

**Управление образования Исполнительного комитета  
муниципального образования города Казани**

**Центр детского технического творчества г.Казани**

**Методическая разработка  
«Воздушные змеи»**

**1**

---

**Автор:** Смоленцев А.Г. –  
педагог дополнительного  
образования I категории

**Учреждение: ЦДТТ г.Казани,  
ул. Декабристов, 89  
тел. 543-91-81**

**Казань, 2006**

## История воздушного змея

Кому не известен воздушный змей – скрепленный несколькими реечками лист бумаги с длинным хвостом из мочала? Однако немногие знают, что эта, казалось бы, только развлекательная детская игрушка имеет давнюю и интересную историю.

Воздушные змеи относятся к древнейшим летательным аппаратам. Первые документы о них встречаются еще за несколько веков до начала нового летоисчисления (нашей эры). В китайских рукописях рассказывается, что воздушные змеи в форме птиц, рыб, бабочек, жуков, человеческих фигур, которые раскрашивали в самые яркие цвета.

Наиболее распространенным типом китайского змея был дракон – фантастический крылатый змей. Огромный дракон, поднимаемый в воздух, являлся символом сверхъестественных сил. В ряде местностей Китая до недавнего времени сохранились следы обычая массового запуска воздушных змеев в девятый день девятого месяца – день змея "Дракона".

Летающий дракон конструктивно сложен. Два-три десятка легких бумажных конусов образовывали длинное круглое тело чудовища, живописно извивающегося в полете. Змей-дракон имел крупную голову с оскаленной пастью. Сквозь пасть ветер проникал в пустое туловище и, надувая его, поддерживал в воздухе. Иногда вместо конусов в конструкцию остова дракона входили постепенно уменьшающиеся круглые диски, которые были связаны между собой шнурами. Каждый диск пересекался тонкой бамбуковой планкой, на конце которой укреплялись большие перья.

Для усиления эффекта была придумана специальная "змеиная музыка", напоминающая завывания ветра в дымовой трубе. Приспособление, издающее эти звуки, изготавливали из сухих головок мака, в которые вставляли камышовые свирельки. К пасти дракона прикрепляли леер, а к хвостовой части – две длинные шелковые ленты, которые извивались в воздухе вместе со змеем (хвост).

Интересное зрелище представляли фонарики, изготавливавшиеся из тонкой цветной бумаги, и фейерверки, прикреплявшиеся к змеям. Широкое распространение воздушные змеи получили в Корее. Вначале их применение носило чисто религиозный характер, а затем запуск змеев стал увлекательным видом занятий и зрелищ. На древних японских рисунках также можно встретить изображение воздушных змеев, по форме значительно отличавшихся от китайских. Типичный малайский воздушный змей имеет форму криволинейного симметричного треугольника. Каркас его состоит из трех пересекающихся прутьев, обтяжка – из грубой ткани. Изобретение змея в Европе, независимо от существовавшего в странах Востока, европейские историки приписывают древнегреческому ученому Архиту Тарентскому (IV в. до н.э.).

В 1902 году на крейсере "Лейтенант Ильин" провели успешные опыты по подъему наблюдателя на высоту до 300 м с помощью поезда из воздушных змеев типа "Харгрев".

Английский авиатор Самюэль Коди переплыл пролив Ла-Манш, отделяющий Англию от Франции, на лодке, которую буксировал воздушный змей.

## Практическое применение

Любопытны старинные записи о первых практических применениях воздушных змеев. В одной из них говорится, что в IX в. византийцы якобы поднимали на воздушном змее воина, который с высоты бросал в неприятельский стан зажигательные вещества. В рукописи начала XVII века написано, что в 907 году при осаде Константинополя (Царьграда) князь Олег "сотовища кони и люди бумажные вооружены и позлощены и пусти на на воздух на град. Видев же греки (греки) и убоящася и обещася богу дань давати и выходы на все русские города". Это документальное подтверждение о первом использовании воздушных змеев в военном деле. А в 1066 г. Вильгельм Завоеватель использовал воздушные змеи для военной сигнализации при покорении Англии.

В 1749 году воздушный змей стал служить науке: англичанин Вильсон поднял на нем термометр и измерил температуру на высоте кучевых облаков, быстро спустив градусник на землю с помощью "почтальона".

Известный американский ученый Бенджамин Франклин в апреле 1763 года произвел свой знаменитый опыт, объяснивший электрическое происхождение молнии, использовав при этом воздушный змей.

Воздушные змеи применялись для изучения атмосферного электричества великим русским ученым М.В. Ломоносовым и английским физиком И. Ньютона. Запуская в воздух воздушные змеи, М.В.Ломоносов изучал верхние слои атмосферы и природу молнии. 26.06.1753г. Ломоносов "при помощи змея извлек молнию из облаков". Он запустил воздушный змей в грозу и по его бечевке, используемой как проводник, извлек разряд статического электричества, при этом опыте погиб академик Рихман.

С 1848 года много работ по подъему воздушных змеев провел командир охтинской пиротехнической школы К.И.Константинов. Он разработал систему спасения судов, терпящих аварии вблизи берега: на судна с помощью змеев подавался сначала тонкий шнур, а затем уже крепкий канат.

Усовершенствование змея произвел австралийский ученый Лауренс Харграв в 90-х гг. позапрошлого столетия. Воспользовавшись работами первого планериста, немецкого инженера О. Лилиенталя, Харграв впервые применил в качестве воздушного змея две сквозные коробки, соединенные друг с другом. Лилиенталь, конструируя свои планеры, заметил, что такие аппараты имеют хорошую устойчивость в воздухе. Харграв терпеливо искал выгодные пропорции своих коробок. В конце концов появился первый коробчатый воздушный змей, уже не требующий хвоста для устойчивости в полете.

Летающие коробки Харграва явились не только большим толчком для развития змейкового дела, но и, несомненно, помогли при конструировании первых самолетов. Это положение подтверждается сходством с двухкоробчатым воздушным змеем бипланов Вузена, Сантос-Дюмона, Фармана и аппаратов других первых авиаконструкторов. Воздушный змей сыграл большую роль и в создании первых образцов самолетов, в частности биплана.

