

К. Е. ВЕЙГЕЛИН

А В И А Ц И Я ИЗ БУМАГИ

МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ
1 9 3 0

ОТПЕЧАТАНО В ТИПОГРАФИИ
„РАБОЧИЙ ЛЕНИНЕЦ“
ИЗДАТЕЛЬСТВА
„МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ“
МОСКВА, Б. ВУЗОВСКИЙ, 1.
Главлит № А 73032.
тираж 30.100 экз.
заказ № 1336.
мг № 4616.

ВСТУПЛЕНИЕ

Авиация? Из бумаги?

В какой мере это осуществимо и можно ли найти здесь что-либо интересное и поучительное?

Кому неизвестно, что человек желающий по-лучше ознакомиться с вещью, обязательно норовит ощупать или хотя дотронуться до нее рукой—впечатление только на-глаз далеко не столь убедительно. Так и в отношении к авиации. Мало того, чтобы читать про нее в книжках и журналах или любоваться самолетами в воздухе или на аэродроме. Надо помастерить собственными руками, надо проделать простейшие опыты—да, проще всего, именно с бумагой—и тогда многое, кажущееся при чтении не совсем понятным, мало вразумительным или даже недоступным, сразу приобретет другой вид, разукрасится иными красками. Поучительность обеспечивается тем, что с помощью простейших приготовлений из бумаги можно практически ознакомиться с самыми различными способами и возможностями механического летания на простых приемах с помощью игрушек.

Будет ли такая работа достаточно интересной? Мы полагаем, что для молодежи с творческими задатками это не может быть не интересным, поскольку рекомендуемые здесь самоделки будут

осуществляться на деле и не только будут испытываться, но и усовершенствоваться.

Условимся еще, что же будет разуместься здесь под многоговорящим словом „авиация“. „Авис“ (avis) — по-латыни — птица. Отсюда французы произвели в шестидесятих годах прошлого века слово „авиация“ как название той области, где человек, стремясь подражать птице, отказывается от применения газа, более легкого, чем воздух¹, и сосредоточивает свои попытки на осуществлении летания с помощью механических машин, тяжелее воздуха. С разрешением основной задачи в техническом отношении и громадным развитием механического летания в применении к запросам практической жизни под выражение „авиация“ пришлось подводить совокупность всех достижений человечества в этой области (т. е. именно в механическом летании).

Наша задача здесь сильно ограничена: будем познавать практически приемы механического полета, занимаясь с бумажными самоделками.

С другой стороны, хочется показать, что многие из окружающих нас явлений, даже в бытовом быту, имеют в своей основе те же самые законы физики и механики (в частности аэродинамики), которые властвуют в авиации. Вот это приближение авиации к прочим жизненным явлениям, низведение ее с атмосферных высот на землю, в комнатную обстановку или в поле тоже признается нами не бесполезным и небезынтересным для молодых самоделщиков.

¹ Надо иметь в виду, что летание с помощью легких газов носит условное название — „воздухоплавание“; все вопросы этого рода изъяты из рассмотрения в этой книжке.

1. О СИЛОВОМ ВОЗДЕЙСТВИИ ВОЗДУХА

Воздух и работа в нем

Вспомним прежде всего, что представляет собой тот воздух, в котором мы хотим производить опыты. Рассматривая его как физическое тело, мы скажем, что это газ известного состава (какого—здесь совершенно неважно), один куб. метр которого весит в нормальных условиях у земли 1,29 кг. Как воздух обладает и всеми свойствами газов, из которых более существенным в нашем рассмотрении будет его способность „разливаться“ в пространстве, стремясь занять наибольший объем. Отчасти надо указать и на подверженность воздуха температурным влияниям и переменному давлению самой атмосферы, в результате чего образуются разнороднейшие течения: ветры более или менее горизонтального направления; вертикальные токи—восходящие и нисходящие—и всевозможные циркулирующие вихри, начиная с малых смерчей, которые можно воспроизвести на блюде, и кончая циклонами, протяжением на тысячи километров.

При передвижении в воздухе разных иностранных тел или, обратно, при перемещении са-

много воздуха относительно других твердых тел возникает сила сопротивления (реакции), которая играет в авиации крупнейшую роль. Всестороннее исследование этой силы вместе с другими силами, возникающими при разных условиях относительного перемещения воздуха и твердых тел всевозможной формы, составляет главный предмет рассмотрения аэродинамики. При этом сущность явления меняется очень мало, если движение твердого тела в спокойном воздухе заменить набеганием воздушного потока на неподвижно стоящее тело.

На практике чаще получают технический эффект для того или иного использования движения самого рабочего тела, например: крыла самолета — для поддержания его, лопасти пропеллера — для тяги воздушного судна или лопасти вентилятора — для прогонки воздуха. Но бывают и обратные случаи: так, ветер приводит в движение ветряной мельницу, загоняет высоко вверх воздушный шарик или, как предлагается проделать самодельную ветрянку, восходящий ток воздуха в лабораториях.

В опытной же аэродинамике, где исследования и где производятся всевозможные измерения действующих сил, там применяется, главным образом, такой метод: испытываемая модель удерживается в неподвижном положении в особой трубе, в которой создается соответствующий искусственный воздушный поток. Во всех таких случаях за твердым телом, назначенным для получения в воздухе той или иной работы, устанавливается название крыла.

Здесь нужно сделать небольшое разъяснение.

Мы говорим о тех случаях относительного перемещения твердых тел в воздухе, когда имеется

в виду получить полезную работу за счет именно взаимодействия сил в самом воздухе. Так используется работа крыльев аэроплана, лопастей пропеллера, ветровых колес ветродвигателей и т. п. Но во многих случаях относительное перемещение в воздухе отнюдь не является самоцелью, а лишь средством или неизбежным путем в явлениях совершенно иного рода. Возьмем, например, такие явления, как падение кирпича с крыши дома, полет артиллерийского снаряда или разрушение бурей, т. е. силой одного только воздуха, какого-нибудь строения. Аэродинамика рассматривает и подобные случаи, выявляя одинаково и скорости падения дождевых капель в разных слоях атмосферы, и законы, по которым ложатся снежинки за забором при ветре, и баллистические условия при артиллерийской стрельбе. В нашем же рассмотрении здесь, поскольку речь идет об авиации, остаются почти исключительно такие явления, которые создают работу, предназначенную быть использованной как самоцель. Поэтому усвоению понятия о работе крыла как о рабочем элементе, призванном создавать полезный эффект, отдается наибольшее внимание.

Опыт с тремя листками

Проделаем для наглядности такой опыт.

Возьмем полгазетного листа и разрежем его на четыре части. Если один из полученных листков выпустить из рук, держа его горизонтально, с высоты головы или став предварительно на стул, то листок (в спокойном воздухе) будет падать медленно, колеблясь в разные стороны; траекто-

рия (путь) его падения будет самой неопределенной, в виде причудливой, зигзагообразной линии. Возьмем другой такой же листок, сомнем его в кулаке, и полученный комок так же выпустим из руки, как и в первом случае; комок упадет прямо на пол, его траектория будет—отвесная прямая линия. Наконец с третьим листком, повозившись, правда, подольше, можно осуществить спуск по наклонной линии либо в одном направлении, либо даже с кружением (спиралью). Для это придется лишь с длинной стороны листка сделать несколько складок, шириной, примерно, в палец, чтобы получилась утолщенная и утяжеленная кромка; когда ширина

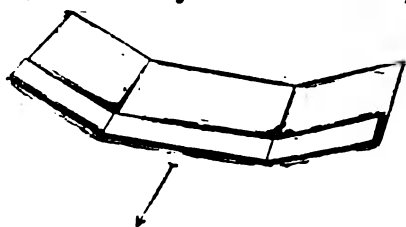


Рис. 1. Листок из газеты как планер.

листка сократится при этом до размера в $\frac{1}{3}$ или $\frac{1}{4}$ длины его, то надо отогнуть концы листка вверх, как указано на рис. 1 (такой листок может быть прообразом работы настоящего „крыла“).

После нескольких или многих проб (подробнее о них говорится ниже), регулируя сложенную кромку и отгибы на концах, легко добиться того, чтобы выпущенный из рук листок не падал „мертвым листом“, как в первом случае, или камнем, как скомканный второй листок, а совершал бы плавные спуски наподобие планирования.

В чем же разница в этих трех случаях? Ведь мы брали совершенно одинаковые листки и одина

ково выпускали их из рук, с одной и той же высоты, без подталкивания или бросания; значит, и сила тяжести, действовавшая во всех случаях, была тоже повсюду одинаковой.

Почему же такое резкое различие в поведении наших листков?

Конечно, этой причиной является сила реакции, т. е. противодействие или сопротивление воздуха, которое в рассмотренных случаях сказывается совершенно по-разному.

Как воздух ни редок, сравнительно с твердыми или даже с жидкими телами, но с величиной его сопротивления неизбежно приходится считаться везде там, где поверхность тела сравнительно велика и где в особенности принимает большие значения скорость относительного перемещения.

В нашем первом примере при громадной поверхности тела, сравнительно с его ничтожной толщиной, листок встречал очень большое сопротивление воздуха, а следовательно, и большую поддержку; падая медленно, при случайном характере внешнего воздействия и при полном отсутствии собственной устойчивости, он метался из стороны в сторону без всякой дисциплины. Во втором случае мы имели собственно уже не листок, как таковой, а комок из бумажного материала, которому воздух оказывал очень слабое сопротивление.

Наконец в третьем случае была применена дисциплина, чтобы придать случайному движению первого листка определенный режим, за счет, конечно, целесообразного использования силы реакции воздуха.

Аэродинамические формы без работы

Явления, аналогичные трем описанным опытам, были подвергнуты длительным и всесторонним исследованиям теоретически и, главным образом, экспериментально (т. е. опытным путем) в аэродинамических лабораториях. И в результате были выработаны законы, основная сущность коих сводится к следующему.

Скорость свободного падения твердого тела в воздухе при неизменном его весе зависит от формы тела, обеспечивающей наименьшее сопротивление воздуха, и от наличия специальных органов, способных предотвратить опрокидывание тела



Рис. 2. „Аэродинамическое тело“ наилучшей обтекаемости. Маленький кружок в середине его, поставленный перпендикулярно к движению, оказывает в воздухе такое же сопротивление, как и все тело.

в лету (для обеспечения одинакового положения тела относительно траектории). Наилучшая аэродинамическая форма тела, представляющая в воздухе наименьшее сопротивление, — это веретенообразная или каплевидная, с закругленной головной частью и с вытянутой кормой (см. рис. 2); при этом длина тела должна превосходить его наибольший диаметр примерно в шесть раз, при рас-

положении наибольшего диаметра в расстоянии одной трети длины тела от его головы. Тело описанной идеальной аэродинамической формы представляет такое же сопротивление в воздухе, как круглая пластинка, стоящая перпендикулярно к направлению движения и имеющая площадь в 30 раз меньше площади наибольшего поперечного сечения тела. Понятно, что подобные аэродинамически обтекаемые тела будут иметь наименьшее сопротивление в воздухе одинаково как при вертикальном падении, так и при горизонтальном перемещении, лишь бы продольная ось тела совпадала с направлением относительного движения. Последнее условие, обеспечивающее тело от опрокидывания, выполняется введением в его кормовой части крестообразного оперения (см., например, на рис. 13). Вот этот основной закон о сопротивлении тел по форме и предопределил вид оболочек дирижаблей (вспомните цеппелины) и воздушных бомб, бросаемых с воздуха; для обоих случаев одинаково важно лишь уменьшить до минимума сопротивление воздуха, без преследования специальных рабочих задач.

Другое дело, когда требуется, чтобы падающее тело имело скорость падения не наибольшую, а наименьшую. Ясно, что это может быть достигнуто за счет увеличения сопротивления воздуха, т. е. увеличением поверхности тела, перпендикулярной к направлению его движения (как было выше в первом случае с бумажным листком). Практика показала, что наиболее подходящим видом для этой цели будет зонтичная поверхность; но чтобы предохранить ее от метаний из стороны в сторону, как было с нашим листком, снизу

к зонтичной поверхности подвешивается на стропах (веревках) нагрузка. Таков парашют, служащий для медленного, безопасного спуска с высоты людей, например при авариях в воздухе или для сбрасывания грузов и почты.

Работа крыла

Познакомимся теперь с характером явления, аналогичного случаю с нашим третьим газетным листком, который совершал планирующие спуски. Это явление представляет для авиации наибольший интерес, так как именно в нем лежит секрет всех достижений современной авиотехники. Чему учит здесь аэродинамика?

В самой упрощенной схеме планирующее скольжение листка, сложенного по рис. 1, может быть изображено в таком виде (рис. 3): MN — поперечное сечение листка, MK — горизонтальная линия, ML — та примерная траектория, по которой установилось плавное, скользящее движение листка (другими словами — траектория спуска или глissада). Опыт учит, что сила сопротивления воздуха для наклонной пластинки прилагается ближе к головной — атакующей кромке N , в расстоянии от нее равном примерно $\frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ ширины пластинки MN ; по направлению же сила сопротивления близка к перпендикуляру к плоскости пластинки. Пусть для нашего случая сила сопротивления R , примерно перпендикулярная к MN , приложена в точке C , именуемой центром давления или сопротивления (значит $CN - \frac{1}{3} - \frac{1}{4}$ от MN). Если бы центр тяжести листка лежал в середине MN , в точке O , то явление было

подобно случаю с нашим первым листком. На самом деле, от действия силы тяжести Og и силы сопротивления R листок стал бы опрокидываться и метаться из стороны в сторону. Но мы сделали в головной (атакующей) кромке листка несколько складок, отчего искусственно переместили центр

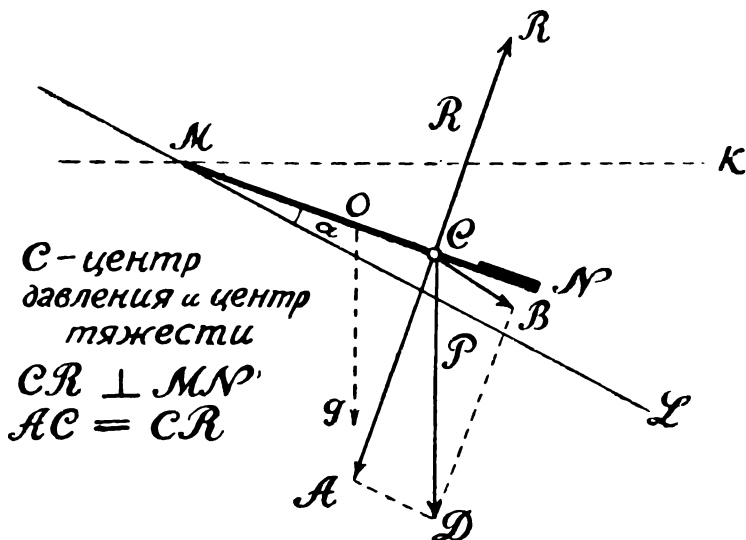


Рис. 3. Простейшая схема планирующего листа.

