валу центрального редуктора, а через этот редуктор передаётся на соединительный вал. На его концах имеются карданные сочленения. Это — специальные шарниры, устроенные по такому же принципу, как и подвеска компаса на корабле.

Морской компас должен оставаться в горизонтальном положении при любом наклоне палубы во время качки. Для этого его подвешивают на двух шарнирах в кольцо, которое в свою очередь вставляют внутрь другого кольца

и соединяют с ним подвижно на таких же шарнирах. Снизу к компасу прикрепляют груз. При любом крене корабля, как бы ни наклонялись кольца, связанные шарнирами друг с другом и с компасом, последний всегда сохраняет горизонтальное положение.

Подобным образом сочленяются валы силовой передачи автомобиля. Это же устройство применяется и в трансмиссии вертолѐта. Если соосность (геометрическое совпадение осей) соединительных валов и нарушается, то вращение через промежуточный вал, на концах которого имеется по карданному шарниру, всё равно передаѐтся. За соединительным валом расположена муфта свободного хода. Она автоматически отъединяет несущий винт от двигателя, если последний во время полѐта вышел из строя. Несущий винт перейдѐт на режим самовращения, а благодаря муфте свободного хода ему не надо будет вращать остановившийся двигатель. И вертолѐт не упадѐт. Он медленно спланирует и совершит посадку, так как несущий винт, продолжая вращение, создаст силу, препятствующую быстрому снижению, подобно тому как это происходит при спуске с парашютом.

Через муфту свободного хода крутящий момент двигателя передаѐтся редуктору несущего винта. Здесь, как мы уже знаем, цилиндрические шестерни, взаимодействуя друг с другом, уменьшат число оборотов двигателя в несколько раз. А на валу этого редуктора закреплена втулка несущего винта, который, вращаясь, создаѐт подъѐмную силу, удерживающую вертолѐт в воздухе.

## 7. АВТОМАТ ПЕРЕКОСА

**С**овременный вертолѐт — очень послушная в управлении машина. Повинуясь воле пилота, он легко меняет курс. Простота и надёжность в управлении вертолѐтом достигаются благодаря применению двух устройств: автомата перекоса и рулевого винта.

Познакомимся с автоматом перекоса.

Этот механизм, необходимый для обеспечения устойчивости вертолѐта и управления им, изобретѐн Б. Н. Юрьевым. Автомат перекоса позволяет периодически изменять углы установки лопастей вращающегося несущего винта при каждом его обороте. А так как в связи с этим полные аэродинамические силы, действующие на лопасти

в различных положениях при их вращении; оказываются неодинаковыми, то вертолёт получает требуемый наклон.

Чтобы лучше понять значение автомата перекоса, необходимо сказать о маховом движении лопастей несущего винта. Есть промежуточный между самолётом и вертолёт — автожир (рис. 15). У этой машины нет таких больших крыльев, как у самолёта. Их заменяет несущий винт, который, вращаясь, создаёт подъёмную силу. Но в отличие от вертолёта несущий винт автожира приводится во

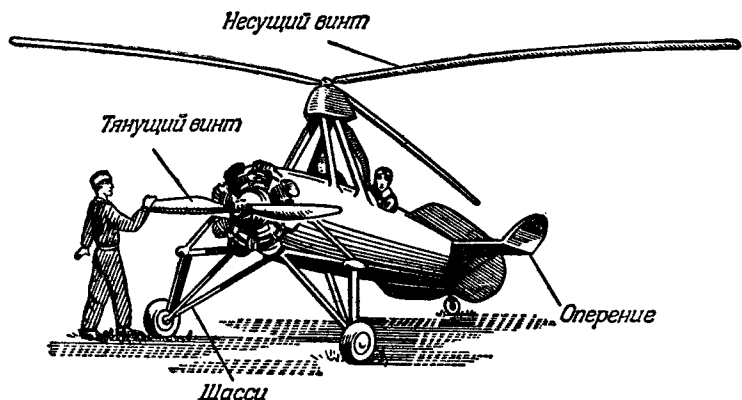


Рис. 15. Автожир.

вращение не двигателем, а набегающим потоком встречного воздуха. Это явление самовращения несущего винта носит название авторотации (о чём говорит и само слово автожир: «аутос» по-гречески значит — сам, «жирар» по-испански — вращаться). Поступательное движение автожира, подобно самолёту, получает от вращаемого авиадвигателем тянущего винта.

Автожир не может оставаться неподвижным в воздухе и «висеть», как вертолёт. Минимальная скорость полёта этой машины составляет обычно 40—50 километров в час, что значительно меньше, чем у самолёта. Следовательно, взлётная и посадочная скорость автожира также невелика.

Но, несмотря на то, что скорость разбега автожира перед взлётом была незначительна, первые попытки оторваться на таких машинах от земли нередко кончались катастрофой: автожир опрокидывался и разбивался.

Не без труда конструкторам удалось раскрыть причины этих неудач.

При горизонтальном полёте автожира лопасти несущего винта обдуваются встречным потоком воздуха с различными скоростями. Та лопасть, которая в данный момент, вращаясь, движется в том же направлении, что и сам автожир, перемещается относительно окружающего воздуха быстрее, чем противоположная ей лопасть. Одна лопасть как бы обгоняет машину, другая отстаёт от неё. В одном случае собственная скорость лопасти и скорость полёта складываются, в другом — вычитаются.

Но полная аэродинамическая сила всякого тела, в том числе и лопасти несущего винта, тем значительнее, чем быстрее оно движется в воздухе. Следовательно, полная аэродинамическая сила лопасти зависит от положения последней, от того, по какую сторону летательного аппарата находится она в данный момент. Это значит, что и подъёмная сила на лопастях неодинакова. В результате автожир стремится опрокинуться в сторону отстающей лопасти.

Чтобы избежать этого, конструкторы подвесили лопасти на шарнирах. Опрокидывающий момент уже не мог передаваться летательному аппарату.

Развитие автожира во многом способствовало созданию вертолёта.

Шарнирная подвеска несущих лопастей применяется теперь на вертолёте. Ведь он, как и автожир, относится к винтокрылым машинам, и на лопастях несущего винта летящего вертолёта, как и на лопастях несущего винта автожира, появляется опрокидывающий момент. Так развитие автожира помогло в решении одной из наиболее трудных задач, стоявших перед вертолётостроителями, — обеспечение устойчивости вертолёта.

Но на вращающиеся лопасти несущего винта действуют не только полная аэродинамическая сила и опрокидывающий момент. При вращении несущего винта, как и любого тела, возникает центробежная сила, которая всегда направлена от центра к окружности. Это легко проверить на опыте. Раскрутив грузик, закреплённый на верёвочке, вы почувствуете, как она натянулась вследствие действия центробежной силы. Такая же сила появляется и на лопастях вращающегося несущего винта.

На рис. 16 показано, как центробежная сила стремится расположить лопасти в плоскости вращения, противодействуя опрокидывающему моменту.

Несколько иначе будут вести себя лопасти, если вертолёт начнёт поступательное движение. В этом случае в



Рис. 16. Центробежные силы, возникающие на лопастях несущего винта.

результате совместного действия подъёмной и центробежной сил лопасти несущего винта совершают маховое движение. На рис. 17 показано, как по мере прохождения лопастей по окружности их концы при каждом обороте взмахивают: обгоняющая лопасть несколько приподнимается, а отстающая — опускается. При этом подъёмная сила взмахивающей лопасти несколько уменьшается.