Француз Клеман Адер, одним из первых проведший летные испытания перед постройкой своей машины "Эола", запускал воздушный змей, который имел форму крыльев летучей мыши, сохранившуюся и у его самолета.

Форма бипланного крыла планера была заимствована американцем О.Чэнютом, а затем братьями Райт у коробчатого змея австралийца Л.Харгрева, созданного в 1892 году.

С точки зрения конструкции и истории развития "змееводства" особый интерес представляет необычная схема, появившаяся еще в начале века. Суть ее элементарно проста. Начальный правильный пространственный тетраэдр, образованный шестью гранями-рейками, по двум сторонам обтягивается тканью или бумагой в зависимости от размеров. Затем из аналогичных элементов собирается плоская или пространственная ферма, в которой все тканевые поверхности расположены так, что создают подъемную силу при воздействии ветра. А благодаря удачному направлению силовых деталей и нагрузок на эти рейки возможности включения в ферму новых и новых элементарных узлов-"чаек" более чем широкие.

Так, еще в 1905 году Беллом была создана сборка из 1300 "чаек", которая при скорости ветра около 17 м/с обладала грузоподъемностью около 60 кгс (естественно, с учетом собственной массы воздушного змея). Двумя годами позже удалось собрать змей уже из 3393 элементов! При этом габаритная ширина (размах, если попытаться применить авиационную технологию) фермы составляла 51,2 м.

Заметьте, речь идет об эпохе первых, робких еще шагов человека на пути к полетам. С учетом сказанного вы оцените тот факт, что упомянутый Белл был хорошо знаком со ставшим потом всемирно известным Райтом.

Змей начинает оказывать науке ценные услуги. Поэтому неудивительно, что в 1756 г. знаменитый математик Л. Эйлер написал следующие строки: "Воздушный змей, эта игрушка для детей, презираемая учеными, может, однако, заставить глубоко над собой задуматься".

Начиная с 1894 г., воздушный змей систематически применяется для изучения верхних слоев атмосферы. В 1895 г. при Вашингтонском бюро погоды была организована первая змейковая станция. В 1896 г. в Бостонской обсерватории была достигнута высота подъема коробчатого змея, равная 2000 м, а в 1900 г. там же змей был поднят на высоту 4600 м.

Первый полет человека на змее был осуществлен в 1825 году. Это сделал английский ученый Джордж Покок, подняв на несколько десятков метров свою дочь Марту.

В 1897 г. начаты работы с воздушными змеями и в России. Они велись в Павловской магнито-метеорологической обсерватории, где в 1902 г. было открыто специальное змейковое отделение.

Широкое применение воздушный змей нашел в метеорологических обсерваториях Германии, Франции и Японии. Змей поднимался на очень большую высоту. Например, в обсерватории Линденберга (Германия) добились подъема воздушного змея более чем на 7000 м.

Первая радиосвязь через Атлантический океан была налажена с помощью коробчатого воздушного змея. Итальянский инженер Г. Маркони запустил в 1901 г. на острове Нью-Фаундлен большой воздушный змей, который летал на проволоке, служившей приемной антенной.

Русский изобретатель радио А.С.Попов, усовершенствуя беспроволочную телеграфную связь, тоже поднимал antennу в воздух на змеях.

Александр Федорович Можайский, выйдя в отставку, занялся изучением полетов воздушных змеев. Он улучшил их полетные характеристики, добивался устойчивых полетов. Александр Федорович Можайский в 1873 году поднимался на воздушном змее, буксируемом тройкой лошадей.

Во время русско-японской войны в русской армии были специальные подразделения. Из больших коробчатых змеев составляли "змейковые поезда", способные поднять и поддерживать человека в воздухе. На таких "поездах" поднимались артиллерийские наблюдатели или разведчики. Энтузиастом змейкового дела в русской армии был полковник С.А.Ульянин. Им был создан для армии специальный воздушный змей. Новыми и ценными в конструкции его змей были шарнирные, самоотгибающиеся крылья. При ослаблении ветра они автоматически увеличивали площадь змея.

Воздушные змеи во время первой мировой войны использовали также для защиты важных военных объектов от нападения самолетов противника путем устройства заграждений, состоявших из маленьких привязных воздушных шаров и воздушных змеев, поднимавшихся до высоты 3000 м. С шаров и змеев спускались проволочные тросы, которые создавали для самолета противника большую опасность. Германия применила такие заграждения для защиты верфи подводных лодок и ангаров в Бельгии. СССР с помощью змеев разбрасывало листовки.

В Советском Союзе увлечение воздушными змеями началось почти одновременно с авиамоделизмом. Уже на первых всесоюзных состязаниях летающих моделей в 1926 г. были представлены довольно хорошо летавшие коробчатые змеи, построенные киевскими авиамоделистами под руководством И. Бабюка.

Змейковое дело стало одним из разделов первоначальной авиационной подготовки пионеров и школьников, а воздушные змеи – полноправными летательными аппаратами наряду с моделями самолетов и планеров.

Запуск воздушных змеев – интересное спортивное занятие для школьников и взрослых.

В 1931 году на Всесоюзных соревнованиях авиамоделистов в Москве проводился подъем на высоту 10-15 м некоторых участников соревнований на поезде из воздушных змеев, построенных киевскими авиамоделистами.

В Великую Отечественную войну со змеев сбрасывали листовки над позициями гитлеровцев.

В 50-х годах саратовские авиамоделисты из Дворца пионеров под руководством А.Ф.Григоренко создали образец воздушного змея, который с успехом применялся во время антарктической экспедиции Академии наук СССР для изучения нижних слоев атмосферы.

В США, в Бостоне, городское управление парками каждый год устраивает фестиваль воздушных змеев – соревнование на лучшую конструкцию бумажного змея. Такая традиция объясняется тем, что здесь в 1706 году родился Б.Франклин, использовавший змей для открытия природы молний.

Ежегодно, начиная с 1963 года, по всей Польше проводится Национальный праздник воздушного змея – соревнование молодежи в запусках воздушных змеев разных конструкций. В них принимает участие до 100 тысяч школьников.