тяжести вправо. Путем регулировки этой складки нетрудно совместить центр тяжести с центром сопротивления в точке C , и тогда будет соблюдено основное условие для достижения планирующего спуска. Если действительной силой тяжести листка будет прямая CD , то мы разложим ее на две составляющие: AC — в направлении силы

R и CB — в направлении, параллельном ML . Сила AC может погасить R , и тогда останется одна лишь сила CB , под влиянием которой листок начнет плавное движение по траектории ML .

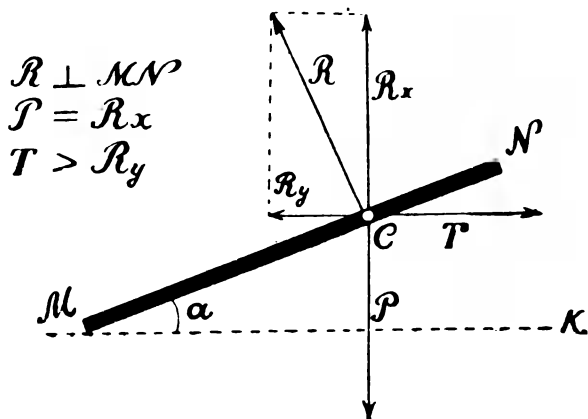


Рис. 4. Схема сил, действующих в плоском аэропланном крыле.

В рассмотренном случае с планирующим листком существенно важно то, что сила сопротивления R поглощает значительную долю силы тяжести P . И достаточно приложить к пластинке MN некоторую собственную тягу, чтобы возросшая сила R была бы в состоянии совершенно уничтожить собственный вес P : ясно, что тогда планирующий спуск превратится в свободный полет. Такая схема изображена на рис. 4, где благодаря моторной тяге T пластинка MN превратилась в плоское крыло аэроплана. Сила сопротивления воздуха R , примененная и здесь в центре сопротивления C , разложена на две составляющих: вертикальную, несущую силу

R_x и тормозящую горизонтальную силу R_y . Первая сила, полезная, уничтожает собой силу всей нагрузки P , а вторая—вредная сила—сама уничтожается тягой T .

В обеих схемах (рис. 3 и 4) образование силы сопротивления воздуха, направленной вверх, и, значит, ее составляющей—несущей силы, обусловливается наличием

угла α между пластинкой MN и направлением движения ML . Без такого угла

встречи (атаки) никакое планирование или полет плоской пластинки был бы невозможным (в спокойном воздухе). Однако

при другой форме пластинки не плоской, а искривленной, с теми характерными отличиями, которые присвоены понятию механическом

крыле, создание несущей силы оказывается возможным и тогда, когда угол встречи α приравнивается нулю или получает даже отрицательное значение. Этот закон аэродинамики пояснен на рис 5, где одно и то же горбатое крыло с утолщенной атакующей кромкой m и с вытянутой задней кромкой n представлено в трех положениях: сверху

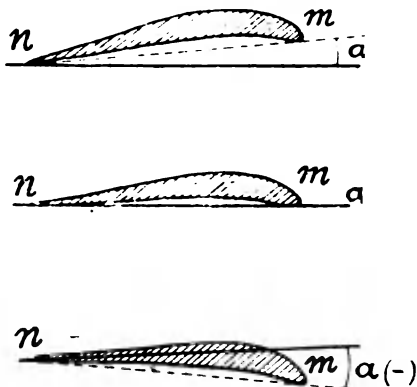


Рис. 5. Профилированное крыло под разными углами встречи: положительный угол—сверху, нулевой—в середине и отрицательный—снизу. Во всех случаях в потолке образуется несущая сила.

с положительным углом встречи α , в середине—при угле $\alpha = 0$ и внизу—под небольшим отрицательным углом α (хорда крыла сравнительно с направлением движения уклонена атакующей кромкой вниз).

Чтобы объяснить это явление возможно проще, надо сказать, что весь вопрос о создании несущей

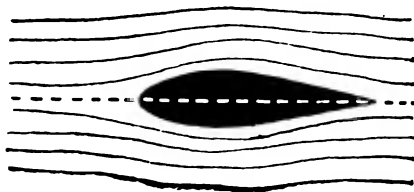


Рис. 6. Поток около тела аэродинамической формы.

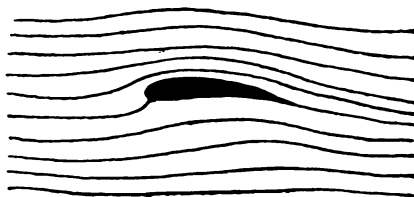


Рис. 7. Ассиметричный поток около крыла.

силы в крыле обуславливается перераспределением давлений, встречаемых им в воздухе.

Что это значит? На рис. 6 и 7 изображены рядом аэродинамическое тело, обтекаемое воздушным потоком, и крыло—тоже в потоке. Первое тело потому и оказывает минимум сопротивления, что вся его поверхность обтекается потоком совершенно плавно, без сгущений, без разрежений

и даже почти без вихрей (разрежение, могущее быть здесь, совершенно симметрично со всех сторон). В крыле же, как это можно видеть по окружающим его линиям, представляющим отдельные струйки, снизу происходит сгущение частиц потока (воздуха), а сверху наоборот, разрежение их. Обычно думают, что аэродинамическое крыло не-

сет потому, что оно „опирается“ на сгущенный воздух под ним.

Это неверно или верно лишь отчасти, так как в действительности разрежение над крылом оказывает действие в 2-3 раза более сильное, чем сгущение под крылом. Вот тут-то и происходит перераспределение давлений. Воздушный поток, набегающий на крыло, однороден по скорости и по давлению, но горбатая спина крыла нарушает эту однородность и создает несимметричную картину циркулирующего омыwania ее потоком: сверху разрежение потока при увеличенной скорости струек вызывает засасывание крыла вверх (от действия только на спину крыла), а снизу увеличенное давление при меньшей скорости подпирает крыло (только под брюшную его часть). Теория и опыт аэродинамики говорят, что такой характер явления сохраняется в крыле и при небольших отрицательных значениях угла их встречи.

Итак, вот какова основа в работе аэродинамического крыла при силовом воздействии на него воздуха. Будем помнить, что на этой работе базируются одинаково и планер, и аэроплан, и лопасти пропеллера, создающего в воздухе тягу (по желанию, горизонтальную или вертикальную вверх).

II. ПРОСТЕЙШИЕ АВИМОДЕЛИ

Крылатые звездочки

Часто можно видеть в уличной продаже одну детскую игрушку, которая существовала, несомненно, задолго до рождения авиации, но которая

послужит нам сейчас простейшим средством для наглядного демонстрирования свойств воздуха, оказывающего сопротивление.

Эта общеизвестная игрушка (рис. 8) состоит из нескольких сбитых вместе деревянных палочек,

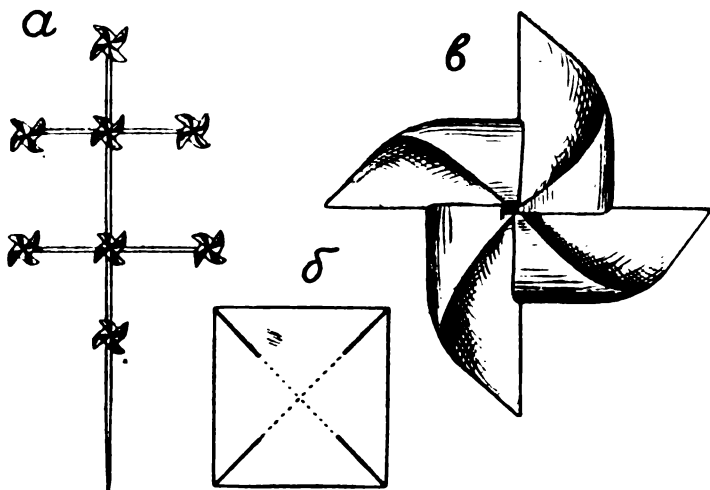


Рис. 8. „Крылатые звездочки“: а—общий вид, б—заготовка бумаги, в—звездочка в готовом виде.

по концам которых насажены на булавках бумажные звездочки, обычно разных цветов. Все развлечение с такой игрушкой заключается в том, что звездочки вертятся безо всякого привода к ним, одинаково при держании их на месте против ветра и при быстрой ходьбе или беге с ними в спокойном воздухе.

Сделаем такую звездочку сами. Вырезав из бумаги квадрат, сторона которого была бы равна примерно ширине ладони, согнем его сперва по одной диагонали, а потом по другой (на крест из угла в угол); расправив листик снова, сделаем ножницами надрезы по следам сгибов из каждого угла до половины каждой полудиagonали (рис. 8 б). Таким образом, в квадратике выйдет уже не четыре, а восемь уголков, сведенных попарно. Проткнув центр фигуры булавкой, на нее накалывают затем четыре уголка, беря их последовательно с чередованием через один, если идти по обводу квадрата; соответствующие проколотым уголкам четвертушки квадрата образуют при этом изогнутые лучи звездочки (см. рис. 8 в). После накала уголков надо вынуть булавку и вновь вставить ее с противоположной стороны, предварительно сжав двумя пальцами все проколотые уголки с серединой фигуры.

Что же происходит при игре?

Звездочка вертится на булавке от проникновения воздуха в изогнутые ее лучи, как мельничное колесо от течения воды. При этом рабочей частью звездочки будет, конечно, та сторона, где в центре наколоты отогнутые уголки, тогда как гладкая в середине спинка остается нерабочей. Каждый луч звезды может быть уподоблен лопасти или, как мы называли выше, крылу, работающему при наличии угла встречи от давления воздуха. В том случае когда игрушка стоит на месте против ветра, звездочки работают как вентилятор или как ветрячки, подобно, например, ветряным мельницам. Если же с игрушкой бежать независимо от ветра, держа звездочки рабочей стороной.

конечно, вперед, то они будут крутиться, как ветрянки или вертушки, которые ставятся, например, на самолетах для производства небольших подсобных работ в лету (например, для перекачки бензина, для вращения генератора радиостановки и т. д.).

При всем несовершенстве и примитивности наших крылатых звездочек в аэродинамическом отношении, они все же являются своего рода ветровыми колесами или пропеллерами, работающими по принципу крыла. Бумагу для них надо выбирать тонкую, но поплотнее (лучше писчая, почтовая или цветная глянцевитая¹). Для разнообразия звездочки можно делать с вращением в разные стороны (сравнительно с рис. 8 в надо отогнуть другие четыре уголка).

Термические вертушки

Подобно звездчатым ветрянкам, вертящимся от того или иного горизонтального потока воздуха, можно столь же просто и легко сделать из бумаги игрушки, вращающиеся от воздуха на вертикальной оси. На рис. 9 показана такая многолопастная вертушка, крутящаяся от вертикального тока воздуха. Такие токи существуют в атмосфере в изобилии, и если о них вообще знают мало, то это объясняется, главным образом, тем, что, живя на поверхности земли, человечество до самого последнего времени интересовалось почти исключительно ветрами горизонтального направления, или, вернее

¹ Качество бумаги далеко не безразлично; помимо ее веса играет роль и глянцевитость поверхности, уменьшающая величину трения в воздухе.

говоря, только горизонтальными направлениями существующих ветров, тогда как по существу почти всякий ветер имеет направление, отличное от горизонтального (с тем или иным восхождением или нисхождением). Восходящие токи воздуха образуются в природе или механически или термически. В первом случае это происходит в результате отражения ветров, горизонтальных, от склонов возвышенностей и долин, а во втором случае—от всплывания в атмосфере частиц воздуха, нагретшихся и потому стремящихся подняться в среде менее нагретых частиц. Оба случая легко воспроизвести искусственно: или с помощью продувания трубки, или над каким-либо греющим или горящим прибором (над горячей плитой, над лампой).

Турбинка, изображенная на рис. 9, делается из тонкого картона или из толстой бумаги, лучше глянцевитой. Для получения угла встречи лопасти ее однородно загибаются в одну сторону (устройство ясно из чертежа). Такая игрушка, помещенная над стеклом керосиновой лампы, будет безостановочно крутиться во все время горения. В из-

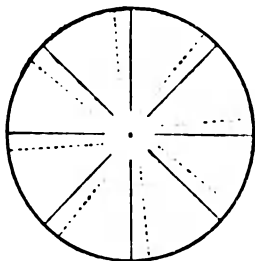


Рис. 9. Бумажная заготовка для термической вертушки.

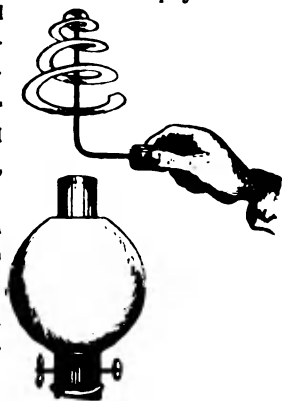


Рис. 10. Вертящаяся спираль над лампой.

мененном виде такой же забавой может быть вырезанная из плотной бумаги спираль (рис. 10) наколотая внутренним концом на заостренный конец проволоки. Так как каждый виток спирали свешивающийся вниз, расположен наклонно, то при помещении ее над горячей кухонной плитой или над стеклом зажженной лампы спираль будет вращаться от восходящего тока воздуха в ту сторону, куда обращен ее наружный конец.

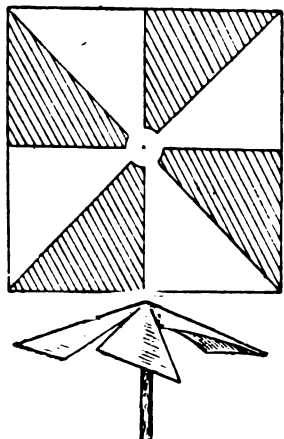


Рис. 11. Бумажная вертушка для опытов в чадони: вверху—заготовка, внизу—в готовом виде.

С небольшой вертушкой можно показывать даже фокус. Вырежем из тонкой писчей или почтовой бумаги квадратик со стороной примерно в 5-6 см и сложим его один раз по одной диагонали, затем сложенный треугольник сложим пополам через прямой угол, а вновь полученный треугольник—точно так же пополам в третий раз. Потом листок надо разгладить, сделать в нем надрезы по всем следам загибов и удалить треугольники, заштрихованные на чертеже (рис. 11), оставив в центре лишь не-

большую втулку. Получится своего рода четырехлопастный пропеллер, если в каждой его лопасти отогнуть по одной кромке вниз (рис. 11—внизу). Такой пропеллер со свешивающимися лопастями, надетый на булавку, будет вращаться,—правда, не быстро,—если его просто держать

в раскрытой ладони благодаря слабому восходящему току—теплу от ладони.