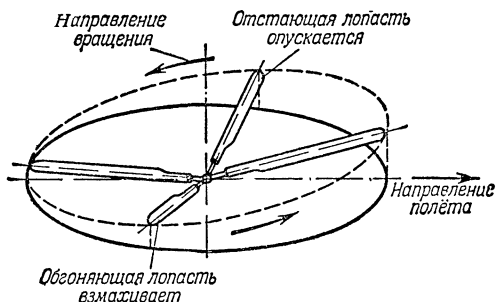


Рис. 17. Маховое движение лопастей несущего винта при горизонтальном полёте вертолётa.

Таким образом, само явление взмаха лопасти как бы регулирует величину её подъёмной силы. Следовательно, благодаря маховому движению лопасти её подъёмная сила на протяжении всего оборота несущего винта почти не меняется. Тем самым достигается устойчивость летящего вертолётa.

Взмахивание лопастей несущего винта происходит лишь в случае, если вертолёт движется поступательно. При «висении» и вертикальном взлёте лопасти вертолётта таких взмахов не совершают. Это и понятно. Ведь в таких случаях подъёмная сила каждой лопасти остаётся постоянной независимо от её положения в той или иной точке окружности.

Теперь, когда мы познакомились с явлением махового движения лопастей несущего винта, легче будет понять принцип действия автомата перекоса. Этот механизм периодически изменяет угол установки каждой лопасти вращающегося несущего винта. В определённой точке описываемой окружности угол установки лопастей имеет максимальное значение. Проходя же через диаметрально противоположную точку окружности, каждая лопасть получает, наоборот, минимальный угол установки.

Периодическое изменение угла установки лопастей при каждом обороте приводит к тому, что направление силы тяги несущего винта изменяется. Возникает некоторый момент относительно центра тяжести вертолётта. Это и заставляет машину накрениваться, что необходимо для того, чтобы она могла начать горизонтальный полёт.

Устройство автомата перекоса показано на рис. 18.

Втулку несущего винта окружают три кольца. Первое — внутреннее кольцо — соединено с валом трансмиссии и вращается вместе с ним. Второе — промежуточное кольцо, — тягами и рычагами непосредственно связанное с лопастями несущего винта, вращается, как и первое. Третье — наружное кольцо — неподвижно, причём между ним и промежуточным кольцом находятся шарикоподшипники.

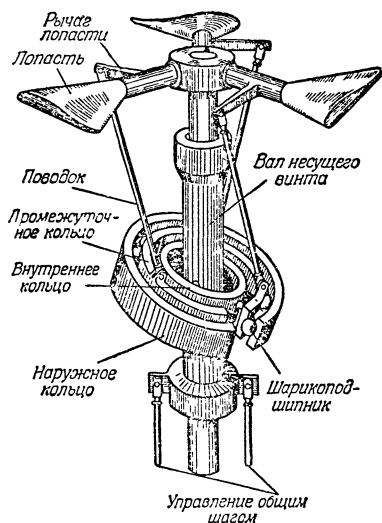


Рис. 18. Автомат перекоса.



Внутреннее кольцо, вращающееся вместе с валом трансмиссии, соединено со втулкой несущего винта посредством оси и поэтому может качаться. Промежуточное кольцо также посажено на ось и также может качаться. Эта вторая ось, связывающая промежуточное кольцо с внутренним, перпендикулярна к первой. Такое устройство позволяет придавать кольцам автомата перекоса любой необходимый наклон.

Каждая из лопастей несущего винта присоединена к его втулке не только с помощью шарнира, позволяющего лопасти совершать маховое движение. Она посажена также на соответствующей ей короткой оси, подвижно закреплённой во втулке винта. Благодаря такому устройству каждая отдельная лопасть независимо от других может быть повернута на любой угол. Иначе говоря, лопастям можно сообщить любой нужный угол установки. Эту работу и выполняет автомат перекоса.

Вертолёт «повис» в воздухе. Тихо жужжа, равномерно вращаются его винты, несущий и рулевой. Машина недвижима, она словно застыла над землёй. Это значит, что равнодействующая сила тяги несущего винта направлена строго вертикально. Следовательно, лопасти несущего винта, вращаясь, не меняют угла установки.

Но вот пилот слегка отклонил ручку управления. Изменяется наклон внешнего неподвижного кольца автомата перекоса. Вращающееся внутри него на шарикоподшипниках промежуточное кольцо получает такой же наклон, поскольку оно свободно подвешено на карданном шарнире. Теперь промежуточное кольцо, продолжая вращаться, меняет свой наклон в течение каждого оборота. Это периодическое изменение наклона кольца через металлические поводки, шарнирно связанные с промежуточным кольцом и рычагами лопастей, передаётся последним.

Таким образом, пилот, воздействуя на органы управления из кабины вертолёта, задаёт нужный режим работы автомату перекоса. А последний при каждом обороте лопасти меняет угол её установки уже автоматически, в соответствии с заданным режимом. Периодическое изменение угла установки каждой лопасти, как мы знаем, приводит к тому, что равнодействующая сила тяги несущего винта наклоняется. В результате этого наклона вертолёт и начинает двигаться в горизонтальной плоскости.

Изменение наклона равнодействующей силы тяги несущего винта с помощью автомата перекоса — основной, самый надёжный и наиболее разработанный способ управления вертолётom. Автомат перекоса позволяет наклонить машину, а также обеспечить необходимый продольный наклон; этот же механизм участвует в управлении движением вертолётa при взлёте и спуске.

Кольца автомата перекоса подвешены на карданном шарнире не непосредственно к валу, а к сидящей на нём скользящей муфте. Эта муфта, вращаясь вместе с валом, может одновременно перемещаться по нему вверх и вниз. Если рычаг управления общим шагом потянуть на себя, то скользящая муфта несколько опустится и, будучи связана с охватывающими её кольцами, увлечёт их книзу. В результате одновременно увеличатся углы установки всех лопастей.

Нажим на рычаг управления общим шагом в направлении от себя приведёт к обратному явлению: к одновременному уменьшению углов установки всех лопастей.

Таким образом, поворачивая рычаг управления общим шагом и одновременно прибавляя или убавляя обороты двигателя, пилот может по своему желанию изменять силу тяги несущего винта, иначе говоря, управлять взлётом и спуском вертолётa.

Итак, при любом положении вертолётa в воздухе лётчик управляет машиной посредством рычага управления общим шагом несущего винта и рукоятки газа. Обычно управление общим шагом объединено с сектором газа — ручкой дросселя двигателя. Поворачивая ручку объединенного управления шагом и газом, пилот не только изменяет углы установки всех лопастей, но одновременно и увеличивает или уменьшает количество рабочей смеси, поступающей в цилиндры двигателя, т. е. управляет оборотами несущего винта.

Таким образом, при увеличении углов установки лопастей автоматически возрастает мощность двигателя и, наоборот, она падает при уменьшении углов установки.

Принцип управления вертолётom в вертикальной плоскости заключается в изменении угла установки сразу всех лопастей при одновременном уменьшении или увеличении оборотов несущего винта, иначе говоря, в изменении величины и направления подъёмной силы несущего винта.

Для того чтобы взлетевший вертолёт начал поступательное движение, лётчику достаточно отклонить от себя ручку управления. Наоборот, если потянуть ручку управления к себе, то машина прекратит горизонтальный полёт и начнёт вертикальный взлёт. При промежуточном положении ручки управления происходит взлёт (или спуск) вертолёта по наклонной траектории. Отклонение этой ручки в сторону вызывает соответствующий крен машины.