Известны случаи подъема коробчатых змеев с метеорологическими приборами на высоту 7000 метров и более. В 1931 году, на Всесоюзных состязаниях, киевские авиамоделисты запустили в воздух целый "поезд" из одиннадцати коробчатых змеев, соединенных последовательно. Этот "поезд" свободно поднимал в воздух взрослого человека. В 1938 году авиамоделисты города Серпухова (Московская область) построили большой коробчатый змей: площадь его обтяжки составляла 20 квадратных метров и он поднимал груз в 60 кг.

В 1937 г. в Звенигороде Центральным советом Осоавиахима СССР были организованы I Всесоюзные состязания воздушных коробчатых змеев. Неблагоприятные метеорологические условия (отсутствие необходимого ветра) не дали возможности добиться рекордных полетов змеев. Но все же, хотя и на небольшой высоте, удалось проверить их конструктивные особенности.

В наши дни строительство змеев не может иметь ни оборонного, ни научного значения. Однако, как простейшее, весьма доступное и увлекательное занятие, создание и запуск воздушных змеев не потеряли и не потеряют своего значения.

## Разновидности змеев

Техника постройки различных змеев единообразна. Достаточно освоить постройку простейшего змея, чтобы легко справиться с более сложными конструкциями.

Существует множество классов воздушных змеев.

**Плоские змеи** – в основе его конструкции – плоскость, которая при определенных углах наклона создает необходимую подъемную силу.

Плоские змеи являются самыми простыми, многие из них могут быть изготовлены из одного куска бумаги. По лётным качествам они уступают коробчатым змеям.

Каркас широко распространенного плоского прямоугольника воздушного змея делают из тонких сосновых реек (дранок), обтяжкой служит бумага, для хвоста используют нитки или мочало с грузом (лента).

Небольшой змей (площадью до  $0,5 \text{ м}^2$ ) можно запускать на катушечных нитках. Плоские змеи больших размеров запускают на крепких суровых или капроновых нитках (леске).

Змей имеет всего три планки: две из них служат диагоналями ("крестом"), а третья находится вверху и скрепляет диагонали.

Изготовление змея несложно. Крестовые планки скрепляют под нужным углом нитками. К концам этого креста крепят верхнюю планку. По контуру будущего змея натягивают прочную нить, соединяющую все уголки, и наклеивают обтяжку из бумаги.

После того, как змей высохнет, верхнюю планку нужно слегка стянуть ниткой в дугу. Такой змей более устойчиво держится в воздухе.

Уздечку змея делают из трех ниток. Верхняя (двойная) часть уздечки должна быть такой длины, чтобы она точно уложилась по диагонали, а вершина ее, где делается узел,

легла в центр змея. Нижняя часть узелочки должна быть такой, чтобы, если ее положить на змей, узел попал точно в середину верхней планки змея.

Важный элемент стабильных полетов – это хвост змея. Малый хвост – это болтана из стороны в сторону, большой хвост – устойчивый полет, но слишком большое сопротивление и вес, как следствие – потеря высоты.

**Коробчатые змеи** – это конструкции, в основе которых заложены пространственные формы (треугольные, прямоугольные и т.д.).

Коробчатые змеи летают значительно лучше плоских, их намного легче запустить в воздух. В полете они более устойчивы и могут обходиться без хвоста.

Горизонтальные плоскости создают подъемную силу, а вертикальные составляющие дают устойчивость в полете.

### **Управляемые змеи**

Само название говорит о возможности управления полетом, и при определенном навыке пилотирования таким змеем можно добиться превосходных результатов в выполнении всевозможных фигур, ведении воздушных боев двух и более змеев.

Основное отличие от всех других способов запуска змеев – необходимо две нити, которые закреплены в разных точках от оси симметрии змея. Натягивая то одну нить, то другую, "пилот" заставляет несущие плоскости наклоняться под разным углом к потоку, тем самым перемещаться змей то вправо, то влево, или выполнять немыслимые "крендибобели" в воздухе.

### **Экспериментальные змеи**

К ним относятся все летающие на привязи конструкции. Они разнообразятся как по конструкции, так и дизайну, по назначению и интересу, для удовольствия или заработка. Это:

- летающие Драконы, древние ящеры (pterodactili);
- ковры-самолеты, Руслан и Черномор, Зилант и Змей Горыныч, Старик Хаттабыч;
- метео-зонды и ретрансляторы;
- сигнальные, визуальные и звуковые;
- любые необычные формы, использующие энергию ветра и смекалку конструктора для преодоления силы тяжести и поднятия чего-либо в воздух над поверхностью земли.

## **Основные части змея**

**Лонжероны** – продольные рейки, расперты крестовинами (распорными рейками).

**Обтяжка** (парус) прикреплена к лонжеронам и создает аэродинамические силы. **Узелочки** важнейшая часть змея, которая ориентирует его в пространстве под определенным углом к ветру и служит для управления. **Ликтрос** – нитки, которые вклеиваются вдоль краев змея (можно использовать скотч).

### **К воздушным змеям предъявляются следующие требования:**

1. Змей должен быть достаточно прочным, т.к. минимальное давление на один квадратный метр его несущей поверхности при средней скорости ветра (7-8 м/сек) доходит до 2 кг.
2. Змей должен быть жестким и под действием ветра не деформироваться.
3. Змей должен быть легким (при достаточной прочности). Следует стремиться к тому, чтобы его нагрузка (отношение веса змея к его площади) не превышала 0,3-0,4 кг на квадратный метр: в этом случае змей сможет летать и при слабом ветре (3-4 м/сек).
4. Змей должен легко собираться, разбираться и в разобранном виде занимать немного места.

## **Материалы для изготовления**

ткань – легкая и прочная (шелк, перкаль и т.п.), бумага (прочная и легкая); рейки сосновые; нитки; леска; клея; различные пленки и пластики.

## Воздушный почтальон

**Воздушные почтальоны** – это "приборы", которые расширяют функциональные возможности змея, это приспособления, которые под напором ветра катятся или скользят вверх по лееру.