Мотыльки-парашюты

В ясный летний день, по вечерам, из окошка выбросили на двор, где играли ребята, массу каких-то разноцветных лепестков. Сначала эта масса сыпалась сверху беспорядочно, а потом, с разделением лепестков, каждый из них запархал в отдельности, грациозно в воздухе и медленно опускался в чуть волнующемся воздухе. Надо ли говорить о том, что дети оставили свои игры и бросились врассыпную ловить причудливые мотыльки.

Подберем и рассмотрим такой мотылек. Вот уж действительно простая „конструкция“: две полоски тонкой бумаги, шириной примерно в мизинец и

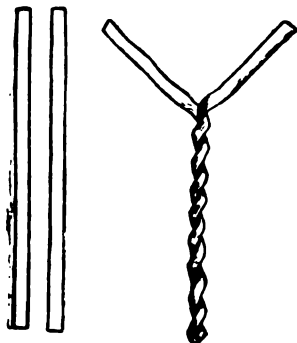


Рис. 12 Вьюнок-парашют.

длиной от 10 до 15 см, скручены вместе одним концом приблизительно на две трети своей длины, тогда как по одной трети каждой полоски торчат с другого конца раструбом (рис. 12). Получается нечто в роде лепестка из скрученного стебелька и двукрылого венчика. Испытаем такой мотылек в комнате, предварительно расправив его лопасти примерно под прямым углом одна относительно другой и дав им некоторый взаимный перекося. Держа мотылек за верхнюю часть стебелька—вен-

чиком, конечно, вверх,— опустим его с высоты головы, став на стул или на стол. После некоторого падения лепесток закрутится и будет падать медленно, образуя как бы сплошной венчик, похожий на вымпел.

Какую аэродинамическую базу нужно подвести под эту детскую забаву?

Во-первых, мотылек, несомненно, парашютирует, так как его крылышки тормозят падение. При этом форма венчика раструбом, расширяющимся вниз стебельком, обеспечивает хорошую устойчивость; в теории доказывается, что сплошная коническая форма парашюта с вершиной вниз, мало удобная для практического использования, в смысле устойчивости даже целесообразнее обычной зонтичной поверхности. Во-вторых, от встречного сопротивления воздуха вымпел вертится вокруг вертикальной оси, причем перекошенные концы полосок работают, как настоящее аэродинамическое крыло. В результате к парашютированию прибавляется еще, правда, очень слабое, торможение от работы венчика как пропеллера (как бы геликоптерный винт).

Явление выигрывает, если его демонстрировать в высокой комнате около горячей печки или на раскаленной от солнца песчаной или мощеной площадке — везде, где можно ожидать восходящие токи,—желательно при отсутствии ветра.

Летучие стрелы и пули

После авиоигрушек с торможением в воздухе вспомним о забавах, где, наоборот, применяются верные средства аэродинамики для обеспечения большей скорости бросаемых предметов.

Кому не известны стрелы для лука, имеющие в хвостовой части оперение, чтобы обеспечить им лучшую устойчивость в воздухе? Такое оперение, приспособленное к старому стальному перу, обращает и его в летучую стрелу, годную для метательных упражнений силой одной руки. Устройство летучей стрелы ясно из чертежа (рис. 13 а).

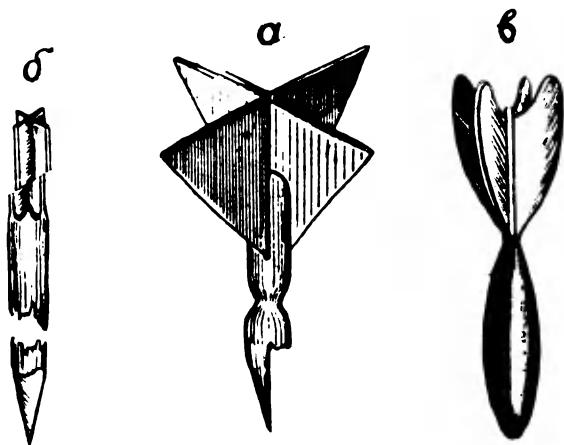


Рис. 13. Летучие стрелы: а—школьная самоделка, б—стальной карандаш и в—летучая пуля.

В перышке расщеплена верхняя часть и отломана одна половинка острия. Оперение, вставляемое в расщеплину, легко складывается из бумажного квадратика или круга после перегибов его по образцу (рис. 11 а). Если летучую стрелу бросать с соблюдением осторожности высоко вверх, то можно видеть, как хорошо она развивает скорость, сравнительно, например, с перышком без оперения.

Летучие стрелы можно применять в состязаниях на меткость попадания в цель на стене или на полу (при бросании вверх).

Серьезные игрушки такого же рода применялись в мировой войне для нанесения поражений живым целям на земле с самолетов, без всякого пользования огнестрельным оружием. Помимо стальных стрел в виде заостренных карандашей, с выдолбленными в другом конце четвертушками (рис. 13 б), применялись специальные летучие пули из свинцового сплава (рис. 13 в). Здесь не только есть оперение, но и форма соблюдена строго аэродинамическая; хорошо обтекаемая, для достижения большей скорости. Обычная ружейная пуля, выброшенная из самолета с большой высоты, имеет незначительный предел наибольшей скорости своего падения, обуславливаемой ее кувырканием и большим сопротивлением воздуха; поэтому такая пуля почти безопасна для людей. Летучая же пуля, изображенная на (рис. 13 в), выброшенная с высоты в $1\frac{1}{2}$ - 2 тыс. м, пронзает насквозь человека или животное во всю высоту. Вот как велика разница в скоростях, достигаемая за счет уменьшения сопротивления воздуха, кажущегося ничтожным!

III. БУМАЖНЫЕ ПЛАНЕРЫ

Стрельчатые планеры

На ряду с летучими стрелами у ребят имеют успех и стрельчатые планеры, складываемые из одной бумаги. На рис. 14 показаны сверху стрела в готовом виде, а ниже—способ ее изготовления.

Листок бумаги $ABCD$, примерно в пистчую четвертушку, аккуратно складывается сперва пополам, по его средней длинной оси OQ . Расправленный и положенный гребешком этой складки вверх, он подвергается последовательным отгибаниям двух своих углов с любой короткой стороны, на-

пример, сперва отгибают вверх углы A и B , первый по линии AM , а второй по линии ON , чтобы стороны AO и BO пришились аккуратно к оси OQ . В таком сложенном виде производится дальнейшее отгибание вверх по линиям OC и OD , опять с тем же, чтобы складки OM и ON пригнулись с обеих сторон к оси OQ . И, наконец, то же самое проделывается в третий раз—по линии OK и OL . Ясно, что

при этом прямые, углы AOQ и BOQ по следовательно делятся на две части (по 45°), на четыре (по $22\frac{1}{2}^\circ$) и на восемь (по $11\frac{1}{4}^\circ$); на черте же слева показаны лишь направления основных перегибов (1,2,3), а справа—все складки от всей операции.

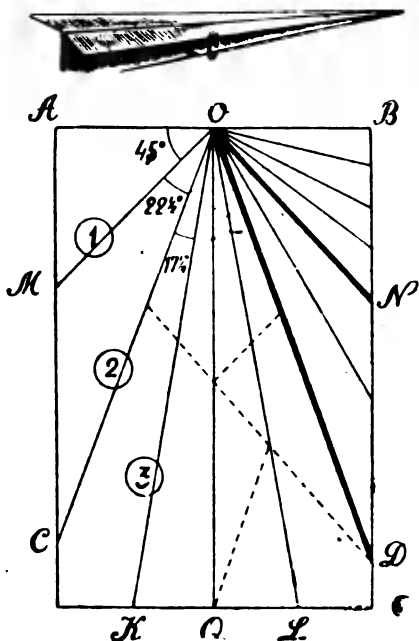


Рис. 14. Стрельчатый планер:
внизу—бумажная заготовка, сверху—
в готовом виде.

С последними перегибами крылышки с обеих сторон отворачиваются обратно вбок и вниз (по линиям OK и OL), а гребешок осевой складки OQ с прижатыми к нему складками OM и ON выпячивается вверх, образуя килек стрелы.

Стрела готова. Для лучшего удержания складок в нижнем киле рекомендуется применять проволочную канцелярскую скрепку, надевая ее на килек снизу (см. рис. 14 вверху).

Бумажные стрелы пускаются бросанием одной рукой, причем в конце горизонтального полета стрела должна совершить плавный планирующий спуск. Ясно, что крылышки играют при этом роль несущей поверхности, а килек—роль оперения. При бросании надо соразмерять силу метания с весом стрелы. Регулировка ее для надлежащего совмещения центра тяжести и центра сопротивления делается на опыте: стрела должна лететь горизонтально и планировать плавно. Неполадки устраняются сперва перемещением вперед или назад проволочной скрепки, а если это окажется недостаточным, то прилепкой внутри киля кусочков воска или сургуча.

Здесь тоже уместны соревнования в бросаниях стрел на дальность, высоту или в пускании их на дальность планирования с одной и той же высоты без всякого подталкивания.

Планеры с рулями

В каждом самолете, будь он с мотором или без мотора (планер), должны быть рули троякого назначения: 1) для управления высотой—горизонтальные крылышки (или одна поверхность), в

хвосте, поворотные вверх и вниз; 2) для управления поперечной устойчивостью (боковыми кренами)—два небольших крылышка на концах главных крыльев, именуемые эльронами (каждый эльрон играет роль руля высоты для конца своего крыла); 3) для поворотов в горизонтальной плоскости (или, как говорят, для устойчивости пути)—поворотный вертикальный руль, располагаемый в хвосте, обычно между крылышками рулей высоты. Такие же рули толжны быть и во всякой летающей модели, если ей пред'является требование совершать свободные полеты по определенным заданиям, а не только прямолинейные планирующие спуски, как то было под силу для стрелчатого планера и для газетного листка.

Но можно ли сделать управляемый планер со всеми рулями только из бумаги? Вполне возможно и совсем нетрудно. Только с регулировкой придется возиться дольше, чем раньше.

Из писчей или почтовой бумаги, лучше потоньше, но поплотнее, надо вырезать квадрат со стороной равной 14 см. С одной стороны этого квадрата загибается последовательно несколько складок, так, как мы делали с газетным листком; ширина складки берется около 1 см. Сделав четыре складки, перегнем листок пополам, в направлении, перпендикулярном к навернутой кромке, чтобы последняя кромка осталась снаружи. Из сложенного таким образом листка, размером 10 см, надо вырезать планер, нанеся контур его половины, изображенный в натуральную величину на рис. 15. Удобнее обчертить этот контур сперва на прозрачной бумаге, а с нее уже аккуратно

свести на заготовленный листок. Затем заготовка вырезается по контуру ножницами, и заштрихованная на чертеже часть отбрасывается как ненужная. Вырезывание следует делать тоже аккуратнее, что-

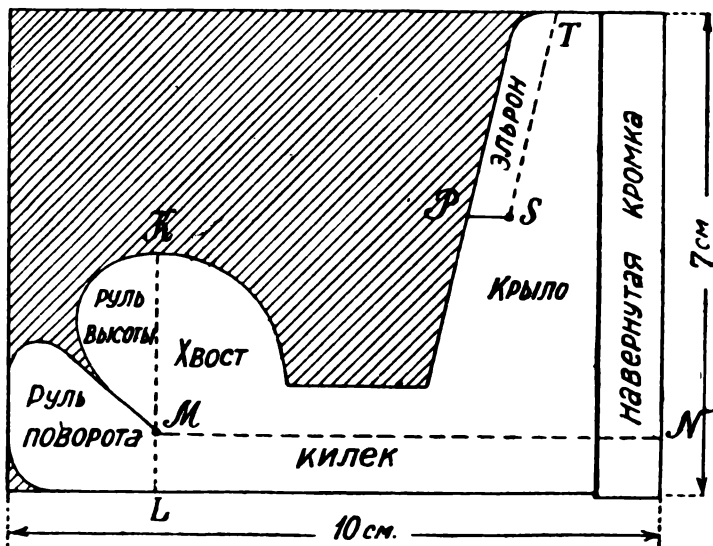


Рис. 15. Изготовление планерчика со всеми рулями, изображено в натуральную величину. Пунктиры указывают линии перегибов.

бы обе половинки сложенной заготовки вышли строго одинаковыми. Планерчик будет совсем готов, если ему расправить крылья: каждое крыло отгибается, конечно, соответственно в разные стороны, по пунктирной линии MN ; нижняя кромка листка, ниже этой линии, образует килек, заканчивающийся рулем поворотов.

На рис. 15, помимо пунктира *MN*, проведены еще три пунктира, обозначающие тоже место для сгибов: *KML* и *ST*. Но пока этих сгибов делать не надо, так так предварительно планер требует регулировки, а до того нужно еще закрепить положение его частей, чтобы крылья не разворачивались произвольно. Это достигается легким склеиванием половинок руля поворота в их центре и киля в его середине; головная же часть киля в его наверху части (ниже точки *N*) скрепляется маленьким кусочком воска или сургуча. После того крылья должны быть расправлены так, чтобы они образовали между собой поперечное *V*: это значит, что концы крыльев должны получить отклонение вверх, образуя собой двугранный угол, ребро коего приходится на продольной оси планера.

Первая и самая главная регулировка, обеспечивающая планеру продольную устойчивость, производится следующим образом.

Как и газетный листок со сложенной кромкой, планерчик должен добиться совершения плавных, планирующих спусков при выпускании его из руки без всякого подталкивания. При чрезмерном загрузении носовой части самолет клюет носом (пикирует) и даже переворачивается на спину, значит, при таком его поведении надо убавить вес впереди; для этого разогнем переднюю наверху кромку крыльев и отрежем с самого края одну или две складки, после чего повторим испытание вновь. Наоборот, при перегрузке в хвостовой части самолет садится на хвост (кабрирует), задирая носом вверх, после чего либо скользит на хвост, либо переваливается

ся на одно крыло, вообще совершает падение по случайной и причудливой траектории. Такая неотрегулированность исправляется добавлением в носовую часть лишнего веса в виде кусочка воска или сургуча, маленькой проволоочной скрепки, булавки или расщепленной спички, натыкаемой на килек спереди.

В результате всех опробований и регулировок планерчик должен делать при выпуске его из руки, с высоты, например, груди, ровный планирующий спуск, без сворачиваний в стороны и в горизонтальной проекции (см. рис. 16).