Ручка управления находится непосредственно перед сидением пилота. Она связана системой тяг с внешним неподвижным кольцом автомата перекоса. Её отклонение вызывает перекос этого кольца и, следовательно, перекос лопастей при каждом обороте и наклон равнодействующей силы тяги несущего винта, что ведёт к изменению положения вертолёта в воздухе. Таким образом, ручка позволяет осуществлять управление вертолётom в продольном и поперечном направлениях.

## 8. РУЛЕВОЙ ВИНТ

**П**осмотрим теперь, как производится путевое управление вертолётom. Как было уже сказано, в хвостовой части машины расположен рулевой винт. Изменяя его тягу, лётчик заставляет вертолёт разворачиваться в нужную сторону.

Рулевой винт приводится во вращение двигателем с помощью специальной трансмиссии. От конической шестерни редуктора несущего винта вдоль хвостовой балки фюзеляжа тянется длинный разрезной вал, подвешенный на шарнирах. Он передаёт некоторую часть мощности двигателя редуктору рулевого винта. Здесь направление передаваемого крутящего момента изменяется с помощью специально подобранных шестерён на 90 градусов.

Из сказанного ещё не ясно, как изменяется тяга рулевого винта. Ведь скорость его вращения (обычно около 1200—1500 оборотов в минуту) определяется количеством оборотов двигателя и передаточным числом редуктора.

Изменять передаточное число редуктора нельзя — оно всегда остаётся постоянным. Увеличивать же или уменьшать обороты двигателя для соответствующего изменения тяги рулевого винта также невозможно, поскольку упра-

вление сектором газа используется для другой цели — для регулирования подъёмной силы несущего винта. Остаётся единственный путь — изменять шаг рулевого винта, т. е. уменьшать или увеличивать угол установки его лопастей.

Этот способ и применяется для путевого управления вертолётom. Нажимая на педали, расположенные в нижней передней части кабины, пилот приводит в движение систему тяг и рычагов, которые изменяют угол установки лопастей рулевого винта. В результате тяга его становится больше или меньше в зависимости от того, на какую педаль нажали, и вертолёт поворачивается в нужном направлении. При этом поворот машины может производиться как в положении «висения», так и при полёте с любой скоростью и по любой траектории.

Рулевой винт по своей конструкции напоминает обычный тянущий самолётный винт. Его лопасти сделаны из дерева. Втулка устроена так, что позволяет легко изменять углы установки лопастей. Чтобы предотвратить поломку рулевого винта в момент приземления, его помещают на загнутом вверх конце хвостовой балки, а на сгибе задней части фюзеляжа устанавливают так называемый костыль, который при посадке упирается в землю.

На некоторых вертолётах путевое управление осуществляется посредством обычного самолётного руля поворота, а компенсация крутящего момента несущего винта может быть достигнута, например, за счёт использования реакции выхлопных газов двигателя. Именно так построен вертолёт, получивший характерное название «летающая труба». Фюзеляж этой машины напоминает трубу. Отработанные газы двигателя выбрасываются через специальное боковое отверстие в хвостовой части трубы в том же направлении, в каком действует крутящий момент несущего винта. В результате крутящий момент гасится силой отдачи (реакцией) выхлопных газов. Таким образом, необходимость в обычном хвостовом винте отпадает.

Избавиться от крутящего момента можно и в том случае, если вертолёт имеет два соосных несущих винта \*), вращающихся с одинаковыми скоростями, но в разные

---

\*) Соосными называются винты, у которых оси вращения совпадают. Вал одного из винтов — полый, внутри него проходит вал другого винта. Обычно соосные винты располагаются рядом, близко друг к другу, и вращаются в противоположные стороны.

стороны. Крутящие моменты обоих винтов будут взаимно уравновешиваться.

Чтобы облегчить работу пилота, на некоторых вертолѣтах существует частичная автоматизация управления. Специальные приборы и механизмы автоматически сохраняют постоянство оборотов несущего винта путѣм одновременного изменения угла установки всех лопастей и соответствующего регулирования количества подаваемой в цилиндры двигателя горючей смеси. В другом случае специальные устройства автоматически обеспечивают строгую зависимость работы несущего винта и шага рулевого

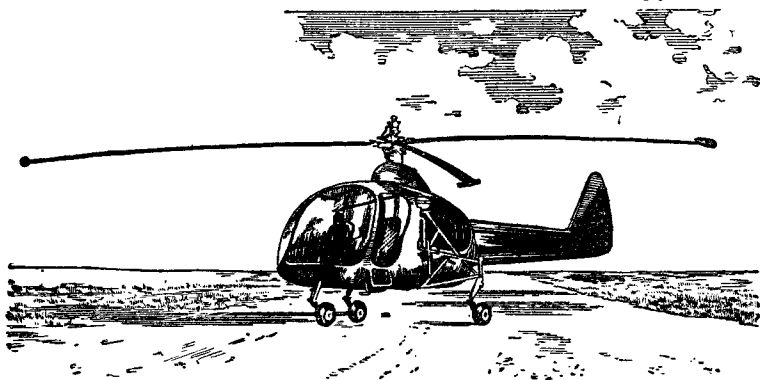


Рис. 19. Реактивный вертолѣт.

винта в целях уравновешивания реактивного крутящего момента на всех режимах полѣта. В некоторых конструкциях применяется автоматическая система, переводящая без вмешательства пилота несущий винт на режим самовращения немедленно при внезапной остановке двигателя.

Существуют и другие варианты автоматизации отдельных звеньев управления.

В заключение нашего рассказа об устройстве современного вертолѣта упомянем о применении на этой летательной машине двигателей нового типа.

В настоящее время для вращения несущего винта вертолѣта используется, как правило, поршневой двигатель внутреннего сгорания. Но бурное развитие реактивной авиации, создание надёжных и достаточно экономичных реактивных двигателей ставят вопрос о применении двигателей этого типа и на вертолѣте.

Строятся и испытываются опытные конструкции вертолётов с несущим винтом, приводимым в движение газовой турбиной. Разрабатываются также проекты вертолётов с реактивными двигателями, располагаемыми на концах лопастей несущего винта. Вертолёт с подобной силовой установкой обладает большими преимуществами. У него нет, например, реактивного крутящего момента, вследствие чего отпадает необходимость в рулевом винте. Существенно облегчается и упрощается конструкция вертолёта в связи с отсутствием сложной и тяжёлой трансмиссии.

Один из реактивных вертолётов (рис. 19) совершил свой первый полёт ещё в апреле 1951 года.

Как видно из рисунка, этот вертолёт не нуждается в рулевом винте. Путевое управление производится посредством обычного руля поворота самолётного типа.

## 9. СОВЕТСКИЕ ВЕРТОЛЁТЫ

**И**стория лётного дела в дореволюционной России — это волнующая летопись самоотверженной борьбы одиночек-энтузиастов за покорение воздушной стихии. Безразличие, косность, а порой и открыто враждебное отношение к отечественным изобретениям и открытиям со стороны правящих кругов царской России, не веривших в творческие силы своего народа, тормозили развитие авиационной техники в нашей стране.

Молодой Советской республике досталось небогатое авиационное наследство. Царизм оставил нам лишь небольшой парк из 300 изношенных самолётов устаревших конструкций. Обновить этот парк было нелёгким делом. После победы социалистической революции в нашей стране Советское государство располагало лишь пятью авиационными мастерскими. Чтобы наладить собственное производство первоклассных самолётов и авиадвигателей, нужно было построить крупные авиационные заводы — самолётостроительные, моторостроительные, приборостроительные, словом, нужно было создать высокоразвитую авиапромышленность. А для этого требовалось осуществить индустриализацию страны.

