

О Т Ч Е Г О Л Ю Д И Н Е Л Е Т А Ю Т ?

О том, как бегать по воде, о трехсотметровой башне, которую можно воздвигнуть за несколько часов, о надувной детской коляске, которая в спущенном виде умещается в дамской сумочке, и о многом другом, поразительном и поучительном, рассказывал доктор физико-математических наук В. И. Меркулов в статье «Чудеса гидроаэромеханики» («Наука и жизнь», 1974, № 11). В этом году в Киеве, в издательстве «Техника», выходит книга В. И. Меркулова «Популярная гидромеханика». Предлагаем вниманию читателя отрывок из книги.

Доктор физико-математических наук В. МЕРКУЛОВ.

Человек научился летать быстрее и дальше любой птицы. Однако, как ни прекрасны современные воздушные лайнеры, они являются только транспортными средствами, а мы — лишь пассивными пассажирами.

А рядом, в одном с нами мире, беспечно резвятся стрижи, пролетают транзитом в дальние страны журавли. Летательный аппарат их предельно прост и доступен, кажется, любому живому существу. Этим объясняется исключительный интерес к проблеме машущего полета.

Попробуем разобраться в некоторых секретах птичьего полета. Но прежде машущего полета рассмотрим как более простые планирующий и парящий полеты.



ПЛАНИРУЮЩИЙ ПОЛЕТ

Планирующий полет, кроме птиц, освоили многие животные.

Вот, например, летучие рыбы. Энергичными движениями хвостового плавника они развивают скорость немногим менее двадцати метров в секунду и частично выходят из воды. Грудные плавники, которые в воде были сложены вдоль туловища рыбы, разворачиваются над водой, образуя несущие плоскости. Рыба отрывается от воды и совершает планирующий полет.

У летающей яванской лягушки между удлиненными пальцами на лапах натянута перепонка значительной площади. Возвратившись на дерево, лягушка может перелететь, планируя, на ниже расположенную ветку другого дерева на расстояние до двадцати метров.

Среди рептилий к планирующему полету приспособились летающий дракон и несколько видов змей. У летающих (а точнее, планирующих) змей тело сплющено настолько, что напоминает ленту. Несущая поверхность у летающего дракона образована складками кожи, которые расположены по бокам туловища и поддерживаются удлиненными ребрами. С их помощью эта маленькая ящерица, обитающая в лесах Южной Азии, способна перелетать с дерева на дерево, преодолевая дистанции до семидесяти метров.

ПАРЯЩИЙ ПОЛЕТ

Многие птицы, такие, как альбатрос, гриф, кондор, могут часами держаться в воздухе, ни разу не взмахнув крыльями. Поддержкой им при этом служат восходящие потоки воздуха.

Способы парения у птиц разнообразны. Кроме восходящих потоков, птицы способ-

можно использовать пространственную неравномерность потока. Используя руль высоты, можно заставить планер летать по сиусоидальной траектории, то поднимаясь вверх и попадая в сильный встречный ветер, то опускаясь вниз, в более медленный воздушный поток. Скорость планера относительно потока будет меняться во времени, и можно будет вновь использовать энергию ветра для подъема, как было описано выше.

Такого же эффекта можно достичь при движении по винтовой линии, подобной той, по которой в парящем полете поднимаются птицы.

МАШУЩИЙ ПОЛЕТ

Планировать и парить птицы могут, лишь поднявшись на некоторую высоту и только при благоприятной погоде.

Универсальная форма полета — это активный машущий полет, свойственный птицам, насекомым, летучим мышам.

Из перечисленных животных насекомые — самые древние. Длительный период эволюции привел их к огромному разнообразию форм машущего полета. Частота взмахов варьируется от пяти герц у крупной бабочки махаона до тысячи — у мелких двукрылых.

Многие насекомые могут зависать в воздухе, как это делает вертолет. При этом крылья у них колеблются около горизонтальной плоскости.

Попробуем понять секреты машущего полета насекомых и птиц с точки зрения механики.

Любой предмет весом P будет висеть над землей только в том случае, если он в соответствии с законом импульса за единицу времени отбрасывает вниз определенную массу воздуха M со скоростью w .

$$P = Mw.$$

Если через S обозначить площадь, ометаемую крыльями, а через ρ — плотность воздуха, то масса, отброшенная за единицу времени, выразится так:

$$M = \rho Sw.$$

Следовательно,

$$P = \rho Sw^2.$$

Для того чтобы отбросить массу воздуха M со скоростью w , нужно совершить работу

$$N = \frac{1}{2} Mw^2 = \frac{1}{2} \rho Sw^3.$$

Для полученного выражения мы применили традиционное обозначение мощности N , поскольку работа, совершенная за единицу времени, это и есть мощность.

Из двух последних формул исключим скорость w и определим тем самым мощность, необходимую для висения в воздухе предмету (птице, насекомому или летательному аппарату) весом P , если его крылья ометают площадь S .

$$N = \frac{P^{3/2}}{2 \sqrt{\rho S}}.$$

Из формулы видно, что мощность уменьшается с ростом ометаемой площади. Однако при этом увеличиваются потери. Это обстоятельство и требования к прочности крыльев не позволяют увеличивать их размеры беспредельно.

Учет реальных потерь позволяет уточнить формулу

$$N \approx 0,8 \frac{P^{3/2}}{L} \text{ вт.}$$

Здесь P — вес в ньютонах, L — размах крыльев в метрах.