Самый простой "почтальон" – лист бумаги с отверстием, надетый на леер. Вырезав из бумаги круг или просто прорезав лист до середины и сделав в нем отверстие, надевают на леер и, заведя края разреза один на другой, склеивают канцелярским или резиновым kleem. В полевых условиях бумагу можно склеить и слюной. Образуется конус, который хорошо скользит по нити. Но такой "почтальон", к сожалению, спуститься обратно не сможет.

Куда интереснее "почтальон", который можно запускать много раз. Чаще всего его конструкция представляет собой парусную тележку, подвешенную к лееру на роликах. Но такой "почтальон" сложен и капризен. Поэтому советуем начать с конструкции попроще.

"Почтальон", выполненный в виде парашюта, подвешивают на леере с помощью колесика или просто на крючке. Форма парашюта и его конструкция могут быть различными, например, в виде конуса или полусфера. Сброс таких "почтальонов" с леера происходит за счет закрепленного на леере конуса.

Схема "воздушного почтальона" с подвеской на тележке с колесиками позволяет уменьшить трение о леер, а, следовательно, увеличивает скорость подъема.

Размеры "почтальонов" зависят от поставленной цели. Если предполагается поднимать большие грузы (куклы с парашютами, фотоаппарат, модели планеров), придется строить не только большой змей, но и сам "почтальон" сделать побольше. Разумеется, с увеличением груза возрастет и диаметр парашюта.

## Способ изготовления

Среди разнообразных конструкций воздушных змеев интересна конструкция в форме птицы. Не каждому случается водить на поводке птицу...

Материалы для такого змея достать сравнительно легко. Для каркаса нужны сосновые рейки сечением 6х8 мм. Для растяжки – крученый, тонкий, но крепкий шпагат или нитки №4. Понадобиться калька и столярный клей.

Работа начинается с каркаса. Возьмите две деревянные рейки длиной 700 и 1400 мм. Концы их просверлите двухмиллиметровым сверлом. Обе рейки склейте. Места скрепления туго завяжите ниткой №10.

Пока сохнет склеенный каркас, нарисуйте на кальке с помощью сетки контуры птицы. Вырежьте ножницами, оставляя при этом полоску, по крайней мере, в 15 мм. Этот край "подрубите", надрезая его, где понадобится. Под загнутые концы приклейте растягивающий шпагат. Концы шпагата связывайте только после того, как обшивка будет прикреплена к каркасу. Укрепите углы, утяжелив их более плотной бумагой.

Крылья птицы в четырех местах привяжите или приклейте к рейкам. На крыльях укрепите растяжки, привязав их к шпагату, приклеенному по краю покрытия. Узлы заклейте кусочками бумаги, нанизывая их предварительно на растяжки. На готовом змее карандашом нарисуйте "оперение". Полученный рисунок обведите черным нитролаком.

Остается укрепить на змее "уздечку". Сначала свяжите нитью длиной приблизительно 1500 мм оба крыла птицы, а затем к этой нити прикрепите вторую, длиной около 900 мм. Концы второй нити завяжите на рейке у хвоста и у клюва. Две нити надо связать так, чтобы после натяжения узел находился под загнутым клювом, который надо утяжелить кусочками

полотна. К узечке привяжите нитку №4, за нее вы будете удерживать змея-птицу. Необходимая для полета подъемная сила возникнет даже при слабом ветре.

## Три принципа создания подъемной силы

Летательные аппараты – это технические устройства легче или тяжелее воздуха, движущиеся в атмосфере или космосе под действием аэродинамических или аэростатических сил, сил реакции или по инерции, которые делятся на три большие группы.

1. У летательных аппаратов легче воздуха подъемная сила образуется по аэростатическому принципу (закон Архимеда) (воздушные шары, дирижабли).
2. У летательных аппаратов тяжелее воздуха подъемная сила образуется по аэродинамическому принципу, т.е. создается несущими поверхностями при перемещении аппарата относительно воздуха в результате работы двигательной установки (вертолеты, автожиры, самолеты, планера, змеи).
3. Летательные аппараты, подъемная сила которых создается по реактивному ракетному принципу (ракеты, космические корабли, реактивные снаряды).

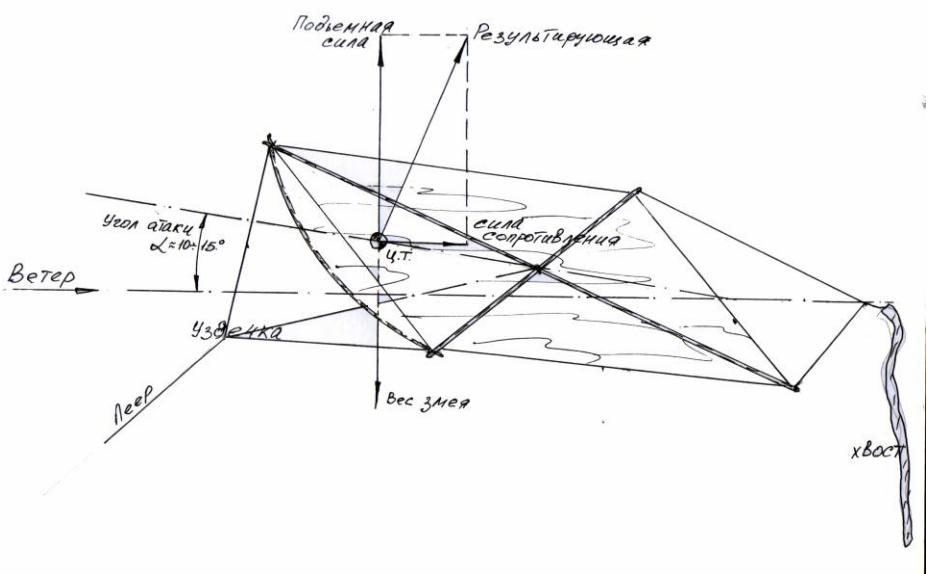
## Подъемная сила воздушного змея

Мал и хрупок с виду воздушный змей, а может поднять немалый груз. Почему – вы, наверное, догадались? Высуньте в окно движущегося автомобиля руку с куском картона или фанеры. Поставьте вертикально. Чувствуете, как руку отбрасывает назад? Отбрасывающая сила возникает потому, что на картонку набегает поток воздуха и оказывает на нее давление. Оно тем больше, чем больше ее размеры или скорость движения (не стоит только экспериментировать на очень больших скоростях – опасно!). Силу давления встречного

потока можно заметно уменьшить, если картонку поставить ребром. А если расположить под небольшим углом – он называется углом атаки ( $\alpha$ ), то руку начнет отклонять не только назад, но и вверх. Сила, направленная вверх, и есть подъемная сила, которая позволяет змею подняться в небо. Ведь воздушный змей, какую бы сложную форму он ни имел, – это та же картонка или несколько картонок. Их называют еще плоскостями.