В 1918 году, несмотря на серьёзное положение на фронтах и хозяйственную разруху в тылу, организуется Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ),

ставший впоследствии ведущим авиационным научно-исследовательским центром.

Под руководством Коммунистической партии в нашей стране в невиданно короткие сроки была создана материальная основа социализма — тяжёлая индустрия. Бурное развитие металлургии и машиностроения обеспечило советской авиапромышленности быстрые темпы роста, каких не знала и не знает ни одна другая страна в мире. Вновь созданные авиационные заводы были оснащены первоклассным оборудованием. К исследовательской работе в области авиации были привлечены виднейшие деятели науки и техники. При постоянной заботе и поддержке Коммунистической партии и Советского правительства наши авиастроители создали замечательные машины, которые по своим качествам намного превосходят зарубежные.

На базе отечественной авиапромышленности получило развитие в нашей стране и вертолётостроение.

В августе 1930 года на опытном заводе ЦАГИ был построен первый советский вертолёт 1-ЭА (первый экспериментальный аппарат), спроектированный бригадой под руководством А. М. Черёмухина. Это была одноместная двухмоторная машина с одним несущим и двумя рулевыми винтами. С 1930 по 1934 год на ней было проведено много опытных полётов.

14 августа 1932 года вертолёт 1-ЭА, управляемый лётчиком профессором А. М. Черёмухиным, достиг рекордной по тому времени высоты — 605 метров. Этот результат во много раз превышал официальный мировой рекорд, установленный в 1928 году итальянцем Аскания на машине его конструкции (18 метров).

В результате испытаний первых образцов вертолётов было установлено, что для повышения устойчивости машины необходимо лопасти несущего винта не закреплять жёстко во втулке, а делать их свободно взмахивающими, т. е. шарнирно присоединять лопасти к втулке. Это было осуществлено на вертолёте 5-ЭА, у которого из шести лопастей несущего винта три длинные были укреплены на шарнирах, а три короткие жёстко закреплены во втулке, но могли поворачиваться вокруг своих продольных осей (как у самолётных винтов изменяемого в полёте шага).

Спустя два года были начаты и через год закончены работы по созданию нового аппарата 11-ЭА с 12-цилин-

двовым двигателем мощностью 600 л. с. (рис. 20). Эта двухместная машина имела обычное самолётное оперение. Два рулевых винта были установлены на небольших крыльях по обеим сторонам фюзеляжа. Таким образом, 11-ЭА представлял собой по существу сочетание вертолётa и автожира и обладал достоинствами обоих типов летательных аппаратов. Видоизменённый вариант машины 11-ЭАПВ не имел крыльев. Впервые в истории авиации этот вертолёт совершал регулярные полёты с экипажем из двух человек.

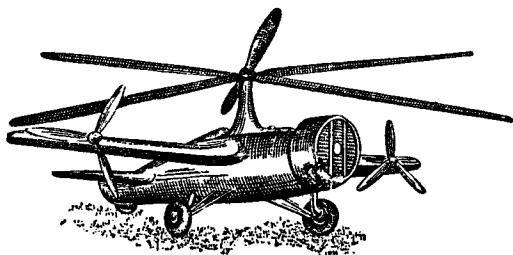


Рис. 20. Двухвинтовой вертолёт 11-ЭА.

Тяжёлый вертолёт 11-ЭА был крупным достижением советской авиационной техники.

В 1939 году советский конструктор И. П. Братухин при участии Б. Н. Юрьева начал проектирование нового вертолётa, получившего название «Омега». Два года спустя машина уже была построена Московским авиационным институтом.

«Омега» — тяжёлая двухмоторная машина с двумя несущими винтами, рассчитанная на экипаж из двух человек (рис. 21). Вертолёт имеет фюзеляж, к которому с обеих сторон на ажурных металлических фермах прикреплены две обтекаемые гондолы. В каждой гондole — авиадвигатель и трансмиссия. Над ними расположены трёхлопастные несущие винты, вращающиеся в разные стороны (в результате чего реактивные крутящие моменты взаимно погашаются). Внизу — шасси с тремя колёсами. Металлический фюзеляж удобообтекаемой формы мало чем отличается от самолётного. Передняя часть фюзеляжа, обшитая плексигласом, образует кабину экипажа. Сиденья расположены одно за другим. На хвосте установлено опе-



рение, состоящее из стабилизатора и киля с рулём поворота. Шасси имеет широкую колею, благодаря чему ма-

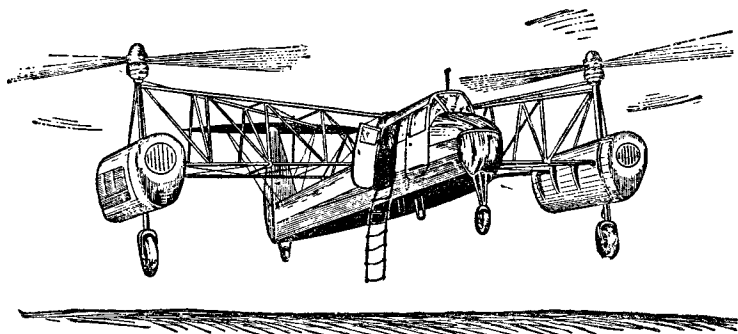


Рис. 21. Двухвинтовой вертолёт поперечной схемы конструкции И. П. Братухина и Б. Н. Юрьева.

шина очень устойчива на земле при любом ветре. Управление вертолётom производится путём изменения угла установки лопастей несущих винтов. Система управления — самолётного типа.

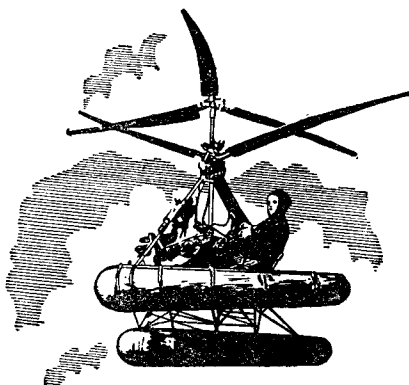


Рис. 22. Лёгкий вертолёт «Иркутянин» конструкции Н. И. Камова.

«Омега» — мощный вертолёт. Полёты этой машины в 1944—1945 годах показали её отличные лётные данные. Создатели этого одного из лучших в те годы вертолётa

И. П. Братухин и Б. Н. Юрьев были удостоены Сталинской премии.

Интересна машина, созданная советским конструктором Н. И. Камовым,— одноместный, необычайно лёгкий двухвинтовой вертолёт «Иркутянин» соосной схемы (рис. 22). Этот аппарат может перевозиться на грузовике, взлетать непосредственно с платформы грузового автомобиля и садиться на неё.

На послевоенных воздушных парадах в Тушино ежегодно демонстрировались советские вертолёты. В 1948 году на параде были показаны вертолёты двух классов — лёгкие и тяжёлые. В 1951 году в полёте были продемонстрированы одновинтовые вертолёты конструкции выдающегося советского конструктора М. Л. Миля, оказавшиеся очень перспективными и обнаружившие высокие лётные данные.

Немало других советских инженеров и лётчиков потрудились над решением задачи создания надёжных отечественных винтокрылых машин — вертолётов и автожиров. Это — конструкторы Н. К. Скржинский, В. А. Кузнецов, лётчики-испытатели вертолётов А. М. Михеев, Д. А. Кишин, Г. И. Комаров, М. Д. Гуров, М. К. Байкалов, К. И. Пономарёв и др.