Рис. 16. Схема типовых траекторий планера при регулировке продольной устойчивости.

Впрочем, в этой стадии испытаний стремления планера сворачивать вбок легко исправляются симметричной установкой крыльев и половинок хвостовой поверхности (если только нет более органического дефекта в неравенстве самих

крыльев, что надо проверить особенно тщательно). Для пользования же всеми рулями надо наметить перегибы в рулях высоты (по линиям *МК*), в руле поворота (*МЛ*) и в элеронах (*СТ*), сделав в последних еще прорези *РС*.

Маневрирование планеров

Положение рулей планера, когда они составляют продолжение смежных поверхностей, называется нейтральным: рули своего действия не прояв-

ляют. Отгибание рулей высоты вниз вызывает снижение самолета, а вверх—набирание высоты. Соответствен но с этим отгибание вниз одного эльрона с одновременным отгибанием вверх другого создает крен в сторону второго эльрона или уничтожает крен, бывший до того в сторону первого эльрона. Руль поворота работает общеизвестным образом—как и руль в лодке.

Зная эти основные условия работы всех рулей, нетрудно заставить бумажный планерчик проделывать в воздухе различные эволюции. Например, чтобы заставить сделать спуск не прямолинейный, а в виде замкнутого круга или даже нескольких кругов—спиралью, надо переставить и поворотный руль и эльроны. Для левой спирали (кружение влево, если смотреть сверху) руль поворота ставится тоже влево, а эльроны: левый—вверх, а правый—вниз. Для правой спирали все делается в обратном направлении.

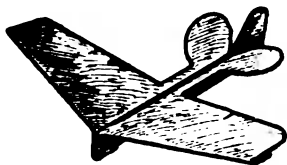


Рис. 17. Бумажный планерчик в лету.

Можно заставить планер проделать перед спиралью переворот через крыло, как это делают летчики в высшей школе пилотажа на аэропланах. Для этого, в дополнение к указанной выше установке руля поворота и эльронов, надо еще вывести из нейтрального положения рули высоты, отогнув их вверх, и при выпуске планера надо ему сообщить известную начальную скорость от руки. Эта сила бросания, равно как и углы отгибания рулей, познается, конечно, на опыте. При

такой регулировке выброшенная модель задирает вверх, переворачивается через крыло и потом планирует спиралью.

Вместо переворота через крыло, планер способен сделать полный переворот через голову, т. е. описать фигуру, которая называется мертвой петлей. Для этого надо предварительно сильнее загрузить головную часть, укрепив в ней например, пару лишних булавок; руль поворотов и элероны остаются при этом в нейтральном положении, и только рули высоты загибаются круто вверх. Для четкого выполнения петли планер берется двумя пальцами за переднюю часть киля и с силой бросается вверх. Еще одну фигуру — штопор — планер выполняет при такой же установке элеронов, как для спирали, но с обратным положением руля поворота — он кладется здесь в направлении к опущенному элерону. Как и настоящий самолет, модель будет в этом случае быстро падать носом вниз, вертаться одновременно вокруг своей продольной оси.

Укрупненные планеры

Бумажные планеры со всеми рулями не ограничены размерами, приведенными выше. Они могут делаться и крупнее, но с применением соответственно несколько других материалов и измененных форм. Так, для моделей с размахом крыльев в 20-30 см вместо писчей бумаги следует брать плотную бумагу так называемого альбомного типа, в роде применяемой для обложек тетрадей, только лучше глянцевою, а не шероховатую. Корпус (фюзеляж) таких моделей можно

делать уже коробчатым—с поперечным сечением в виде треугольника, квадрата или круга. В атакующие кромки крыльев можно вклеивать картонные полоски или деревянные планочки. В креплениях следует применять как связывания нитями, так и соединения тонкой проволокой того или иного вида.

Весовое распределение нагрузки частей лучше всегда проверять предварительно, до испытаний в лету, определением положения центра тяжести планера. Этот центр должен приходиться, как выяснялось выше, в одной точке с центром сопротивления—недалеко от передней кромки крыльев (в расстоянии $\frac{1}{2}$ ширины крыла). Подвесив планер в этой точке на нити или установив его под этой точкой на острие, всегда можно видеть, какая часть должна быть загружена сильнее или, наоборот, облегчена, чтобы обеспечить в таком положении горизонтальность продольной оси.

В смысле достижения лучших аэродинамических качеств планера играет роль, как выяснялось в первой главе, применение профилированной, а не плоской дужки крыла и соблюдение рациональных обтекаемых форм в других частях, прежде всего в корпусе. В этом отношении может дать хорошие результаты способ, правда, не простой, предложенный одним из авиомоделлистов¹.

Можно всем частям бумажного планера придать желаемую форму, предварительно сделав такой же формы сплошные деревянные болванки, которые подлежат обклеиванию несколькими рядами хо-

¹ Г. Маргаритин (Тамбов) журн. „Самолет“ 1930 г. № 1.

рошо смоченной бумаги (можно и газетной). Чтобы клей не приставал при этом к болванкам, поверхности последних аккуратно сглаживаются и натираются воском или парафином, а после полного высыхания бумажная поверхность тоже хорошо отшкуривается. Крылья или поверхности хвосто-

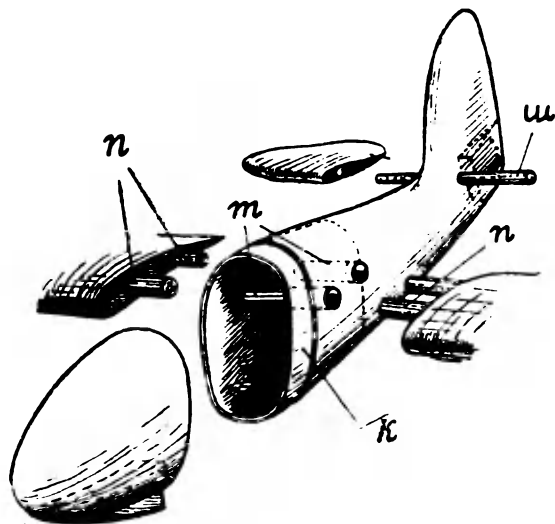


Рис. 18. Сборка по частям бумажного планера с профилированными частями.

вого оперения могут сниматься с болванок цельными, как перчатки с пальцев руки, а корпус веретенообразной формы надо распиливать в самом широком сечении поперек, вставляя для соединения внутреннее кольцо *к*, сделанное тоже из нескольких слоев бумаги (см. рис. 18). Для сохранения формы таких профилированных крыльев

в них надо вставить на клею легкие остовы из одного или двух деревянных прогончиков (лонжеронов) *н—н*, с редко нанизанными поперечными нервюрами. Корни прогончиков крепятся в бумажных или камышевых трубках *т—т*, вклеиваемых в соответствующем месте корпуса. Крепление хвостовых поверхностей (стабилизатора) может быть сделано с помощью трубочек внутри поверхностей, в которые входят концы палочки *м*, укрепленной на корпусе.

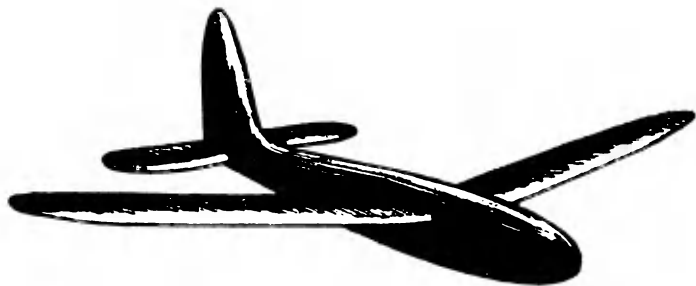


Рис. 18-а Планер в готовом виде.

При изготовлении планеров из „бумажной скорлупы“ существенно важно применять такие формы креплений, которые облегчат регулировку. При этом допустимо для совмещения центров тяжести и сопротивления вставлять подходящей формы деревянные болванки в носовую и хвостовую части корпуса; в креплениях можно применять булавки и иные скрепы. В собранном и отрегулированном виде (рис. 18-а) планер рекомендуется лакировать.

Есть и другой способ изготовления из бумаги профилированных крыльев. Суть его заключается

в том, что из полосок бумаги склеивается решетка похожая на пчелиные соты, которая и заполняет внутреннюю полость толстого крыла; конечно, без деревянных частей в остова здесь тоже обой-

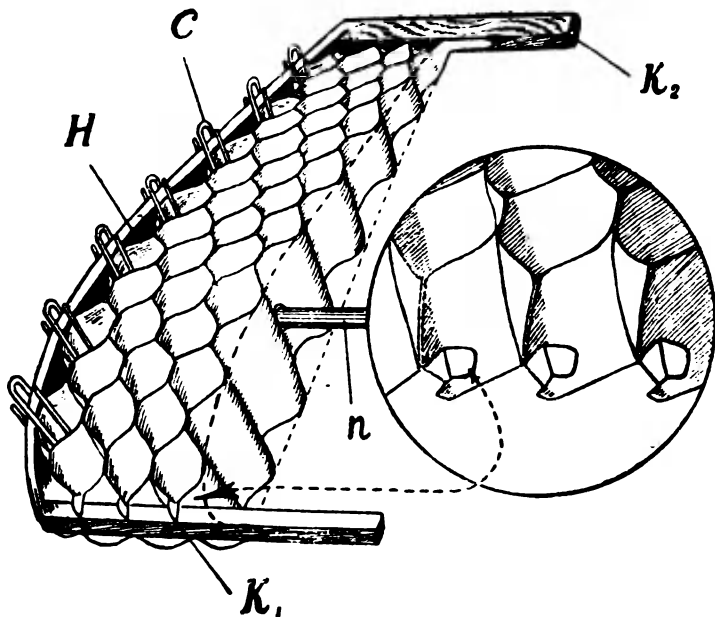


Рис. 19. Готовые бумажные крылья—соединение решетки с остовом крыла.

тись нельзя. Один прогончик (лонжерон) придется оставить во всяком случае, тогда как 3-4 нервюры и кромки крыла (передняя K_1 и задняя K_2) могут быть сделаны одинаково из тонких планочек или из картона и частично из бумажных трубочек (рис. 19).

Решотка склеивается таким образом. Из плотной бумаги вырезают 30-40 одинаковых полосок длиной в $1\frac{1}{2}$ раза больше ширины крыла и шириной несколько больше высоты дужки крыла. По этой же форме заготавливается из плотного картона или лучше из жести шаблон в виде гребенки, прорези в которой отстоят одна от другой примерно на $2\frac{1}{2}$ см (ширина каждой прорези

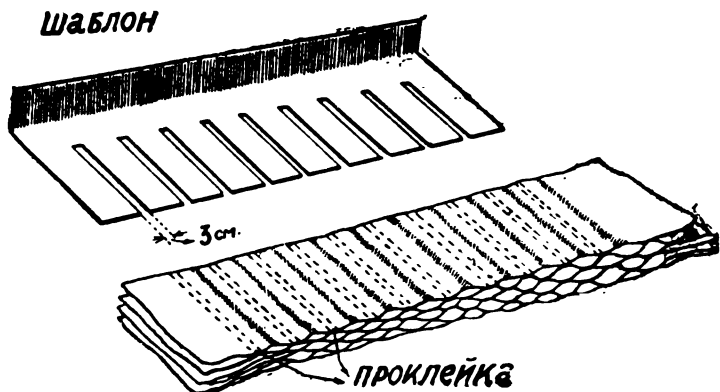


Рис. 19а. Изготовление решетки.

3-4 мм). Первая (нижняя) полоска берется предпочтительно из более толстой бумаги; наложив на нее шаблон, его обмазывают клеем и, убрав шаблон, накладывают одну из заготовленных бумажных полосок, сразу обжимая ее для лучшего склеивания в промазанных местах. Потом намазывается клеем поверх шаблона уже наклеенная полоска, причем шаблон кладется так, чтобы прорези его попали в середках широких незаклеенных частей (рис. 19а). Таким способом все заго-

товленные полоски склеиваются между собой в одну стопку, которая ставится под пресс. А после высыхания решетка легко растягивается, расправляется и с образованием ячеек примерно округлой формы ширина ее (по длине полосок) сравнивается с шириной изготавливаемого крыла.

В сложенном виде решетка обрезается поаккуратнее по профилю крыла, растянутому в длину в полтора раза, при прежней высоте профиля. Круглым пробойником на соответствующем месте делается через все полоски сквозное отверстие для прохода прогончика n (рис. 19).

Приступая к сборке крыльев, каждого в отдельности, скрепляют сперва обе кромки K_1 и K_2 с крайней нервюрой H , а потом на прогончик нанизывают первый участок решетки, длиной приблизительно по ширине крыла. За первым участком пойдет промежуточная нервюра, потом второй участок решетки и т. д. Крайние полоски всех решеток приклеиваются к нервюрам, закрепляясь временно, до засыхания, скрепками c . Примерный способ приклеивания решеток к кромкам крыльев показан в увеличенном виде особо (в кружке рис. 19). Обтяжка крыльев делается из тонкой бумаги, напр. из японской рисовой. Заготовка выкраивается из одного листа на обе стороны крыла, причем на ней отмечается место передней кромки. Смазав клеем в верхней стороне крыла нервюры и обе кромки, приклеивают бумагу сперва сверху, разглаживая обтяжку в направлении от передней кромки к задней, а потом делают то же самое и в нижней стороне крыла.

У. ВОЗДУШНЫЕ ЗМЕИ

Воздушные змеи русского типа

Начнем с постройки самого простого воздушного змея — русского образца, прямоугольной формы. Возьмем газетную бумагу. Для тех, кто еще совсем не занимался со змеями, лучше начать с самого малого размера, например в половину газетного листа „Известий ЦИК“ (67х50 см) или в развернутый лист ленинградской „Красной Газеты“ (70х55 см). Для остова такого змея надо приготовить три планки: две диагоналевых, длиной в 75-80 см, и одну поперечную для верхней кромки, длиной в 50-55 см. Материалом служит лубок, дранка или сухие прямослойные сосновые доски, из коих выделяются планки шириной примерно в 1½ см и толщиной около 2 мм (при приготовлении планок из досок надо делать это раскалыванием или щеплением, так как иначе планки будут легко ломаться).

Разложив газетный лист — конечно, неповрежденный и непомятый — на полу или на столе, в нем отгибают вверх все кромки: с одной короткой стороны — на 4-5 см, а все остальные — на 1½-2 см. Маленькие уголки, образующиеся при этом в отогнутых кромках, отрезают прочь. К такой заготовке по крышки змея прикладывают на своих местах все три планки (рис. 20) и обрезают у них концы так, чтобы они торчали из заготовки с каждого угла и стороны, примерно на 2 см. На выпущенных концах всех планок делаются зарубки, как показано на рис. 20 внизу,

а рядом с ними, в местах, точно отвечающих бумажной заготовке, делаются еще легкие надрезы.