Змей перемещается в воздухе под небольшим углом, преодолевая при этом силу, мешающую двигаться вперед, – она называется сопротивлением воздуха. Вы уже понимаете, что подъемная сила тем больше, чем большие размеры змея, скорость набегающего потока и угол атаки.

Управляют змеем с помощью нити или бечевки (леер). Из нескольких коротких нитей (пут) делают узечку. Она и обеспечивает плоскостям змея в полете необходимый угол



мешающую двигаться вперед, – она называется сопротивлением воздуха. Вы уже понимаете, что подъемная сила тем больше, чем большие размеры змея, скорость набегающего потока и угол атаки.

Управляют змеем с помощью нити или бечевки (леер). Из нескольких коротких нитей (пут) делают узечку. Она и обеспечивает плоскостям змея в полете необходимый угол

атаки. Запускают воздушный змей при достаточно сильном ветре. Тогда можно заставить его не только держаться в воздухе, но и подниматься высоко-высоко.

Самый простой воздушный змей – "Монах". Сделать его просто из листа писчей или более плотной бумаги. Уздачку для "Монаха" обычно изготавливают из катушечной нити, а хвост – из полоски бумаги или пучка нитей в метр длиной. Конструкция такого змея очень хрупка, ее запускают лишь при слабом ветре. Впрочем, последнее – скорее достоинство. "Монах" может летать даже в штиль. И чтобы его запустить, надо лишь пробежаться, держа змей за леер.

## Подъемная сила

Рассмотрим природу возникновения подъемной силы. Опыты, проведенные в аэродинамических лабораториях, позволили установить, что при набегании на тело воздушного потока частицы воздуха обтекают тело. Картину обтекания тела воздухом легко наблюдать, если поместить тело в аэродинамической трубе, в подкрашенном потоке воздуха, кроме того, ее можно сфотографировать.

Полученный снимок называют спектром обтекания.

На рис.2 дано схематическое изображение спектра обтекания пластинки, поставленной под острым углом к потоку. Под пластинкой давление повышается, а над ней вследствие срыва струй получается разрежение воздуха, т.е. давление понижается. Благодаря образующейся разности давлений и возникает аэродинамическая сила. Она направлена в сторону меньшего давления, т.е. назад и вверх. Отклонение аэродинамической силы от вертикали зависит от угла, под которым пластинка поставлена к потоку. Этот угол получил название угла атаки (его принято обозначать греческой буквой  $\alpha$  – альфа).

Свойство плоской пластинки создавать подъемную силу, если на нее набегает под острым углом воздух (или вода), известно уже с давних времен. Примером тому служит воздушный змей и руль корабля, время изобретения которых теряется в веках.

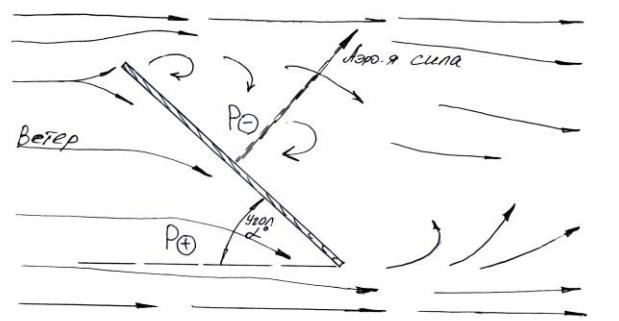


Рис. 2

## Устойчивость полета

Устойчивость – это способность тела самостоятельно возвращаться в прежнее положение равновесия, нарушенное какой-либо внешней силой, после прекращения ее действия. Устойчивость тел, в том числе и летательного аппарата, зависит от взаимного положения центра тяжести тела и точек приложения действующих на него сил.

Сделать устойчивой модель трудно, потому что воздушная среда очень подвижна и в ней всегда есть порывы ветра различного направления, порождающие силы, которые нарушают устойчивое движение. Самолет в воздухе под действием этих сил может совершать различные сложные вращательные движения вокруг своего центра тяжести. Эти вращательные движения могут происходить относительно каждой из связанных с моделью воображаемых осей  $xx$ ,  $yy$ , и  $zz$ , проходящих через центр тяжести. Соответственно существуют три вида устойчивости: продольная – относительно оси  $zz$ ; поперечная, или боковая, – относительно оси  $xx$ ; устойчивость пути – относительно оси  $yy$ .

## Змей-биплан

Конструкцию такого змея (рис. 1) впервые предложил в конце XIX века австралийский ученый Лауренс Харгроа. Основу ее составляют четыре рейки-лонжерона длиной по 720 мм и сечением 8х8 мм и две пары крестовин. Для них надо заготовить четыре рейки-распорки длиной до 435 мм и сечением 8х8 мм. Лонжероны и распорки крестовин аккуратно скруглите. Для этого обработайте их ребра рубанком, а затем куском стекла или наждачной бумагой.

Обтяжка змея состоит из двух полос микалентной бумаги или кальки, приклеенных по краям к рейкам каркаса. Годятся для обтяжки лавсановая или полиэтиленовая пленка. Всего потребуется два листа длиной по 1300 мм и шириной 300 мм. Кроме того, нужен какой-либо клей — БФ-2, "Момент", 88, 20 м суповой нитки и 0,5 м стальной проволоки диаметром около 0,5 мм (скрепки). Из бумаги вырезается выкройка для каждой из полос по размерам, приведенным на рисунке 5.

Полоски шириной 10 мм, выступающие за контур, изображенный на чертеже тонкой линией, служат припуском.