Представим себе летательный аппарат, который изготовлен по образу и подобию птицы, но по росту человека.

Вес примем равным 1 000 ньютонов, размах крыльев — 4 метрам. Согласно формуле, необходимая для висения мощность составляет 7 киловатт, или, в других единицах, около 10 лошадиных сил.

Это, конечно, гораздо больше, чем может развить человек, даже если он будет использовать силу не только рук, но и ног.

Снизить необходимую мощность можно, увеличив размах крыльев. Однако при этом возрастет вес аппарата, что потребует дополнительного увеличения крыльев.

Предел, на котором остановится этот процесс, зависит от материала и конструкции крыльев. Однако, если даже такой аппарат и удастся построить, пользоваться им можно будет только при совершенно тихой погоде. Мощности человека при столь больших крыльях не хватит, чтобы преодолеть самый слабый встречный ветер.

После всего сказанного становится ясным, отчего люди не летают так, как птицы.

Конечно, создавая все более изощренные конструкции крыльев, используя силу не только рук, но и ног, а тем более какие-либо двигатели, изобретателям удастся построить махолеты, позволяющие совершать полеты незначительной дальности. Но рассказ о них выходит за рамки нашей статьи.

ны использовать пространственную и временную неравномерность встречных потоков.

Рассмотрим возможность парения во встречном воздушном потоке, скорость которого возрастает с высотой. Такое распределение скоростей по вертикали естественно, поскольку трение о землю под тормаживает нижние слои воздуха.

Парящие птицы часто кружат на одном месте. При этом половину своего кругового пути птица летит по ветру, половину — против ветра.

По ветру птица летит, планируя. Сама она при этом снижается, а скорость ее нарастает. Наступает момент, когда птица поворачивает против ветра. Теперь ее скорость относительно потока гораздо больше, чем при движении по ветру. Это значит, что увеличивается и подъемная сила. Она может превысить вес птицы, и тогда птица начнет подниматься.

Ее движение, тормозимое встречным потоком, естественно, будет замедляться. Однако благодаря тому, что с подъемом она попадает в слой воздуха со все возрастающей скоростью, ее скорость относительно потока будет снижаться не столь быстро, и птица, возможно, будет подниматься вплоть до того момента, когда повернет по ветру и вновь начнет планирование.

Цикл завершен. При движении по ветру птица снижалась, при движении против ветра — поднималась. Подъем превзойдет снижение, если крылья птицы будут установлены круче при встречном ветре, чем при попутном.

Другой способ динамического парения заключается в использовании порывов ветра. Расчеты показывают, что если птица летит против ветра в тот промежуток времени, когда ветер усиливается, и по ветру, когда он ослабевает, то по завершении цикла она оказывается выше точки, с которой начинался цикл.

Динамическое парение в порывистом потоке возможно при движении не только по винтовой, но и по прямой линии. При этом птица может использовать порывы ветра, изменяя наклон крыла. Ветер усилился — крыло наклонилось сильнее, угол атаки увеличился, возросла подъемная сила — птица начала подниматься. Ветер ослаб — крыло вернулось в прежнее положение — птица планирует, наращивая скорость до следующего порыва.

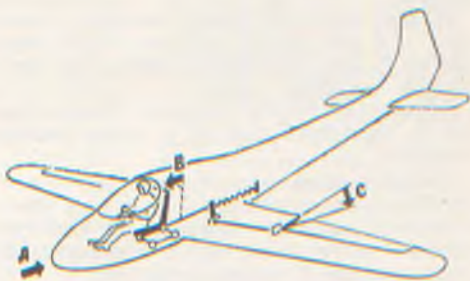
Естественно предположить, что порыв ветра сам отгибает крыло и меняет угол атаки. Чем сильнее нарастает скорость ветра, тем больше изгибается крыло. Такой простой закон управления можно обеспечить соответствующей конструкцией и жесткостью крыла.

Эту идею можно применить к планеру. Нарастающий встречный порыв ветра замедляет полет планера. При этом на всякое тело внутри планера будет действовать сила инерции, направленная вперед. Эту силу можно использовать для поворота закрылков планера, благодаря чему увеличилась бы подъемная сила крыльев.

Если кресло планериста укрепить на по-



Парящая птица движется по кругу, половину которого она летит по ветру, половину — против ветра. Во втором случае скорость птицы относительно воздушного потока достигает наибольшего значения, а вместе с ней возрастает и подъемная сила. Птица поднимается, причем подъем может превзойти снижение на участке планирования, когда птица двигалась по ветру.



Планер динамического парения. Встречный порыв ветра (А) замедляет движение планера, возникающая при этом сила инерции толкает вперед планериста и сдвигает кресло, укрепленное на шарнирах (В); тяги, соединяющие кресло с закрылками, отгибают их на некоторый угол (С). Подъемная сила крыльев возрастает, и планер поднимается.

движных шарнирах, то замедление полета, вызванное порывом ветра, отклонит кресло вперед. Тяги, соединяющие кресло с закрылками, отогнут их на некоторый угол. При ослаблении ветра пружины вернут кресло и закрылки в прежнее положение.

Планер с такой конструкцией крыльев будет отнимать энергию от неравномерного встречного потока и тем самым сохранять или даже увеличивать высоту полета.

Если воздушный поток мало меняется во времени, но сильно меняется по высоте,