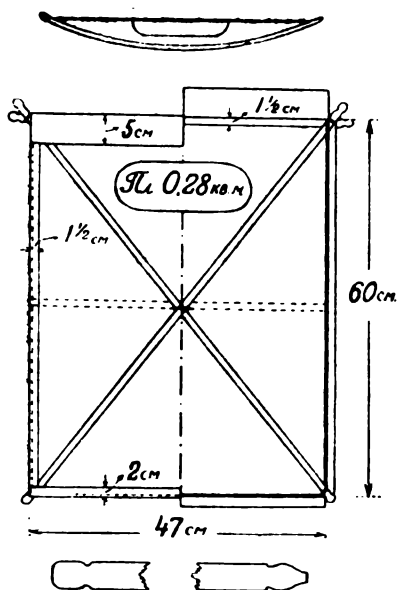


Рис. 20. Змейковая поверхность русского змея: правая половина до заклейки, левая — в готовом виде (для змеев меньшей площади средняя планка не обязательна).

Сверху — поперечный вид верхней скоробленной части (на нити „трещотка“); снизу — зарубки на концах планок.

В таком виде все три планки прочно связываются в кресте и в углах, а по обводу, обматываясь в надрезах, натягивается прочная нить или узкая тесьма. Конечно, надо следить, чтобы не вышло никаких перекосов.

Для склеивания готовый остов смазывается столярным, крахмальным или мучным клеем с той стороны, где ввязана поперечная планка; последняя оклеивается с обеих сторон. Одновременно клеем смазываются и все отогнутые кромки бумажной покрывки. Остов накладывается на бумагу так, чтобы поперечная планка попала

под широкую отогнутую кромку и непосредственно к бумаге, а концы диагональных планок остались сверху; конечно, обвязка по обводу

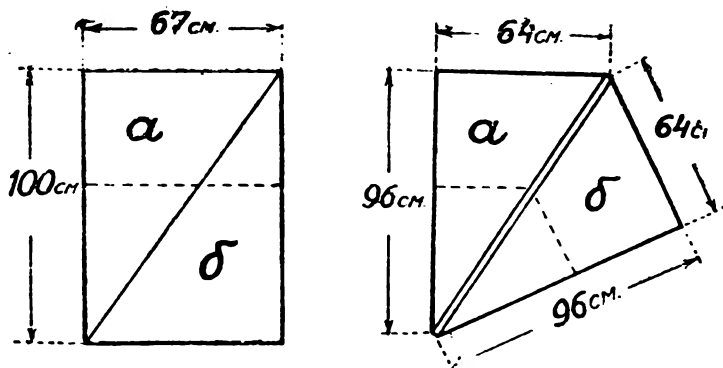
должна аккуратно прийтись в отогнутых кромках. Обжав плотно остов, загигают и прижимают все кромки, начиная с боковых. После этого змейковая поверхность кладется под пресс (гири, утюги, камни, металлические бруски и т. п.), с особенно прочным прижатием в кресте, и оставляется в таком виде на несколько часов.

Когда змей высохнет, поперечная планка слегка сгибается и связывается в зарубках прочной нитью, отчего верхняя часть змейковой поверхности коробится, образуя выпуклость внизу, со стороны бумажной крышки, и вогнутость сверху, в спинной части (там, где остов). После этого останется сделать уздечку, хвост и присоединить леер — ту гибкую тягу, на которой змей запускается (прочная нить, тонкий шнур или бечева).

Уздечка вяжется из трех пучков: один крепится в центре змея к кресту планок, а два других — из одной нити, равной по длине диагонали змея, — к концам поперечной планки (в зарубках). Первая нить привязывается к середине второй, образуя вершину уздечки, в расстоянии половины длины змейковой поверхности от центра змея; другой конец первого пучка связывается прочным узелком с леером. Что касается хвоста, то он делается из бечевки с привязанными к ней кусочками бумаги или тряпочками из тесемок или просто из мочалы. Уздечка хвоста, из двух пучков, длиннее змейковой поверхности в два-три раза, а длина всего хвоста определяется на опыте.

Для змея из полного газетного листа, формата „Известий“ или „Правды“, к остову надо прибавить еще четвертую планку — в середине поперек (см. рис. 20). Бумажную крышку в таком

случае можно тоже усилить, обклеив газетный лист более тонкой оберточной бумагой. Следует усилить несколько и размеры планок. В готовом виде такая змейковая поверхность будет иметь примерные размеры 93×63 см, а площадь ее составит, значит, около 0,6 кв. м (площадь змея, описанного выше, вдвое меньше, т. е. около 0,3 кв. м).



Фиг. 21. Изготовление бумажной покрышки для косоугольного змея из газетного листа большого формата.

Змеи косоугольные

Другая форма змея, имеющая распространение в Китае, в Америке и в Западной Европе, представляет собой четырехугольник, делимый длинной диагональю на два равных треугольника, часто прямоугольных. Мы сделаем такой змей из развернутого газетного листа большого формата, разрезав его по одной из диагоналей и склеив потом обе половинки по этому же разрезу, но с предварительно перевернутой на обратную сто-

рону одной из половин (см. рис. 21); склеивание делается по шву шириной в $2-2\frac{1}{2}$ см.

Остов вяжется здесь из двух планок, располагаемых по диагоналям в виде креста; длина их, примерно, 120 и 110 см. Может быть добавлена и третья поперечная планка, длиной около 55 см; ее место обозначено на рис. 22 пунктиром. Остальное делается так же, как и раньше: концы планок аккуратно обвязываются шнуром, и в таком виде остов прочно наклеивается на заготовленную крышку, отогнутые и склеенные края которой тоже служат для усиления кромок. Поперечная планка и здесь выгибается, образуя коробчатую поверхность с выпуклостью, конечно, к брюшной (нижней) части. Уздечка вяжется либо из двух пучков (один в центре креста, а другой пониже — см. рис. 22), либо из четырех пучков, привязываемых попарно к планкам креста в срединных точках между его центром и оконечностями. В последнем случае вершина натянутой уздечки должна приходиться на отвесной линии над центром креста.

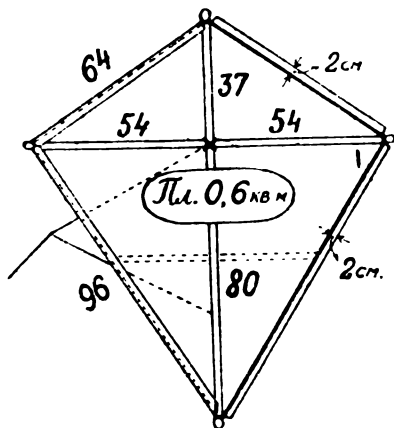


Рис. 22. Косоугольная змейковая поверхность: правая половина — до оклейки, левая — в готовом виде. Цифры — размеры в см.

Увеличение поверхности змея можно доводить до площади в $1-1\frac{1}{2}$ кв. м, но тогда надо применять более прочные планки (лубок или дранк уже не годятся), шириной до 2 см и толщиной до 5-6 мм, или тонкие бамбучины. Равно надо подбирать и подходящий по прочности бумажный материал; при склеивании листов для больших змейковых поверхностей будет полезным прокладывать между ними нитяные сетки.

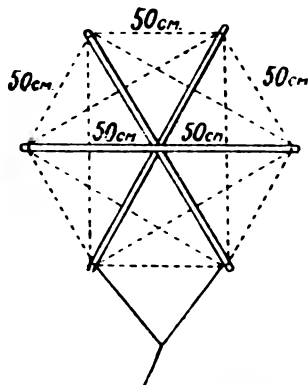


Рис. 23. Образец остова для разных змейковых поверхностей. Пунктиры—шнуры: для шестиугольной поверхности—только по обводу, для звездчатой—остальное без обвода, для круглой—обвод из проволоки или легкого прута.

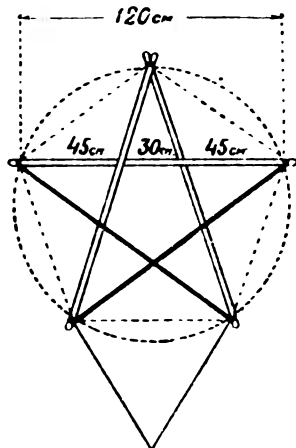


Рис. 24. Другой образец остова для круга, пятиконечной звезды или пятиугольника. Жирные линии—шнуры; нужны для всех случаев

Змеи в виде разных фигур

Когда практика научит строить хорошо летающие змеи простых очертаний, можно внести разнообразие, применяя фигурные формы и разноцвет

ную окраску или разрисовку. На рис. 23 и 24 приведены примеры возможных конструкций змеев в виде правильных шестиугольников, пятиуголь-

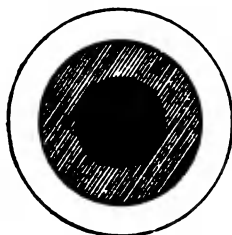


Рис. 25.

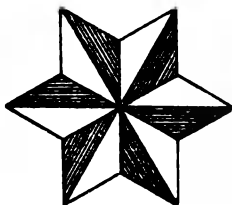


Рис. 26.

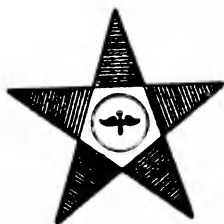


Рис. 27.

Разные образцы раскраски или цветной оклейки фигурных змеев.

ников или звезд с тем же числом лучей. Обе эти формы допускают выделку змейковой поверхности в виде правильного круга; в таком случае в обвод нужно вклеить либо проволоку, либо аккуратно выгнутый прут из ивы, камыша или другого подходящего дерева. Образцы окраски или оклейки цветной бумагой показаны на рис. 25—27. Деталь окантовки круглых змеев см. на рис. 39.

При применении криволинейных очертаний надо научиться выгибать рейки из сосны, ясеня и умело пользоваться камышом, щепленными бамбучинами или ивовыми прутьями. Рейки из досок (тоже колотые) надо предварительно вы-

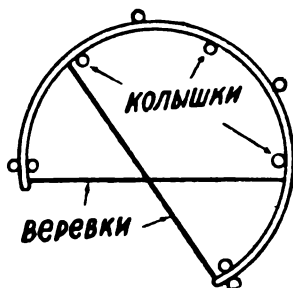


Рис. 28. Схема изготовления гнутых реек.

держивать в кипятке или хорошо пропаривать над кипящей водой,—тогда они гнутся много легче. Для сохранения требуемой формы лучше заготавливать шаблон из колышков или гвоздей, между которыми должны прокладываться выгибаемые рейки или планки, стянутые веревками (см. рис. 28). В такие шаблоны лучше закладывать одновременно по две или по несколько планок, нужных для змея, чтобы они выходили вполне симметричными.

Змейковая поверхность в виде бабочки изображена на рис. 29—30. Эта форма тем отличается

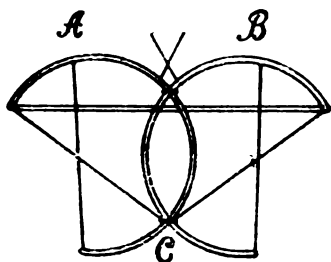


Рис. 29.

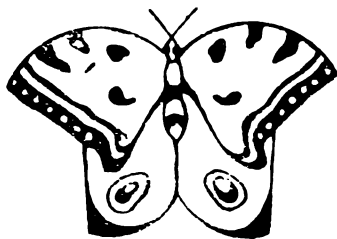


Рис. 30.

Змейковая поверхность в виде бабочки. Усики из прутьев. Раскраска или цветная оклейка—произвольная.

от обычной, что она более вытянута в ширину (горизонтально), чем в высоту. При ширине от 60 до 100 см здесь достаточно двух изогнутых реек, стянутых шнурами, и одной поперечной планки; при больших размерах следует, в зависимости от материала и размеров, вставлять добавочные планки и увязывать лишними шнурами.

Змей-ласточка (рис. 31—32) характерен узкой нижней частью своей поверхности и сравнительным

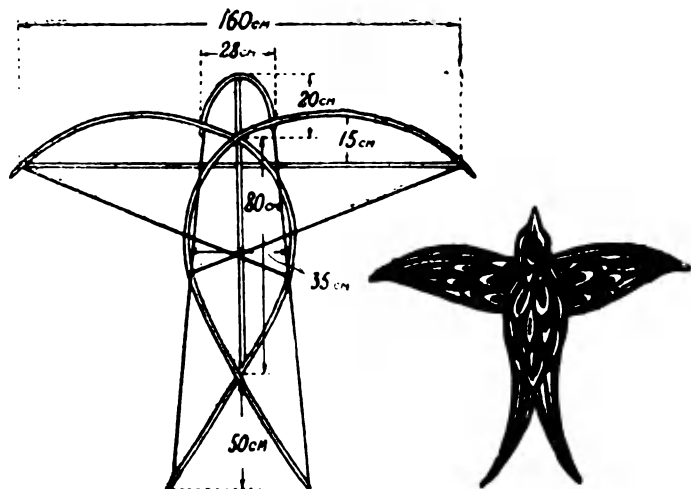


Рис. 31 и 32. Змей-ласточка. Жирные линии—шнуры.

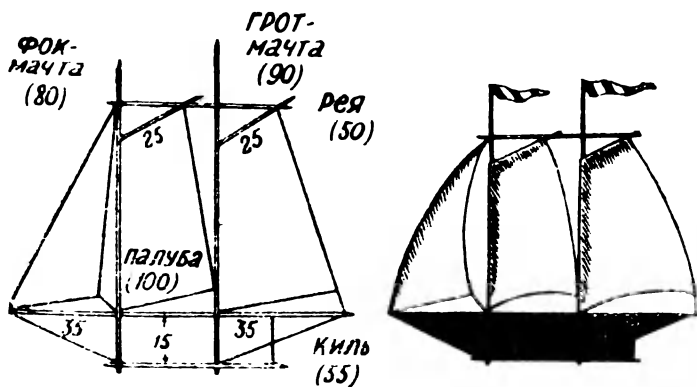


Рис. 33 и 34. Змей с парусами. Обыкновенные линии—шнуры. Размеры в см.

обилием планок в остоле; его лучше делать размерами от 1 до 2 м в длину. Уздечка в обеих конструкциях делается лучше из трех пучков (в бабочке—в точках А, Б и С, и примерно в таких же местах в ласточке).