## 10. ПОЛЁТ НА ВЕРТОЛЁТЕ

**М**ы познакомились с основными принципами полёта вертолёта, с историей его развития, устройством и взаимодействием отдельных частей. Теперь совершим мысленно полёт на вертолёте.

Вы усаживаетесь на мягком удобном сиденье в остеклённой кабине вертолёта, просторной и светлой, как кузов автомашины «ЗИМ».

Рядом занимает своё место лётчик. Перед ним — приборная доска, несколько циферблатов со стрелками (рис. 23). Здесь, как и в любом самолёте, вы найдёте указатель скорости, высотомер (альтиметр), вариометр (прибор, показывающий скорость изменения высоты — подъёма или спуска). Имеются здесь и приборы, контролирующие работу двигателя — температуру масла, напряжение в электрической цепи, количество оставшегося в баках горючего и т. д. Тут же установлен тахометр; он показывает число оборотов несущего винта. По показаниям другого

прибора — указателя общего шага — пилот судит о том, какова в данный момент величина угла установки лопастей несущего винта.

Помимо уже известных нам рукояток, рычагов и педалей, вы замечаете справа от пилота ручку управления муфтой сцепления. Усевшись поудобнее, пилот первым делом проверяет, выключена ли муфта сцепления, и,

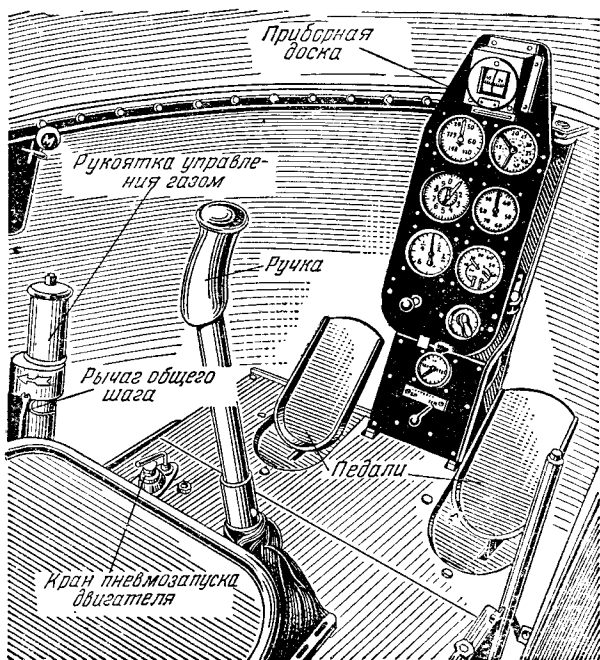


Рис. 23. Рычаги управления и приборная доска в кабине вертолёта.

лишь убедившись в этом, запускает мотор. Хотя двигатель и заработал, несущий винт остаётся пока неподвижным.

Пока двигатель прогревается на малых оборотах, пилот проверяет действие рулей. Нажимает поочерёдно на обе педали, и лопасти рулевого винта послушно поворачиваются во втулке. Выводит из нейтрального положения рукоятку управления, и кольцо автомата перекося наклонается, а лопасти несущего винта устанавливаются под

разными углами. Тянет к себе ручку общего шага, и весь механизм автомата перекоса перемещается немного вверх, к винту, причём сразу же все лопасти несколько поворачиваются так, что углы их установки увеличиваются одновременно на одну и ту же величину.

Но вот двигатель уже прогрелся, о чём лётчик узнал по прибору, сигнализирующему о температуре масла. Теперь можно взлететь. Правой рукой пилот плавно нажимает на ручку, включающую муфту сцепления, и одновременно левой рукой постепенно передвигает сектор газа. Несущий винт начинает раскручиваться. Его обороты нарастают, о чём говорит неуклонное перемещение стрелки тахометра. Вот уже число оборотов достигло той величины, при которой взлёт вертолётa вполне возможен. Но машина не отрывается от земли. Значит, надо увеличить угол установки всех лопастей. Для этого нужно взять на себя рычаг общего шага. Лётчик делает это постепенно, очень плавно, одновременно понемногу прибавляя газ. И вы даже не успеваете заметить, как вертолёт отделяется от земли и начинает подниматься.

Посмотрите на прибор — указатель общего шага. Угол установки лопастей уже достиг 10 градусов и продолжает расти. Вместе с тем увеличиваются обороты двигателя, а значит, и несущего винта. Вертолёт быстро набирает высоту, поднимаясь в небо отвесно, строго по вертикали.

Подъём всё продолжается. Но вдруг движение вверх прекращается. Лётчик «остановил» вертолёт в нескольких сотнях метров над землёй.

«Постояв» немного на месте, вертолёт продолжает прерванный вертикальный взлёт. Наблюдайте за высотомером. Стрелка этого прибора приближается к красному делению шкалы. Вот она уже дошла до этого деления, но не переходит его. Двигатель развивает максимальную мощность, однако подъём прекратился. Значит, машина достигла своего так называемого статического потолка, и дальнейший подъём по вертикали уже невозможен.

Пилот отклоняет ручку управления от себя. При этом, как вы уже знаете, срабатывает автомат перекоса, и вертолёт начинает поступательное движение. Прибор показывает, что скорость полёта растёт: 10, 20, 30, 50 километров в час. А стрелка высотомера снова ожила и перескочила красное деление. Это значит, что машина не

только летит над поверхностью земли, но и набирает высоту.

Почему же вертолёт снова забирается ввысь?

Дело в том, что при поступательном движении машины на её несущем винте возникает дополнительная подъёмная сила. Поэтому динамический потолок (так называется максимальная высота подъёма при поступательном движении с набором высоты) значительно превосходит статический потолок.

Итак, мощность, необходимая для поддержания вертолёта в воздухе при горизонтальном полёте меньше, чем при «висении».

Следовательно, чтобы летать, не набирая высоты, достаточно уменьшить обороты несущего винта, т. е. убавить газ. Но можно поступить и иначе: не сбавляя оборотов, ещё дальше отодвинуть от себя ручку управления. Тогда равнодействующая силы тяги несущего винта отклонится ещё больше вперёд и избыток мощности двигателя будет затрачиваться уже не на подъём вертолёта, а на увеличение скорости его полёта по горизонтали.

Дальнейшее увеличение скорости приведёт к тому, что вертолёт начнёт понемногу терять высоту. Это означает, что теперь уже не хватает мощности даже для горизонтального полёта. Чтобы приостановить снижение, пилот вынужден дать полный газ, т. е. заставить работать двигатель на самых больших оборотах. При этом машина приобретает значительную скорость, граничащую с максимальной.

Лётчик нажимает педаль, и вертолёт плавно разворачивается. При желании поворот можно ускорить. Для этого нужно достаточно быстро надавить на соответствующую педаль.

Бензиномер показывает, что горючего в баке остаётся немного. Внезапно шум от работы двигателя смолкает, и машина с лёгким свистом, почти бесшумно идёт к земле: это пилот заглушил двигатель и выключил муфту сцепления. Теперь вертолёт планирует, движется по наклонной линии к земле. Несущий винт перешёл на режим самовращения. Он вращается от набегающего воздуха и при этом развивает подъёмную силу, которая препятствует быстрому снижению машины. Вариометр показывает, что ежесекундная потеря высо-

ты не превышает 4—5 метров. При такой скорости спуска приземление вертолѐта не представляет никакой опасности.