По тонким линиям каждой из длинных сторон уложите нить, предварительно сделав на ней петли длиной 80 мм через каждые 200 мм. Всего должно быть пять таких петель — по числу вырезов на каждой длинной стороне листа. Концы нити с обеих сторон должны выступать на 80 мм.

Уложив нить на полосу по тонкой линии, и промазав ее и припуск kleem, соедините обе детали обтяжки и каркаса между собой. В середине каждого кольца вклейте две легкие сосновые рейки-нервюры сечением 5х1 мм. Их назначение — устраниить продольные складки.

Лонжероны должны быть одинаковой длины, прямые и гладкие. Отступив по 10 мм от их концов, сделайте круговые неглубокие канавки. Небольшие искривления надо выпрямить над слабым огнем.

Готовые детали тщательно обработайте наждачной бумагой, концы дополнительно закруглите рашпилем. Распорки крестовин следует подогнать по длине. Вначале с помощью плоскогубцев изготовьте восемь вилок из проволоки Ø 0,5 мм по размерам, указанным на рисунке 4. Закрепите каждую нитками с kleem на конце распорки, чтобы последние держались на лонжеронах. Подгонку длины распорок лучше выполнять на собранном змее. Вначале возьмите кольца обтяжки и разрежьте нитяные петли так, чтобы образовались «усики». Надев кольцо обтяжки на один из лонжеронов, привяжите его «усиками» к передней части лонжерона в двух точках. Точно так же поступите и с другими лонжеронами, а затем привяжите с другой стороны второе бумажное кольцо. Одновременно, разрезав центральные нитяные петли, привяжите «усики» и к нервюрам на обоих кольцах.

Собрав змей, вставьте с одной стороны рейку-распорку. Делать это удобнее всего вдвоем. Наложив на соответствующие лонжероны распорные рейки с вилками, осторожно натяните обтяжку и, опуская другие концы распорок и примеряя их длину, последовательно и понемногу срезайте оставленный запас. Подгоните окончательно длину реек-распорок так, чтобы коробка змея не имела перекоса. После этого на противоположном конце закрепите вилки нитками с kleem. Концевые вилки на каждой из распорок располагайте в одной плоскости. Затем, вставив одну крестовину, подгоните вторую пару деталей и также соедините их между собой. Для этого строго посередине у одной из каждой пар реек-распорок установите на нитках (с kleem) проволочную скобу, сквозь которую проходит вторая соседняя распорка (рис. 3). Теперь приготовьте 16 полосок бумаги длиной по 90 и шириной по 26мм. Этими полосками заклейте лонжероны внутри бумажных колец. Сделать это нужно тогда, когда конструкция собрана и крестовины поставлены. Змей готов.

Теперь укрепите узечку. Она состоит из четырех петель, привязанных к нижним лонжеронам. Все петли соединены в один узел, расположенный против геометрического центра передней стенки верхнего кольца и на расстоянии 250мм от нее. Конец узечки имеет небольшой деревянный костыль (рис. 2).

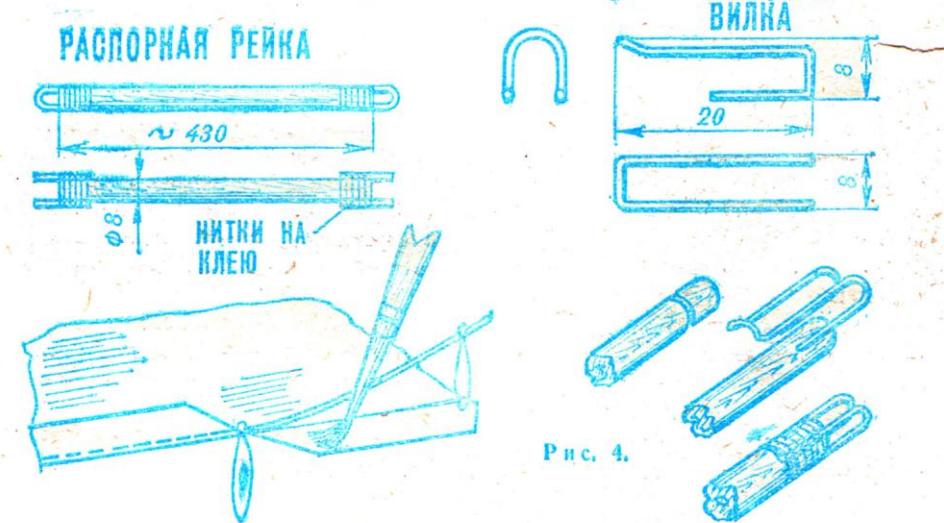
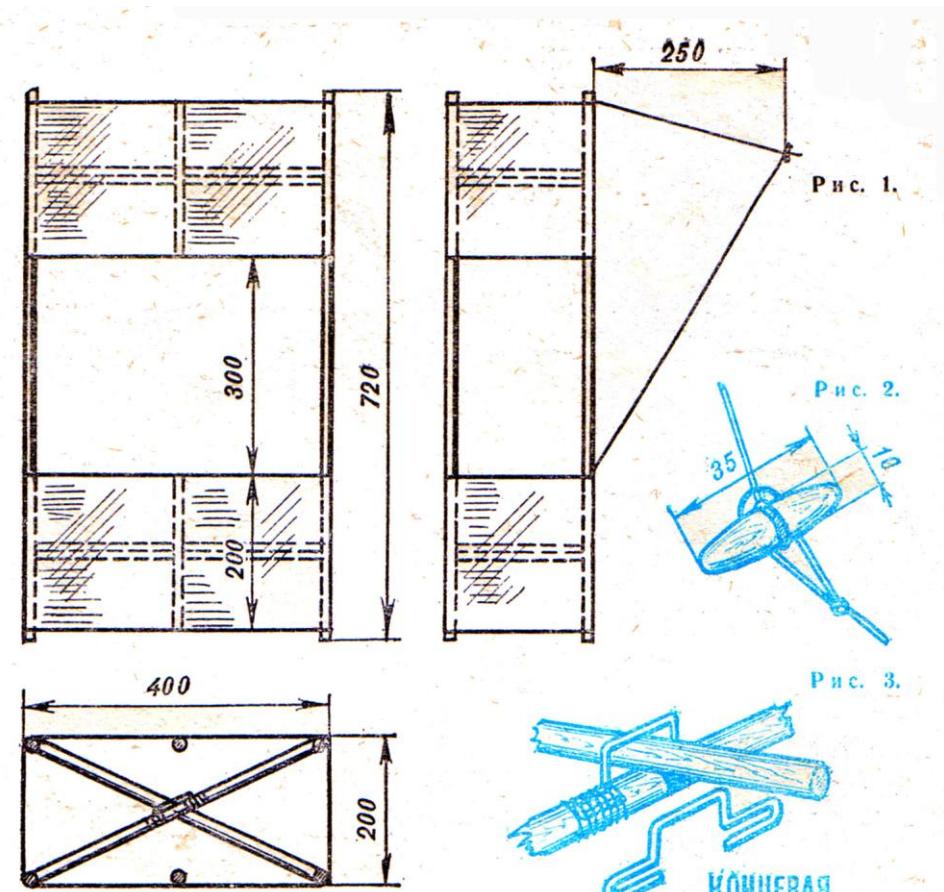
Змей запускают на прочном леере (леске), намотанном на рогульку или палку. Для полета выбирают открытое место, вокруг которого нет радиоантенн, деревьев и электрических проводов высокого напряжения.