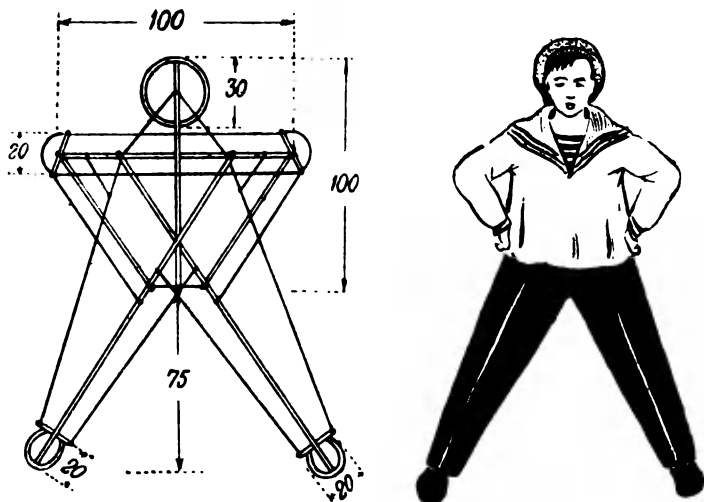


Рис. 35 и 36. Змейковая поверхность в виде человеческой фигуры.

Змей несимметричной формы приведен на рис. 33 и 34 в виде парусного судна. Изменив нашему основному материалу—бумаге, выкроем здесь паруса из материи, укрепив их, как указано, частью к мачтам, а частью шнурами к рейке-палубе или к верхней рее. Между парусами и под ними остаются свободные пространства—окна, которые полезны при сильном или порывистом ветре, так как де-

лают змей в этих условиях более устойчивым. Со змеем-корабликом придется повозиться подольше при его регулировке, когда будет выбираться и устанавливаться наиболее подходящее место для уздечки.

Можно придать змейковой поверхности вид человеческой фигуры (рис. 35—38). Остов змей-

ковой поверхности в этих образцах имеет одинаковую высоту — 1,75 м. На рис. 35 и 37 двумя линиями обозначены деревянные рейки или планки, а ординарными линиями; связывающие их шнуры: ступни ног и локти рук (в первой фигуре) выделяются предпочтительно из камыша или тонких прутьев. Здесь существенно важно сделать сборку

остова с полной тщательностью, так, чтобы была достигнута полная жесткость и симметричность в половинах. Для этого нужно делать предварительную разметку всех частей, а для сборки правильно расчерчивать фигуры на каком-нибудь настиле, выполняя на нем узлы и соединения всех частей. Делая обвязку шнурами, надо соблюдать осторожность в том смысле, чтобы излишней перетяжкой их не допускать перекосов, но нельзя

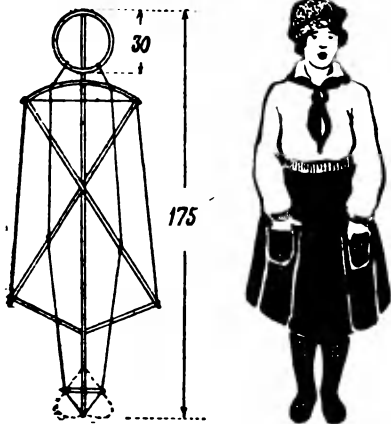


Рис. 37 и 38. Другой образчик змея-человека.

тоже оставлять шнуры со слабиной, так как это лишит остов нужной жесткости. Изготовление покрывки лучше делать здесь по частям костюмов, выкраивая их из бумаги соответствующей расцветки и затем склеивая вместе в заготовленных швах или частично наклеивая одну часть на другую. Такое соединение тоже удобнее делать,

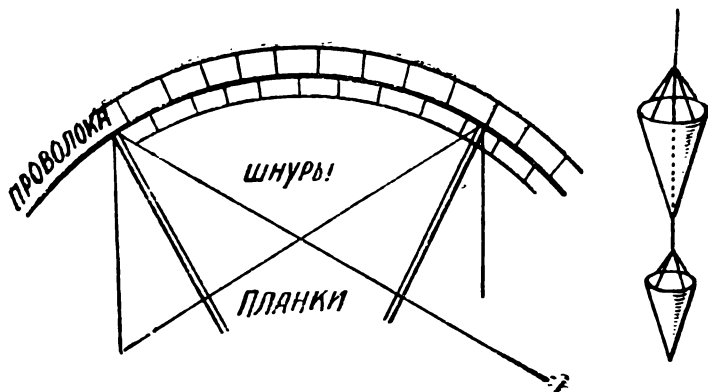


Рис. 39. Детали при изготовлении змеев. Слева окантовка покрывки к круглой поверхности: тонкая проволока обложена узкой полоской надрезанной бумаги, сгибаемой внутрь и подклеиваемой под покрывку. Справа—парашютики для хвоста.

конечно, на размеченном настиле. И только после просушки вся заготовка покрывки в целом виде соединяется на клею с остовом, причем, конечно, по всему обводу заранее оставленные кромки покрывки отгибаются и заклеиваются на спинной верхней поверхности.

Фигурные змеи полезно тоже коробить, как это практикуется в русском змее; но при этом надо иметь в виду, что этим может нарушиться жест-

кость остова, собранного на плоскости. При вязке уздечки надо следить, чтобы ее вершина в натянутом состоянии приходилась вдвое ближе к верхней кромке змея, чем к нижней. Хвост подбирается на опыте; его можно делать с применением бумажных или матерчатых парашютиков, заготавливаемых в виде фунтиков (рис. 39), которые в воздухе надуваются ветром.

Немного теории и прантики

Можно по-разному смотреть на занятия с воздушными змеями. Для одних это только забава, а для других—не только увлекательный спорт, но и хорошая школа для выяснения некоторых основ в теории авиации. Выше намечены пути самостоятельной работы в змейковом спорте, где каждый сможет проявлять свою инициативу и ухитриться в фантазировании при выявлении и других форм. Но для достижения успехов в спорте, при соревнованиях с товарищами, а тем более для получения опытных данных, могущих быть полезными и для теории, необходимо усвоить известные начала, именно те, например, которые обуславливают родственность, вернее, даже тождество, между явлениями летания аэроплана и пусканием воздушных змеев. Недаром французы называют воздушный змей „аэропланом на якоре“.

На рис. 40 показана схема сил, действующих на воздушный змей, способный подняться. Здесь AB —змейковая поверхность G —ее центр тяжести (допустим, в середине), O —центр сопротивления, α —наклон змейковой поверхности к направлению ветра V и в данном случае к горизонту, ACB —

уздечка змея и CT —леер, направление которого составляет с горизонтом угол θ . На змей действуют такие силы: GQ —собственный вес; OR —сила

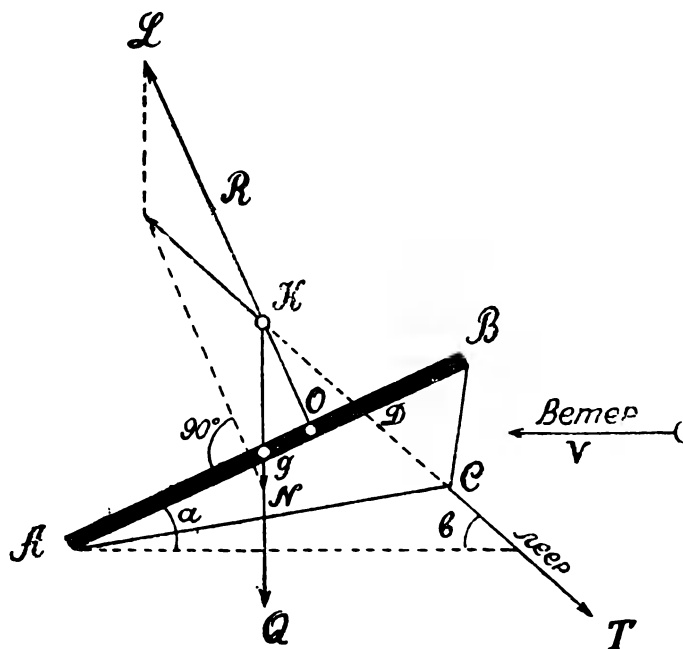


Рис. 40 Схемы сил, действующих на воздушный змей в лету.

сопротивления воздуха (перпендикулярно к AB) и CT — T —сила тяги леера. Перенеся первые две силы в точку K , мы получим KL — R и KN — GQ ; эти две силы дадут равнодействующую KM (в параллелограмме $KLMN$). Отсюда ясно, что раз направление леера совпадает с направлением равно-

йствующей, то сила последней увлечет змей в высоту, если только его не удерживать с силой большей, чем сила самой равнодействующей. Ясно также, что источником для взлета змея является сила ветра, создающая сопротивление воздуха (как в аэроплане тяга мотора).

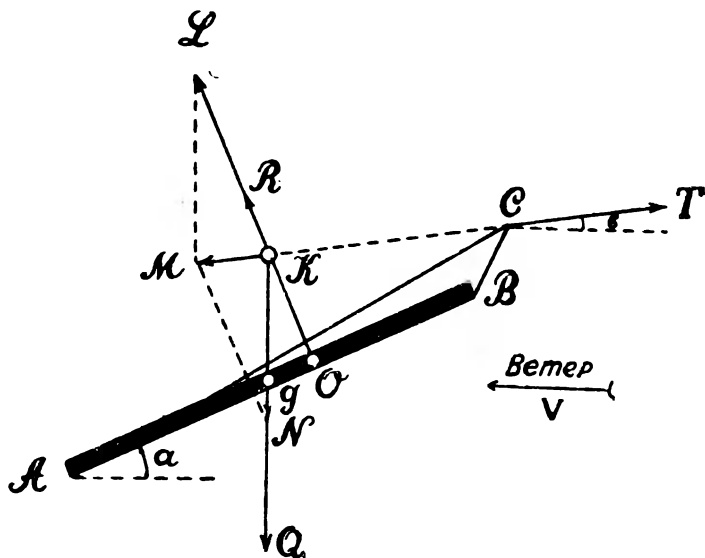


Рис. 41. Змей взлететь не может.

Но изменим несколько соотношение двух сил Q и R . Мы видим (рис. 41), что равнодействующая их KM получает направление не восходящее, а нисходящее. В таком случае, конечно, змей не только не поднимется, но тягой с земли его вообще нельзя будет даже удержать в воздухе (вернее,

можно удерживать в воздухе лишь при условии, что леер будет укреплен выше самого змея).

Из этих схем выявляется роль основных факторов в подеме змея или в полете аэроплана: 1) ветер или тяга мотора, обуславливая относительное перемещение, вызывает сопротивление воздуха, которое преодолевает собственный вес системы. Зависимость между сопротивлением R и силой ветра или скоростью аэроплана V прогрессивная: при изменении в 2-3-4 раза сила R соответственно изменяется в 4-9-16 раз (пропорционально квадрату скорости). Это надо особенно иметь в виду при определении подъемной силы змея. Сравнительно же с площадью несущей поверхности сила сопротивления изменяется в простой пропорции: если площадь увеличивается или уменьшается в два-три раза, то и сопротивление соответственно делается в два-три раза больше или меньше.

С другой стороны, величина силы R зависит отчасти от угла встречи (атаки) α змейковой или аэропланной поверхности; для взлета должен быть обеспечен какой-то определенный угол встречи, который в воздухе может, однако, меняться. Средние углы встречи для воздушного змея — от 15° до 25° , а максимальный — до 35° . Средним углом встречи отвечает положение центра давления в расстоянии $\frac{1}{3}$ длины несущей поверхности от верхней кромки (по продольной оси). Именно поэтому и нужно всегда регулировать уздечку змея применительно к этой точке.

Для практики всегда может представить интерес выяснение вопроса о величине подъемной силы воздушного змея в зависимости от ветра; эта за-

висимость позволит вместе с тем решить вопрос и о том наименьшем по силе ветре, при котором данный змей способен оторваться от земли. Влияние угла встречи при этом, однако, не учитывается вовсе как незначительное, при сохранении значений угла в известных указанных пределах (15° — 25°). А чтобы условно выразить зависимость только от одной силы ветра, определяют величины под'емной силы (или полного веса) змея в отношении к единице площади змея, т. е. к 1 кв. м ; такая под'емная сила или такой вес воздушного змея называется удельной нагрузкой (или весом) и выражается обычно в кг . Понятно, что все змеи с одинаковым удельным весом способны взлетать при одинаковых условиях ветра, и чем меньше этот удельный вес, тем слабее может быть и ветер, способный оторвать змей от земли. Например, простой прямоугольный змей имеет удельный вес от $0,25$ до $0,3 \text{ кг}$; он может взлететь уже при слабом ветре силой около $2\frac{1}{2} \text{ м}$ в секунду (это определяется из формулы.) Если ветер будет в три раза сильнее, то змей с площадью в 1 кв. м способен взлетать при общей нагрузке от $(0,25 \times 3 \times 3 \text{ до } 0,3 \times 3 \times 3 \text{ кг})$, т. е. в пределах $2,25$ — $2,7 \text{ кг}$; и значит, если сам змей с выпущенным леером весит меньше этих цифр, то он будет тянуть вверх.

Эту тягу можно использовать для под'ема дополнительной нагрузки прежде всего самого леера, если хотят, чтобы змей поднялся выше.

Основные требования к змеям

Теперь можно точнее формулировать, каковы общие требования к воздушным змеям и в каком направлении следует работать практически. В числе

основных требований есть два условия чисто летного порядка—легкость и устойчивость, и одно требование конструктивное—достаточная прочность.

Вопрос о легкости рассмотрен отчасти выше: змей должен иметь по возможности меньший удельный вес (на 1 кв. м его поверхности). Применение бумаги с планками удовлетворительно разрешает вопрос при змейковых поверхностях площадью до $1\frac{1}{2}$, много 2 кв. м (удельный вес от 0,25 до 0,75—1 кг). Но одна змейковая поверхность не исчерпывает всей задачи, потому что при больших высотах, начиная уже с 200-300 м, будет сильно проявляться еще вес леера. Пеньковый леер весит примерно 1 кг на 300 м длины; это очень затрудняет достижение больших высот, тем более, что, помимо собственного веса нити или троса, значительно проявляется влияние на леер со стороны ветра. С одной стороны, ветер создает на нить собственное давление, воспринимаемое и подъемной силой змея, а с другой стороны, он увеличивает провисание леера, что искусственно сокращает высоту подъема при определенной длине нити. Поэтому для бумажных змеев очень трудно достигимы высоты около 1000 м, и для таких высот есть расчет заменять пеньковые лееры стальной проволокой, которая при диаметре 0,4—0,6 мм (в несколько раз меньше, чем у пенькового) дает экономии в весе около 50%.