Однако зачем же лѐтчик остановил двигатель? Он просто решил сэкономить немного горючего.

Вот земля уже совсем близко. Тогда лѐтчик открывает расположенный слева от него кран пневмозапуска двигателя. Секунда — другая, и двигатель, раскрученный сжатым воздухом, снова заработал. Спуск прекратился, вертолѐт «повис» в нескольких метрах над аэродромом.

Вы можете открыть дверь, спустить верѐвочную лестницу, без особого труда сойти на землю и так же легко вернуться в машину.

Последние минуты полѐта.

Вертолѐт взмывает, словно движется по невидимой наклонной плоскости вверх.

Вот под вами посадочная площадка. Она немного слева и позади вертолѐта.

Остановив машину в воздухе, пилот берѐт ручку управления немного на себя и чуть-чуть влево. Значит, в том же направлении отклонилась и равнодействующая силы тяги несущего винта. Вертолѐт пятится в воздухе, одновременно несколько смещаясь влево.

Лѐтчик останавливает машину точно над очерченной по краям посадочной площадкой. Затем плавным движением убирает газ, и вертолѐт касается земли с лёгким, почти неощутимым толчком.

Полѐт окончен. Лѐтчик глушит двигатель и, чтобы остановить вращающийся по инерции несущий винт, пускает в ход тормоз. Теперь вы можете выйти из кабины прямо на поле.

Так летают на вертолѐте.

Вертолѐт — исключительно маневренная машина. Но по сравнению с самолѐтом он всё же менее устойчив. Полѐт на вертолѐте требует от лѐтчика не только большой внимательности, но и значительной выносливости. Особенно труден и утомителен полѐт в группе.

Практика показывает, что каждый лѐтчик при желании может научиться управлять вертолѐтом. Теперь, когда у нас появились учебные вертолѐты с двойным управлением, сроки обучения на этих машинах резко сократились.

## 11. ПРИМЕНЕНИЕ ВЕРТОЛЁТА

**Б**езопасность полёта — одно из важнейших требований, предъявляемых ко всем типам летательных машин. Одномоторный самолёт в случае поломки двигателя должен немедленно планировать и приземлиться. Но для аварийной посадки даже лёгкого самолёта требуется достаточно ровная, расчищенная площадка шириной в несколько десятков и длиной в несколько сот метров. Иное дело — вертолёт. Внезапная остановка двигателя не страшна этой машине. Вертолёт может спланировать или спуститься вертикально и совершить вынужденную посадку на любую площадку: небольшую лужайку, шоссе, просёлочную дорогу или прямо на пашню.

У вертолёта нет опасного свойства самолёта «терять скорость», которое иногда может стать причиной авиационной катастрофы.

В случае необходимости вертолёт способен сопровождать, не обгоняя и не отставая, идущий поезд, автомашину, пароход, глиссер, лодку, пловца.

Можно добиться, чтобы полёт вертолёта был почти бесшумным. Дело в том, что несущий винт вертолёта вращается в несколько раз медленнее, чем самолётный винт, и поэтому создаёт сравнительно мало шума. А от гула работающего двигателя можно легко избавиться, поставив глушитель.

Свойства и особенности вертолёта определяют области его применения в народном хозяйстве.

Юркая двухместная машина — незаменимое средство сообщения и связи в труднодоступных местах. Связь между геологическими партиями, работающими в горных и таёжных районах, перевозка почты и срочных грузов в населённые пункты, расположенные в лесисто-болотистой местности, доставка врачей и медикаментов туда, где не может приземлиться самолёт, быстрая транспортировка больных, нуждающихся в неотложной помощи — всё это может делать вертолёт.

Вертолёт прочно входит в нашу жизнь. Ранней весной 1954 года в районы Заволжья на вертолётах в исключительно сложных метеорологических условиях был переброшен корм для скота. Сейчас каждое утро в некоторые районы Московской области прибывает вертолёт, доставляя свежие столичные газеты и почту (рис. 24).

Можно ожидать, что основным типом вертолётa завтрашнего дня будет тяжёлая многомоторная, многоместная машина с несколькими несущими винтами. Уже сейчас проектируются, строятся и испытываются вертолётa,



Рис. 24. Вертолёт конструкции М. Л. Миля доставил столичные газеты и почту в Верейскую районную контору связи (Московская область).

рассчитанные на перевозку крупных грузов или 10—12 и больше человек (рис. 25). Такие аппараты способны об-

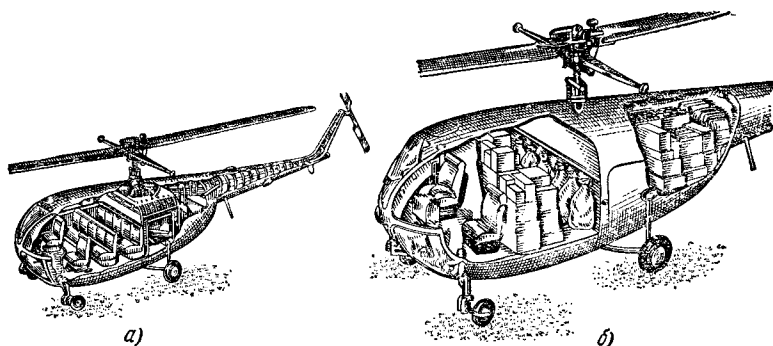


Рис. 25. Современные транспортные вертолётa (в разрезе): *а* — пассажирский вертолёт на 12 человек, *б* — тяжёлый грузовой вертолёт.

служивать пассажирские линии, причём отпадает необходимость в специально оборудованных аэродромах; для взлёта и посадки может быть использовано шоссе, даже достаточно широкая улица, пустырь или спортивная пло-



шадка — вообще любой участок в несколько десятков квадратных метров.

Интересны попытки создания вертолѐта-автомобиля. Это по существу обычная легковая автомашина со складывающимся на земле несущим винтом. Она окажется пригодной и для деловых целей и для загородных семейных прогулок. Один из вертолѐтов-автомобилей рассчитан на двух человек. На этой машине имеется обычный автомобильный штурвал для управления при езде по дороге и в горизонтальном полѐте. Управление при подъѐме, спуске и «висении» производится с помощью рукоятки на потолке кабины. Два соосных несущих винта вращаются в противоположные стороны двигателем мощностью в 90 л. с. Максимальная скорость горизонтального полѐта этого вертолѐта-автомобиля — до 150 километров в час, а скорость движения по дороге — до 90 километров в час.

Таким образом, можно предполагать, что в ближайшие годы пассажирские вертолѐты будут широко применяться как средства городского и пригородного транспорта коллективного и индивидуального пользования. Уже сейчас имеется опыт применения четырёхместных вертолѐтов в качестве «воздушного такси».

В случае нужды вертолѐт может совершить посадку на плоскую крышу дома. Даже там, где совсем нет места для приземления, например на крутых горных перевалах и в непроходимых топях, нас выручит эта замечательная машина: с вертолѐта, «повисшего» в нескольких метрах над землѐй, можно сбросить верѐвочную лестницу.

Эти примеры показывают, что в ряде случаев вертолѐт незаменим.

В какой же мере он может стать соперником самолѐта?

Самолѐт — замечательное транспортное средство. Тяжёлые транспортные машины быстро перемещают по воздуху большие грузы и пассажиров за тысячи километров. Быстроходные комфортабельные самолѐты, курсирующие на авиалиниях нашей необъятной Родины, сближают между собой самые отдалѐнные пункты, сокращают расстояния и сберегают нам время. Но при небольших скоростях — до 100 километров в час — самолѐт почти непригоден для использования. В этом случае с успехом может применяться только вертолѐт.