Со змеями можно устраивать интересные игры. Одна из них: запуск змея при заданной длине леера в наиболее короткий промежуток времени.

Вторая игра - сброс модели на парашюте с «почтальона» в заранее намеченную цель - круг Ø 20 м. На рисунке 7 показано устройство самого простого «почтальона». Основой его служит бумажная трубка, надеваемая на леер. В ней по направляющим скользит стержень из стальной проволоки Ø 1мм. Его передний конец сделан в виде кольца, обращенного своей плоскостью к оси трубки. Задний мост стержня представляет собой крюк, прямолинейная часть которого направлена вперед и проходит сквозь отверстия скобы. Между ее лапками на него надевают петлю нити, на нижнем конце которой висит парашют. Трубка изготовлена из двух или трех слоев тонкой и плотной бумаги шириной 90—100 и длиной 750мм и намотана на деревянный цилиндр Ø 18мм. Первая полоса снаружи промазана kleem. На нее накладывается второй слой бумаги и, если нужно, третий. Общая толщина стенки трубки не должна превышать 1мм. После того как клей высохнет, обрежьте трубку, не снимая цилиндра, лобзиком до длины 70мм. Кроме того, сделайте снизу два коротких поперечных разреза длиной по 5мм для верхних лапок скобы, изготовленной из жести, загнув эти лапки изнутри трубки. Нижние отогните, следя за тем, чтобы отверстия в них оказались на одном расстоянии от стенки трубки. Внутри на kleю установите два деревянных «сухарика». Вставьте в них изогнутый проволочный стержень с крючком — он должен легко входить в отверстие скобы. Далее согните кольцо на переднем конце стержня. «Почтальон» готов к работе.

Не забудьте на леере около змея укрепить стопор из легкого фанерного диска, большего по диаметру, чем кольцо на конце стержня. Купол парашюта (рис. 6) скроите из листа папиросной бумаги 310x350 мм, в середине его сделайте отверстие. Стропы длиной 450 мм из тонких ниток приклейте аккуратно к куполу на угольниках из бумаги. «Парашютист» должен весить не более 10 г. К нему привяжите нитку, заканчивающуюся петлей, и наденьте ее на нижний крючок стержня.

Теперь, разогнув трубку, введите в прорезь леер, продев его в переднее кольцо стержня. На нижний крючок стержня наденьте петлю, прикрепленную к «парашютисту». Ветер, надувая парашют, потянет трубку «почтальона» по лееру вверх, пока кольцо стержня не упрется в ограничитель. После этого стержень от удара сдвинется назад, освободив нитку, привязанную к «парашютисту», и начнется его свободный полет.