Устойчивость змея обуславливается: 1) симметричностью его поверхности относительно продольной оси; 2) правильной регулировкой уздечки,—чтобы направление леера не миновало точки *D* согласно рис. 40; 3) теми специальными мерами,

которые преследуют достижение здесь, как и в аэроплане, условий естественной устойчивости, чтобы раз нарушенное равновесие восстанавливалось аэродинамически самой конструкцией. Последнее достигается тем, что для улучшения поперечной устойчивости змейковая поверхность коробится, а для устойчивости продольной—применяется хвост, который должен служить оттяжкой, предохраняя змей от „козыряний“ в воздухе, особенно при ветре переменной силы. Хвост подбирается по его весу и длине на опыте: при слишком утяжеленном хвосте змей неохотно лезет вверх, а при коротком или легком он не держится ровно и ковыляет. В числе других мер, содействующих устойчивости, можно

рекомендовать устройство окон в змейковой поверхности, которые облегчают положение змея при резких увеличениях скорости ветра, и применение так называемой эластичной уздечки, с включением в нижний пут уздечки небольшого мотка или полоски нитяной или тесемочной резины (рис. 42). Змей будет автоматически устанавливаться под тем углом встречи, который более отвечает силе омывающего ее потока воздуха; уступая отдельным порывам ветра и ложась под их действием

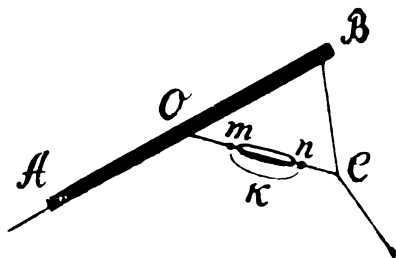


Рис. 42. Эластичная уздечка в воздушном змее: AB — змейк. поверхность, OBC — уздечка, TP — резиновый шнур или лента, K — запасный предохранительный шнур на случай разрыва резины.

устройство окон в змейковой поверхности, которые облегчают положение змея при резких увеличениях скорости ветра, и применение так называемой эластичной уздечки, с включением в нижний пут уздечки небольшого мотка или полоски нитяной или тесемочной резины (рис. 42). Змей будет автоматически устанавливаться под тем углом встречи, который более отвечает силе омывающего ее потока воздуха; уступая отдельным порывам ветра и ложась под их действием

более горизонтально, змейковая поверхность будет тоже автоматически, от сокращения резины, возвращаться в первоначальное положение (конечно, сила резины должна быть отрегулирована на практике).

Что касается, наконец, прочности, то здесь трудно дать точные нормы, кроме тех указаний, которые уже делались выше. Опыт работы даст возможность применять в каждом случае наиболее подходящий материал для остова, для покрышки и для креплений—материал достаточной прочности, но и неотяжеляющий чрезмерно всю конструкцию, чтобы не ухудшать летных качеств змея. Как в выборе формы, так и здесь лежат самые широкие возможности для проявления творчества и изобретательности.

Зная общие требования и общие свойства воздушных змеев, каждый любитель змейкового спорта сумеет сам легко ориентироваться в путях своей работы. Соревнования с товарищами в постройке змеев, наиболее легких по своему удельному весу, при одинаковой, конечно, прочности, наиболее устойчивых, могущих переходить в планирование при обрыве леера, способных достигать наибольшей высоты и позволяющих поднимать на себе полезную нагрузку или совершать тягой леера какую-либо работу, вот творческий путь для организованной, коллективной работы.

V. ВОЗДУШНЫЕ ПАРАДОКСЫ

Объясняя в первой главе работу крыла, мы говорили, что вопрос о создании в нем несущей силы обуславливается таким перераспределением

давлений воздуха, при котором получается не только увеличенное давление снизу, но, главным образом, засасывание в спинной части крыла. Чтобы практически освоиться с характером этого явления, предлагается проделать несколько опытов, кажущихся вчуже парадоксальными. В них наглядно и убедительно проявляются те же основные законы аэромеханики, хотя собственно летание, как таковое, и отсутствует.

Шарики в потоке

Сделаем детскую игрушку, кстати довольно забавную, с шариком, танцующим в воздухе. Шарик аккуратно вырежем острым ножом или лезвием безопасной бритвы из пробки, сгладив его поверхность на стеклянной бумаге (шкурке); диаметр шарика может быть в среднем 10-12 мм. А тот „инструмент“, который должен заставить наш шарик танцевать, соорудим, конечно, из бумаги. Для этого возьмем листик писчей бумаги, примерно величиной в восьмушку, и скатаем из него трубочку. Делается это постепенным наворачиванием листка на круглый карандаш, причем после первого оборота надо прочнее приклеить внутреннюю кромку бумаги к наворачиваемой на нее поверхности, а с последним оборотом также приклеить к трубочке другую кромку листка снаружи (наворачивать надо поплотнее, а клей брать предпочтительно быстро сохнувший). Один конец такой трубки, длина которой будет 15-20 см, плотно закупоривается клинышком, и в этом же конце в поверхности трубки прожигается раскаленной проволокой (например, женской шпилькой) отверстие,

которое потом разворачивается до диаметра примерно в 3 мм с помощью хотя бы очиненного кончика карандаша.

В таком виде бумажная трубка служит для создания вертикальной струи воздуха, которая будет выходить из отверстия у глухого конца, если через открытый конец трубки вдуть воздух непосредственно из лег-

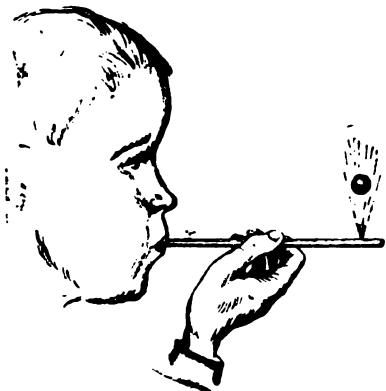


Рис. 43. Шарик, танцующий над продувной трубкой.

ких. Совсем нетрудно приспособиться так, чтобы шарик, помещенный в эту струю (см. рис. 43), держался в ней достаточно долгое время, выплывая и крутясь или же висит почти неподвижно в одном месте (для начала, чтобы не бегать много за падающим шариком, его можно привязать, проткнув насквозь ниткой с

узелком, или же делать опыт над столом, далеко облокачиваясь на него обеими руками). При практике в течение четверти или получаса можно добиться того, что шарик будет висеть в струе на высоте до 8-10 см., что выглядит довольно занятно.

Итак, наш шарик „летает“...

— Но что же тут общего с полетом самолета?— резонно спросит читатель.— Ведь летающий здесь шарик находится просто под прямым ударом воздуш-

ной струи, которая его держит на себе не менее надежно, чем поверхность воды или стола.

Верно! Но главный интерес заключается здесь не в том, что наш шарик просто „летает“, а в том, что он не „вылетает“ из струи. Струя в ее поперечном сечении узкая, и шарик в своей пляске постоянно подходит к ее границам. Однако на опыте ясно видно, как он принудительно возвращается обратно к оси струи (хотя часто он и выскакивает, преодолев инерцией это „принуждение“). Что же действует здесь так притягательно? Ведь, казалось бы, струя должна всегда отбрасывать его вон,

в связи с чем его пляска должна быть очень кратковременной и совершенно неустойчивой, а на деле шарик держится в воздухе уверенно и в достаточной мере устойчиво, если только обдувающая его струя сохраняет по своей силе известное постоянство¹.

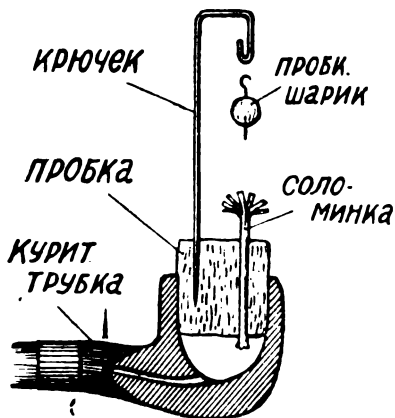


Рис. 44. Английская игрушка с прыгающим шариком.

¹ Напомним, кстати, о старинной английской игрушке, основанной на этом же свойстве шарика, плавающего в струе. Устройство вполне понятно из чертежа. Пробочный шарик не должен быть в диаметре более 1 см., а пронизывающая его проволока, конечно, должна быть самой тонкой. Суть игры заклю-

Подумаем над этим, а тем временем сделаем с нашей трубкой другой опыт, уже без всякого летания.

Возьмем две пробки от бутылок из-под пива или вина и вырежем из них, во весь диаметр пробки, два шарика, которые тоже сгладим шкуркой.

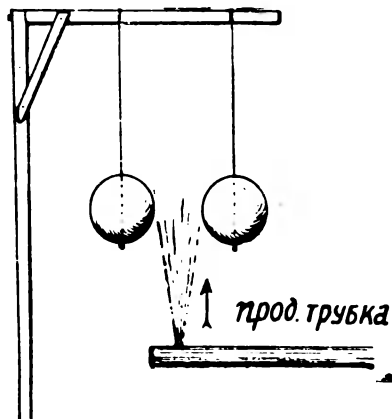


Рис. 45. Шарик, разгоняемые струей, сближаются.

Проткнув каждый шарик иглой с ниткой, завязанной на конце узелком, свободно подвесим оба шарика на одной высоте к какой-нибудь подставке, так, чтобы между ними оставался промежуток, примерно равный диаметру самих шариков (около 2 см). Что станет с шариками, если подвести под них нашу трубку (рис. 45) и

пустить вертикальную воздушную струю в промежуток между шариками? Прodelайте это сами... Вы убедитесь, что шарик не только не подчинятся принудительному раз'единению их струей, а наоборот, явно вопреки этому „разгону“, по-

чается в том, чтобы подвесить шарик его крючком на крючок установленный над ним. С этой игрушкой можно устраивать интересные соревнования: кто скорее выполнит задачу или кто добьется этого наибольшее число раз в заданный промежуток времени.

тянутся один к другому и даже сомкнутся в дружеском порыве...

В чем тут дело?

Опыты с бутылкой и с воронкой

А известны ли вам такие опыты с воздушными струями, для образования которых не надо и бумажной трубки?

В горлышко пустой бутылки, положенной горизонтально, вы кладете гладкую пробку с диаметром, несколько меньшим отверстия горлышка (скажем, на 2-3 мм). Ведь так просто, кажется, вдунуть эту пробку внутрь бутылки

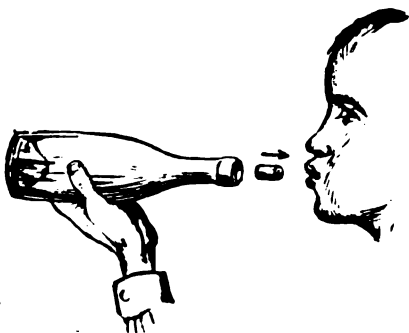


Рис. 46. Воздушная струя в бутылке.

(рис. 46). На деле же, если вы дунете, пробка поступит „совсем наоборот“ — она выскочит вон из горлышка.

Бросим и бутылку, и пробки. Возьмем лист плотной бумаги, свернем его „фунтиком“ и, приклеив сперва кромку внутри, а потом и снаружи, сделаем воронку. В узкое отверстие воронки вклеим мундштучок — деревянный или обычный мундштук от папиросы. Можно ли через такую воронку погасить горящую свечу, поставленную перед широкой пастью воронки, если дуть через мундштук (рис. 47)? Свечу допускается ставить при этом на

любом желаемом расстоянии. Меньше всего добьется успеха тот, кто поставит свечу непосредственно перед воронкой: пламя свечи, как бы издеваясь, уклоняется навстречу струе. А если отодвинуть свечу подальше, пламя презрит ваши старания совершенно и останется в полном равнодушии, без всяких колебаний.



Рис. 47. Воздушная струя в воронке.

Есть ли в этих парадоксах что-нибудь общее с описанным выше, и в чем здесь разгадка?

Подъем воды и твердого тела

Кому не известен пульверизатор? Вода „самосильно“ поднимается из любого сосуда по одной трубке оттого, что дуют в другую трубку, не соединяющуюся с первой; и в результате вода разлетается мельчайшими брызгами. Такой пульверизатор легко сделать самому из пробки и двух вставленных в нее гусиных перьев, так, как показано на рис. 48. Правда, полета—в авиационном смысле—здесь нет и даже нет обещанного применения бумаги, но этот житейский инструмент подводит нас к последнему парадоксальному опыту, который непосредственно иллюстрирует часть работы аэропланного крыла.

Склеим такую же бумажную трубку, какую мы делали для опытов с шариками, но оставим оба ее конца открытыми и в полной неприкосновенности (без изготовления отверстия). Вырежем из плотной бумаги (например, из такой, как почтовая открытка) несколько кружков (дисков), диаметром около 5 см.

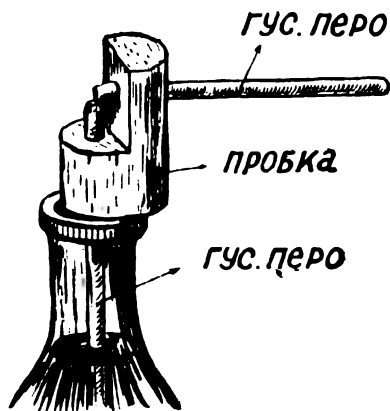


Рис. 48. Самодельный водоподъемник и разбрызгиватель.

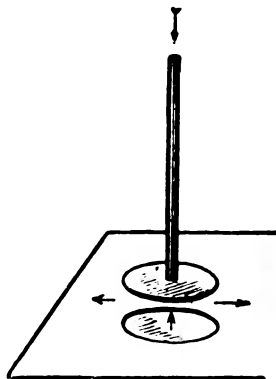


Рис. 49. „Прилипание“ к насадке продувной трубки диска, отгоняемого струей.

В двух таких кружках сделаем в центре круглые дыры по размеру того карандаша, который служил болванкой при склеивании трубки; обе дыры не должны иметь рваных краев — их надо аккуратно срезать. Затем один из концов трубки надрезается ножницами, примерно на 1 см, в четырех-пяти местах, в равных расстояниях по торцевой окружности трубки. Надрезанные части отгибаются по окружности кнаружи под прямым углом,

и заклеиваются с обеих сторон двумя приготовленными дисками так, чтобы дыры последних точно совпали с каналом трубки (конечно, диски склеиваются и между собой). Таким образом, открытая с обоих концов продувная трубка наращивается в одном конце плоской дисковой насадкой (рис. 49).

Эта трубка будет тоже служить для продувок.

Можно ли с ее помощью и с помощью только дутья поднять со стола один из вырезанных бумажных кружков?