Вертолёт будет широко использоваться для систематического наблюдения за нефте- и газопроводами (например, на трассе Саратов — Москва) и высоковольтными линиями электропередач.

Эта машина найдёт применение для несения патрульной службы по борьбе с лесными пожарами и для ледовой разведки в северных районах.

Вертолёт пригоден для проведения геологических разведок, поисков лежищ морского зверя и косяков рыб в открытом море. В морских условиях вертолёт может стартовать и садиться прямо на палубу даже небольшого судна.

Вертолёт окажет неоценимую помощь в борьбе с сельскохозяйственными вредителями, особенно в горных районах наших субтропиков, где самолёт совершенно непригоден. Значительную пользу принесёт вертолёт при опрыскивании с воздуха небольших садов и огородов, при подкормке посевов и т. п.

С вертолёта удобнее, чем с самолёта, производить аэрофотосъёмку.

Таким образом, вертолёты могут оказать большую помощь при составлении карт местности. После окончания строительства Волго-Донского судоходного канала имени В. И. Ленина это замечательное сооружение было сфотографировано с вертолёта.

Для ведения нашего планового хозяйства важную роль играет чётко налаженная служба погоды. Своевременное составление краткосрочных и долгосрочных прогнозов погоды требует исключительной оперативности от синоптиков \*). Вертолёты могут оказать огромную помощь разбросанным по всей стране метеорологическим станциям Центрального института прогнозов в их сложной работе по ежедневному составлению общей карты погоды СССР. Небольшие одноместные вертолёты, оборудованные метеорологической аппаратурой, автоматически записывающей данные о состоянии атмосферы, обеспечат синоптиков необходимыми сведениями (давление, температура и влажность воздуха, высота облачности и т. д.).

---

\*) Синоптик — метеоролог, специалист по составлению синоптических карт — географических карт, на которые нанесены сводные результаты наблюдений над различными элементами погоды. Эти карты необходимы для предсказания погоды.

Способность вертолѐта перемещаться с небольшими скоростями и даже совсем медленно, «шагом», позволяет использовать его для спасательных работ даже в нелѣтную погоду, когда самолѣтам взлетать очень рискованно.

Сквозь слепящий снеговой шторм и густой туман, двигаясь «наощупь», вертолѣт сможет пробиться к терпящему бедствие кораблю. Этот «небесный тихоход» уже не раз участвовал в спасательных операциях, когда все другие средства, в том числе и самолѣт, нельзя было применить из-за сложной метеорологической обстановки или из-за невозможности приземлиться.

Вот что произошло однажды в Арктике.

...На далѣкой полярной станции Шелаурова тяжело заболела женщина. Она нуждалась в неотложной медицинской помощи. Об этом сразу же радиовали на Большую Землю.

Больную следовало срочно доставить в бухту Тикси. Но от полярной станции Шелаурова, расположенной на одном из островов Ляхова в северо-восточной части Ледовитого океана, до бухты Тикси, где находится больница,— сотни километров трудного морского пути. Состояние больной не позволяло вывезти её на корабле. Использовать самолѣт также не представлялось возможным. Мыс острова, на котором разместились полярная станция,— сплошная скала с нагромождѣнными на ней каменными обломками, и даже лѣгкому самолѣту негде приземлиться.

Из Тикси вылетел вертолѣт. Преодолев сотни километров над морем Лаптевых, он совершил посадку на маленькой площадке у здания полярной станции. Взяв на борт машины больную, пилот пустился в обратный рейс. В тот же день заболевшая женщина была доставлена в больницу.

Можно привести и другие примеры использования вертолѣта, свидетельствующие об исключительных возможностях этой поистине замечательной машины.

...Местный житель Чукотки, промышлявший зверя у берегов, преследовал медведя. Внезапно льдина, на которой находился охотник, оторвалась от берега. Катера поблизости не оказалось. А льдину уносило ветром в открытое море. Она была настолько мала, что о посадке самолѣта на ней не могло быть и речи. Охотнику угрожала

гибель. Оставалось одно средство — вертолёт. Пилот, посланный на выручку, быстро обнаружил охотника, лежавшего на небольшой тонкой льдине. Но спустить на неё машину нельзя: тяжести вертолёта она не выдержит. И пилот принимает смелое решение. Он снижает машину и «повисает» над самой льдиной. Затем выбрасывает из кабины верёвку. Охотник ухватил её и несколько раз обвил вокруг себя. Вертолёт поднялся выше, пролетел некоторое расстояние и осторожно призем-

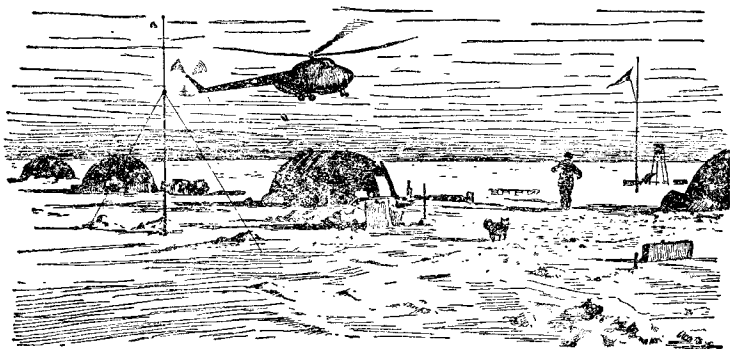


Рис. 26. Вертолёт конструкции М. Л. Мияя над дрейфующей научно-исследовательской станцией «Северный Полюс-3» (1954 год).

лился на другой льдине — большой и надёжной. Охотник забрался в кабину и вскоре был доставлен в родной посёлок.

Ещё не так давно возможность систематической эксплуатации вертолётов в суровых условиях Севера ставилась под сомнение. Советские лётчики доказали, что эти замечательные машины могут эксплуатироваться в любых климатических условиях, под любыми широтами. Так, например, на дрейфующих научно-исследовательских станциях «Северный Полюс-3» и «Северный Полюс-4», высаженных на льдах Северного Ледовитого океана высокоширотной воздушной экспедицией 1954 года, имеются не только тракторы и автомобили-вездеходы, но и вертолёты. Винтокрылые машины помогают сотрудникам полярных станций выполнять обширную программу научных наблюдений (рис. 26) Вертолёт всегда готов подняться в воздух и в случае появления угрожающих трещин и разво-

дий может перевезти людей и оборудование в безопасное место.

Не исключается возможность использования вертолѐта и в условиях военного времени. Вертолѐт обеспечит надёжную связь между штабами и воинскими соединениями, особенно во время наступления, при частых перебазированиях, когда трудно найти подходящий полевой аэродром. Вертолѐт на войне — это армейский разведчик и артиллерийский корректировщик, охотник за подводными лодками противника и надёжное средство связи с десантными отрядами, заброшенными во вражеский тыл. Группа достаточно грузоподъёмных вертолѐтов может быть с успехом использована для проведения воздушно-десантных операций независимо от характера и профиля местности.

Бесшумный военный вертолѐт — это ночной лёгкий бомбардировщик ближнего действия, особенно пригодный для нанесения бомбового удара по важным, но небольшим по площади целям, например по мостам, складам, штабам и т. п., возможность попадания в которые весьма затруднена для самолѐта из-за его большой скорости.