„Конечно,—скажет читатель.—Стоит лишь приложить насадку трубки к кружку, а из другого конца трубки, зажатого губами, вытягивать воздух в себя: кружок „прилипнет“ к дисковой насадке и будет висеть под ней без всякой другой опоры, пока не прекратится вытягивание воздуха из трубки. С прекращением же вдувания он, конечно, упадет, если не прилипнет уже буквально в силу шероховатости или действительной липкости самой бумаги“.

Прекрасно! (О причинах мы пока не говорим). Значит, если поступать обратно, то и эффект, будто бы, должен быть тоже обратный?

Будем дуть воздух через трубку из себя наружу и посмотрим, что станет с кружком, лежащим на столе, когда дисковая насадка продувной трубки приблизится к кружку на расстояние менее 1 см. Оказывается, кружок начнет подтанцовывать, наподобие шарика в струе, а при поднимании трубки последует за ней, как железный якорь за магнитом (только не примкнутым, а на некотором удалении). Значит, и здесь, при непрерывном продувании воздуха наружу, при ударе струи непосредственно на самый кружок, послед-

ний „липнет“ к насадке так же, как и в первом случае, когда струя из трубки явно притягивала его к себе! В чем же дело?

Одна разгадка всех парадоксов

Все явления, описанные выше, объясняются одинаково перераспределением в давлении воздуха, окружающего те предметы, с которыми делаются опыты при производстве продувания. При этом к большинству случаев прямо применим закон, открытый более двухсот лет тому назад знаменитым ученым, основоположником современной гидродинамики—Даниэлем Бернулли. Этот закон гласит, что в потоке жидкости или газа с увеличением скорости давление падает, а с уменьшением скорости давление возрастает. Отсюда и все качества парадоксальных явлений.

Шарик, свободно висящий в вертикальной струе воздуха, держится там достаточно устойчиво потому, что в самой струе давление значительно меньше, чем в воздухе вокруг нее, где от скорости струи почти ничего не остается (кстати, подобные шарики с успехом применяются в водяных фонтанных струях для упражнений в стрельбе по ним „в лет“). Точно так же и струя воздуха, вдуваемая между двумя шариками и увеличивающая свою скорость при сужении пространства между ними, создает там пониженное давление, а так как с обратных сторон шариков действует полное давление атмосферы, то шарики и втягиваются внутрь струи до сближения друг с другом, несколько особняком стоит случай с пробкой

в горлышке бутылки: там потока воздуха по существу нет, и принцип Бернулли прямого применения не имеет. Мы привели этот опыт лишь для того, чтобы показать пример создания увеличенного давления, которое преодолевает нормальное давление атмосферы. Струя воздуха из рта, проникая в бутылку через узкую серповидную щель, где ее скорость сильно увеличивается, производит внутри бутылки сжатие воздуха, и последний силой своей упругости выталкивает пробку наружу. Вот здесь обратный эффект, т. е. увлечение пробки вовнутрь, можно получить при обратном направлении продувки: если вытягивать воздух из бутылки, охватив ее горлышко губами, то при оставлении горлышка можно добиться того, что давлением наружной атмосферы при созданном разрежении внутри, пробка действительно втянется в бутылку¹.

А опыт с воронкой и сосвечой интересен вот в каком отношении. Выдуваемая из воронки струя, идя от малого поперечного сечения в большое, неизбежно быстро теряет в своей скорости, во-первых, и, во-вторых, образующиеся при этом завихрения прилипают больше к стенкам воронки, тогда как в оси ее, в самой пасти создается даже разрежение, вызывающее засасывание внутрь. Отсюда понятно поведение пламени и непосредственно у отверстия воронки, где оно втягивается, и несколько вдали, где свеча горит совершенно

¹ Чтобы добиться того же, можно применять еще два способа: 1) дуть прямой струей через тонкую трубочку, только на самую пробку, уложенную в горлышке; 2) предварительно согреть всю бутылку в горячей духовке или у огня: тогда можно тоже более холодной струей из рта вогнать пробку вовнутрь.

спокойно, так как вихри разошлись далеко кругом, а засасывание уже парализовалось атмосферой ¹.

Характер движения потока в воронке, или, вообще говоря, в трубе или канале представляет для аэродинамики интерес именно потому, что на этом принципе можно изменять в известных пределах скорость потока. Обычно этим пользуются для увеличения скорости, суживая сечение канала, т. е. создавая воронку с направлением потока от широкой части к узкой (рис. 50). Такие воронки,

но, конечно, с очень слабо выраженной конусообразностью, называются диффузорами; они применяются почти во всех аэродинамических трубах, в которых делают лабораторные исследования по сопротивлению воздуха, о свойствах крыльев и т. п. Для нашей же „бумажной авиации“

свойство диффузора-воронки можно тоже использовать, делая продувные трубки (рис. 43—45) не цилиндрической формы, а конической, например, наворачиванием бумаги на подходящей формы вставочке для пера (этим мы можем искусственно увеличить, при надобности, скорость создаваемой

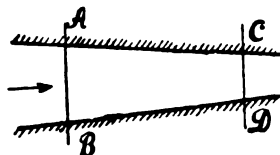


Рис. 50. Движение жидкости или воздуха в раструбе: в сечении CD , меньшем по площади, чем сечение AB , скорость потока будет соответственно больше.

¹ Чтобы действительно погасить свечу в требуемых условиях, надо держать воронку так, чтобы пламя пришлось на прямом продолжении любой конической части воронки, а вовсе не на продолжении ее оси.

воздушной струи. Ко рту пойдет, конечно, более широкий конец).

Надо ли объяснять после сказанного два остальных опыта? В пульверизаторе (рис. 48) горизонтальная трубка с ее суженным концом, давая сильную воздушную струю, создает разрежение в вертикальной трубке, и от давления атмосферы на жидкость в сосуде последняя увлекается, засасывается вверх, где она той же струей разбрызгивается в пылеобразном состоянии. И наконец, в последнем опыте с продувной трубкой (рис. 49)

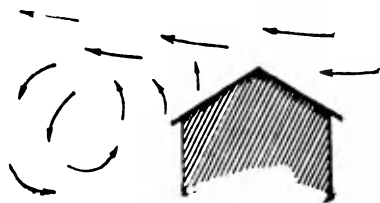


Рис. 51. Сильный ветер в бурю над крышей.

имеем опять применение принципа Бернулли в его чистом виде: воздушная струя, ударяющаяся в свободно лежащий кружок, распространяется по всей окружности между обоими дисками и со-

здает своей скоростью пониженное давление, которое и подсасывает кружок, в данном случае прямо против струи, идущей из трубки.

Если в пульверизаторе такое засасывание поднимало только воду, то здесь оно поднимает, преодолевая силу тяжести, легкую, но все же твердую пластинку. А если рассмотреть в более крупном масштабе действие воздушного потока, создаваемого очень сильным ветром, то делаются вполне понятными явления срывания бурей целых крыш зданий, что нашло себе правильное объяснение лишь в последнее время. Раньше недоумевали и здесь: как может ветер, давящий на крышу

сверху ее, отрывать ее тоже вверх. Рис. 51 поясняет это: отрываются перекрытия не наветренные (справа), а подветренные (слева), и причиной тому все то же засасывание. При большой площади перекрытия и, главное, при большой скорости ветра, возрастающей еще при наличии наветренного ската крыши, эта сила, раньше игнорировавшаяся, получает громадное развитие, исчисляемое целыми тоннами... Кстати, это явление тоже легко воспроизвести в нашей лаборатории, соорудив бумажный домик и обдувая его из рта через бумажный диффузор.

Еще о крыле

Ни в бумажном кружочке последнего опыта, ни в случае с тяжелой крышей, сорванной со стропил бурей, под этими рабочими поверхностями никаких воздействий со стороны воздушного потока не было (внизу везде нормальная атмосфера). И все же мы на опыте убедились, что и в таких условиях образуется подъемная сила, способная поглощать силу тяжести. Нужно ли удивляться в таком случае, что в аэродинамическом крыле, призванном специально для извлечения рабочего эффекта из воздушного потока, тоже используется, главным образом, принцип подсасывания.

Не касаясь очень сложной и еще не полностью выясненной теории крыла, скажем только, как о том упоминалось и выше, что это подсасывание обуславливается тем, что встречный воздух, разбиваясь о переднюю кромку крыла (точка раздела), создает в спинной части значительное разрежение, точно выявляемое по всей глубине и для

крыльев разных дужек лабораторными опытами. А кроме того, за счет уменьшения скорости под крылом и сопряженного с этим увеличения давления добавляется еще подпирающая сила снизу, которая прибавляется к первой силе. И теория, согласно с данными опыта, одинаково свидетельствует, что в общей несущей силе крыла эффекту подсасывания принадлежит доля от 65 % до 75 %. Практическое выявление крыльев лучших качеств происходит при многочисленных продувках в аэродинамических трубах, где составляются полные характеристики разных профилей (дужек). А при конструировании самолетов строителю остается лишь в зависимости от летных требований к проектируемой машине подбирать себе в альбом или в каталог наиболее подходящую дужку вполне известной характеристики.

В нашей „бумажной авиации“, при небольших скоростях, профилированные крылья не могут играть большой роли. Тем не менее, опыты с ними представляют значительный интерес, и мы призываем авиолюбителей обратить внимание на эту сторону дела, не ограничиваясь образчиками, данными выше, но изобретая и другие способы их изготовления из бумаги.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Вступление	5
I. О силовом воздействии воздуха	7
II. Простейшие авиомодели	19
III. Бумажные планеры	28
IV. Воздушные змеи	43
V. Воздушные парадоксы	62



Издательство ЦК и МК ВЛКСМ

„МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ“

Москва, Центр, Новая пл., 6

**Новые книги по технике
ПИОНЕРСКАЯ и ДЕТСКАЯ ЛИТЕРАТУРА**

Албычев. — Волшебный фонарь. $1\frac{1}{2}$ п. л. (печ.).

„ Техника в школы. 3 п. л. (печ.).

Александров. — Как сделать простейшую паровую турбину, стр. 7, ц. 2 к. (листовка).

Алелюков. — Фабрика инженеров, стр. 47, ц. 13 к.

Бабаев. — Военизированные игры с шарами и змеями. стр. 46, ц. 20 к.

Бабаев. — Аэросани, стр. 48, ц. 4 к. (листовка).

„ Монгольфьер, стр. 7, ц. 9 к. „

„ Гидро-глизсер, стр. 7, ц. 4 к. „

„ Дорогу юным техникам, стр. 16, ц. 5 к.

„ Юный авиомоделист, $1\frac{1}{2}$ п. л. (печ.).

Бенюх. — Рабочие на помощь, стр. 48, ц. 13 к.

Берман. — Автодор, $1\frac{1}{2}$ п. л. (печ.).

Бенюх. — Конструктора будущего, стр. 80, ц. 20 к.

Бобров. — Маленькие изобретатели, стр. 46, ц. 10 к.

Бочин Л. — Вызов (о социальном соревновании детей и взрослых стр. 32, ц. 8.

Булатов. — Пионерские мастерские, 2 п. л. (печ.).

„ Юный электротехник, стр. 40, ц. 6 к.

„ Электротехнический кружок, ц. 30 к.

Бунинovich. — В помощь фотокружку, 3 п. л. (печ.).

„ Самодельный фотоаппарат, стр. 8, ц. 4 к.



Издательство ЦК и МК ВЛКСМ

„МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ“

Москва, Центр, Новая пл., 6

- Буиничев. — Как надо снимать, стр. 7, ц. 4 к. (листовка).
Васильев. — Автомобиль, ц. 30 к.
Гарбузов. — В бой за пятилетку, стр. 62, ц. 15 к.
Гарусов. — Рабочая комната, 1 п. л. (печ.).
Головинский. — Самодельный педальный автомобиль, стр. 64, ц. 35 к.
Горюнов. — Мастерская юного техника, 2 п. л. (печ.).
Драбинина. — Вечера техники, стр. 48, ц. 13 к.
Ефетов. — Мозг завода, стр. 46, ц. 12 к.
Ильин. — Когда оживут вещи, стр. 20, ц. 17 к.
„ Фабрика будущего, стр. 30, ц. 17 к.
Исиров Л. — Идем в ФЗУ (осенний набор индустриализации), стр. 48, ц. 13 к.
Казаченко. — Спутник юного мастера, стр. 35, ц. 40 к.
„ Химический кружок, стр. 40, ц. 30 к.
Кац. — Пионеры в цеха, стр. 32, ц. 8 к.
Королев. — Что такое политехнизм, стр. 64, ц. 12 к.
Крусиная Н. — Школа жизни, стр. 32, ц. 8 к.
Лонгини. — Товарищ трактор, стр. 45, ц. 8 к.
Леонычев и Баранов. — Сделай сам, 3 п. л. (печ.).
Литвинов. — Электрификация, стр. 62, ц. 30 к.
Ляфшиц. — Лицом к заводу, стр. 30, ц. 9 к.
Лопатин. — Вчера и сегодня, стр. 46, ц. 12 к.
Михаиловский. — Летящая модель самолета, стр. 36, ц. 16 к.
Милов. — Первые шаги юного землемера, ц. 1 р. 25 к.



Издательство ЦК и МК ВЛКСМ

„МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ“

Москва, Центр, Новая пл., 6

Немцов. — Радиостанция в чемодане, стр. 60, ц. 30 к.

Никифоров. — Коробчатые воздушные змеи (печ. листовк.).

„ Воздушный почтальон, (печ.)

Подвижная техническая хрестоматия.

Вып. 1. Авиация и воздухопл.

„ 2. Радио.

„ 3. Электротехника.

„ 4. Лагерь и площадка.

„ 5. Двигатели и машины, (печ.).

Ордынская. — Химический кружок, ц. 50 к.

Постников. — Динамомашинка, $\frac{1}{4}$ п. л. (печ.).

„ Простейший электромотор, $\frac{1}{4}$ п. л. (печ.).

„ Катушка Румкорфа, $\frac{1}{4}$ п. л. (печ.).

„ Вингродер, $\frac{1}{4}$ п. л. (печ.).

Раевский. — Юный электрификатор, ц. 30 к.

Разгон. — В поход, стр. 32, ц. 9 к.

Стенни. — Война потерям, 1 п. л. (печ.).

„ Вооружайтесь техникой, стр. 29, ц. 8 к.

„ Техника детям, сборник № 4.

Хаустов. — Великое Запорожье, стр. 32, ц. 11 к.

Янов. — Рассказ о лампочке, стр. 32, ц. 10 к.

Почтовые заказы и деньги адресовать книжной базе
Издательства ЦК ВЛКСМ „МОЛОДАЯ ГВАРДИЯ“ — Москва, Новая пл. 6.

При заказе высылать задаток в размере 25 процентов.

Заказы до 2 р. выполняются по получении всей стоимости заказа
[по почте почтовыми переводами].