Вертолѐт может нести охранную службу на море при сопровождении караванов судов. Атака вертолѐта на подводную лодку противника намного действеннее, чем нападение самолѐта, так как вертолѐт может сравнять свою скорость со скоростью подводной лодки. Точно так же вертолѐту значительно легче поразить автомашину, танк или бронепоезд врага, чем самолѐту. Неоценимую помощь военно-медицинской службе окажет санитарный вертолѐт, подбирающий тяжело раненных прямо на поле боя и спасающий утопающих в районе морского сражения. В мирные дни военный вертолѐт может с успехом применяться для несения патрульной службы по охране сухопутных и морских границ.

Летом 1954 года на параде в День Воздушного Флота СССР сотни тысяч зрителей, собравшихся на Тушинском аэродроме под Москвой, увидели интересную картину: высадку воздушного десанта с тяжѐлых транспортных вертолѐтов.

«Третье отделение парада открывают вертолѐты, — сообщала на следующий день газета «Правда». — Они заполняют всё воздушное пространство над широким полем

аэродрома. 36 вертолётот производят посадку — опускаются сверху вертикально.

Присутствующие наглядно убеждаются, какая маленькая площадка нужна для приземления этих оригинальных, сильных, способных поднять большой груз машин.

Как только вертолётот коснулись колёсами земли, раскрываются широкие дверцы, выбегают солдаты. Пока они быстро выкатывают из одних вертолётот пушки, к ним уже спешат автомобили-тягачи, своим ходом выехавшие из других вертолётот.

Восхищаясь слаженностью действий лётчиков и десантников, которыми командует полковник Ерофеевский, зрители наблюдают, как мгновенно прицепляются орудия к тягачам, как ловко вскакивают в их кузова десантники. Высадку десанта надёжно прикрывает несколько звеньев реактивных истребителей.

Снова заработали на полную мощность двигатели вертолётот. Машины вертикально поднимаются вверх и строем покидают аэродром».

Высадка механизированного десанта одновременно из тридцати шести винтокрылых машин показала, какой высокой боевой выучкой обладают советские десантные войска.

В один из праздников, посвящённых Дню Военно-Морского Флота СССР, на одноместных вертолёттах конструкции Н. И. Камова морские лётчики опускались на воду, совершали посадку на плоты площадью около пяти квадратных метров, взлетали с них, догоняли быстро идущие боевые корабли и опускались на их палубы.

Гвардии полковник Ф. Прокопенко рассказывает:

«Лётные качества вертолётта таковы, что он почти не подвержен „болтанке“. Это очень важно для перевозки больных. Не так давно врачи обратились к нам за помощью. Тяжело больного нужно было срочно доставить в один из госпиталей. Больной, бывший офицер Советской Армии, Герой Советского Союза, очень тяжело переносил поездки в автомашине. Любой толчок вызывал страшные боли. Поездка в поезде также не устраивала. Предложили полететь на вертолётте. На специальных амортизаторах в кабине были подвешены носилки. Когда полёт был закончен, больной сказал: „Я чувствовал себя прекрасно. Даже

не заметил, когда отделились от земли. В воздухе мне казалось, словно я нахожусь в постели. Спасибо вам, друзья!».

Из всего рассказанного здесь ясно, что вертолёт и самолёт не исключают друг друга и не конкурируют между собой. Оба они важны, у каждого из них — свои задачи. В авиации они дополняют друг друга и успешно используются каждый в своей области.



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение . . . . .	3
1. Из истории вертолѐта . . . . .	3
2. Сопротивление воздуха . . . . .	6
3. Подъѐмная сила . . . . .	11
4. Винт вместо крыла . . . . .	16
5. Вертолѐт в воздухе . . . . .	20
6. Устройство вертолѐта . . . . .	23
7. Автомат перекоса . . . . .	27
8. Рулевой винт . . . . .	34
9. Советские вертолѐты . . . . .	37
10. Полѐт на вертолѐте . . . . .	41
11. Применение вертолѐта . . . . .	46

---



ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО  
ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ  
ЛИТЕРАТУРЫ  
«ГОСТЕХИЗДАТ»

МОСКВА, В-71, Б. КАЛУЖСКАЯ, 15

ГОТОВЯТСЯ К ПЕЧАТИ

В серии «Научно-популярная  
библиотека»:

**М. Ф. Иванов и Г. В. Бялобжеский, Искусственные камни.**

**А. В. Чуйко, Необыкновенный камень.**

**Ю. М. Богданов, Наука о прочности.**

В серии «Научно-просветительная  
библиотека»:

**Проф. Р. В. Куницкий, Было ли начало мира.**

**Проф. Б. А. Воронцов-Вельяминов, Происхождение  
небесных тел.**

**Проф. Р. В. Куницкий, День и ночь. Времена года.**

**Г. А. Аристов, Солнце.**

**Н. Г. Новикова, «Необыкновенные» небесные явления.**

**Е. Л. Кринов, Небесные камни.**

**Проф. Г. П. Горшков, Строение земного шара.**

**Проф. В. И. Громов, Из прошлого Земли.**

# ГОСУДАРСТВЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО ТЕХНИКО-ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

## НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА

- Вып. 50. Ф. И. ЧЕСТНОВ. Радиолокация.  
Вып. 51. Проф. К. К. АНДРЕЕВ. Взрыв.  
Вып. 52. Д. А. КАТРЕНКО. Чёрное золото.  
Вып. 53. Г. А. АРИСТОВ. Солнце.  
Вып. 54. К. Б. ЗАБОРЕНКО. Радиоактивность.  
Вып. 55. А. Ф. БУЯНОВ. Новые волокна.  
Вып. 56. М. А. СИДОРОВ. От лучины до электричества.  
Вып. 57. И. Г. ЛУПАЛО. Наука против религии.  
Вып. 58. А. М. ИГЛИЦКИЙ и Б. А. СОМОРОВ. Как печатают книги.  
Вып. 59. В. К. ЩУКИН. Штурм неба.  
Вып. 60. А. Ф. ПЛОНСКИЙ. Пьезоэлектричество.  
Вып. 61. Ф. Д. БУБЛЕЙНИКОВ. Земля.  
Вып. 62. С. А. МОРОЗОВ. По суше, воде и воздуху.  
Вып. 63. Г. И. БУШИНСКИЙ. Происхождение полезных ископаемых.  
Вып. 64. А. В. ЧУЙКО. Необыкновенный камень.  
Вып. 65. А. П. ЛЕБЕДЕВ и А. В. ЕПИФАНЦЕВА. О чём рассказывают камни.  
Вып. 66. Проф. К. Ф. ОГОРОДНИКОВ. Сколько звёзд на небе.  
Вып. 67. Проф. Н. С. КОМАРОВ. Искусственный холод.  
Вып. 68. Проф. С. К. ВСЕХСВЯТСКИЙ. Как познавалась вселенная.  
Вып. 69. Проф. В. Т. ТЕР-ОГАНЕЗОВ. Солнечные затмения.  
Вып. 70. Ф. И. ЧЕСТНОВ. Загадка ионосферы.  
Вып. 71. В. Д. ЗАХАРЧЕНКО. Мотор.  
Вып. 72. В. А. ЛЕШКОВЦЕВ. Атомная энергия.  
Вып. 73. А. Ф. ПЛОНСКИЙ. Радио.  
Вып. 74. В. А. ПАРФЁНОВ. Редкие металлы.  
Вып. 75. Ф. М. ИВАНОВ и Г. В. БЯЛОБЖЕСКИЙ. Искусственные камни.