### РАСКРОЙ КОЛЬЦА ОБТЯЖКИ

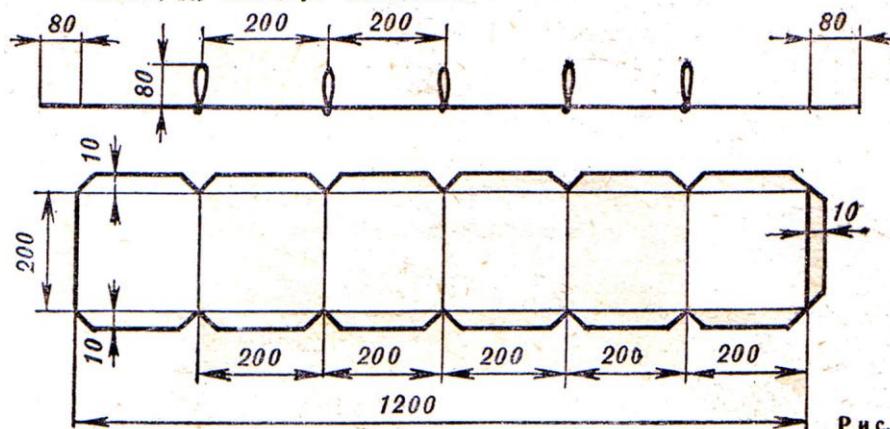
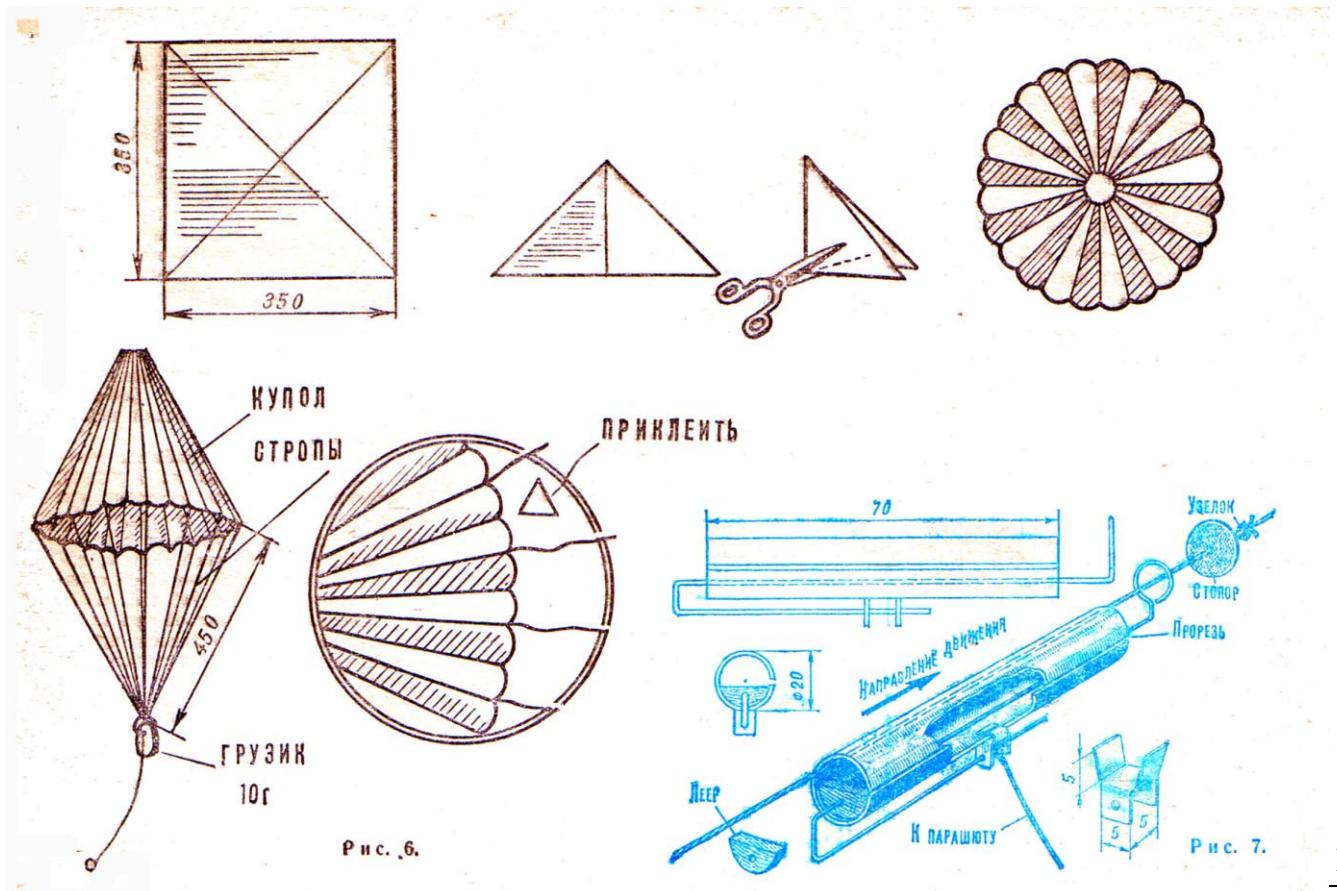


Рис. 5.



## Высший пилотаж на воздушном змее

О том, что воздушный змей может под управлением «пилота» выполнять чуть ли не полный комплекс фигур высшего пилотажа, знают очень немногие. При этом нужно отметить, что созданные моделистами единичные образцы таких суперзмеев довольно габаритные и имеют непростую конструкцию, какую удается воспроизвести далеко не каждому.

Мы предлагаем сегодня нашим читателям новую разработку «акробатического» змея упрощенной схемы. Кроме уменьшенных размеров, для него характерна возможность быстрой сборки и разборки, что неоценимо при транспортировке.

Если вы решитесь приняться за подобный летательный аппарат, подготовьте вначале материалы для его изготовления. А их потребуется немного. Прежде всего это рейки из качественной мелкослойной сосны или ели. На выбранных заготовках не должно быть смолистых мест и заметного косослоя; древесина годится только хорошо высушенная. Еще надо найти небольшие обрезки миллиметровой фанеры, которую в крайнем случае можно заменить пресс-шпаном (его называют еще «электрокартон») толщиной около 1 мм. Из связующих лучше всего эпоксидная смола, хотя удовлетворительной прочности соединений удается добиться и с нитроклеями (последние применяются с «грунтовкой» — склеиваемые поверхности сначала смазываются kleem и полностью просушиваются, после чего наносится свежий слой связующего, и соединяемые детали плотно сжимаются до просушки шва на срок от трех часов до суток). На «парус» змея идет обычная полиэтиленовая пленка, лавсановая пленка либо легкая ткань типа «болонья». В последнем случае змей выглядит более профессионально и сможет служить не один сезон; но увеличенная масса позволит ему уверенно держаться в воздухе только при значительной скорости ветра. Если внимательно посмотреть на чертежи, в основном станет ясна конструкция пилотажного змея и принцип его изготовления и сборки. Поэтому Можно остановиться лишь на отдельных особенностях.

Для защиты от влаги полезно деревянные детали змея после окончания их обработки покрыть нетолстым слоем масляного или нитролака или краски. Пленочную обшивку «паруса» соединяют на клею типа «Момент». Однако лучше воспользоваться «сваркой», с помощью которой легко усилить при необходимости и все кромки выкройки. «Сварка» проводится паяльником с роликовой насадкой или утюгом через металлическую фольгу. Подобную технологию вначале нужно отладить на ненужных обрезках пленки. На внешних концах крыла у «паруса» должны иметься своеобразные карманы, в которые при натяжении ткани входили бы рейки лонжеронов. Это предохранит змей в целом от разборки в воздухе.

Готовый змей необходимо отбалансировать. Делается это без уздечки и леера, как при запуске обычного планера. Чаще всего приходится загружать хвостовую часть центральной рейки — обмоткой стержня вблизи хвостового разъемного узла толстой медной проволокой или установкой свинцовой оковки. Правильно сбалансированный змей пролетает с руки около 12 м. Основной признак недогруженности хвостовой части — резкое взмывание после запуска с последующим переходом в пикирование.

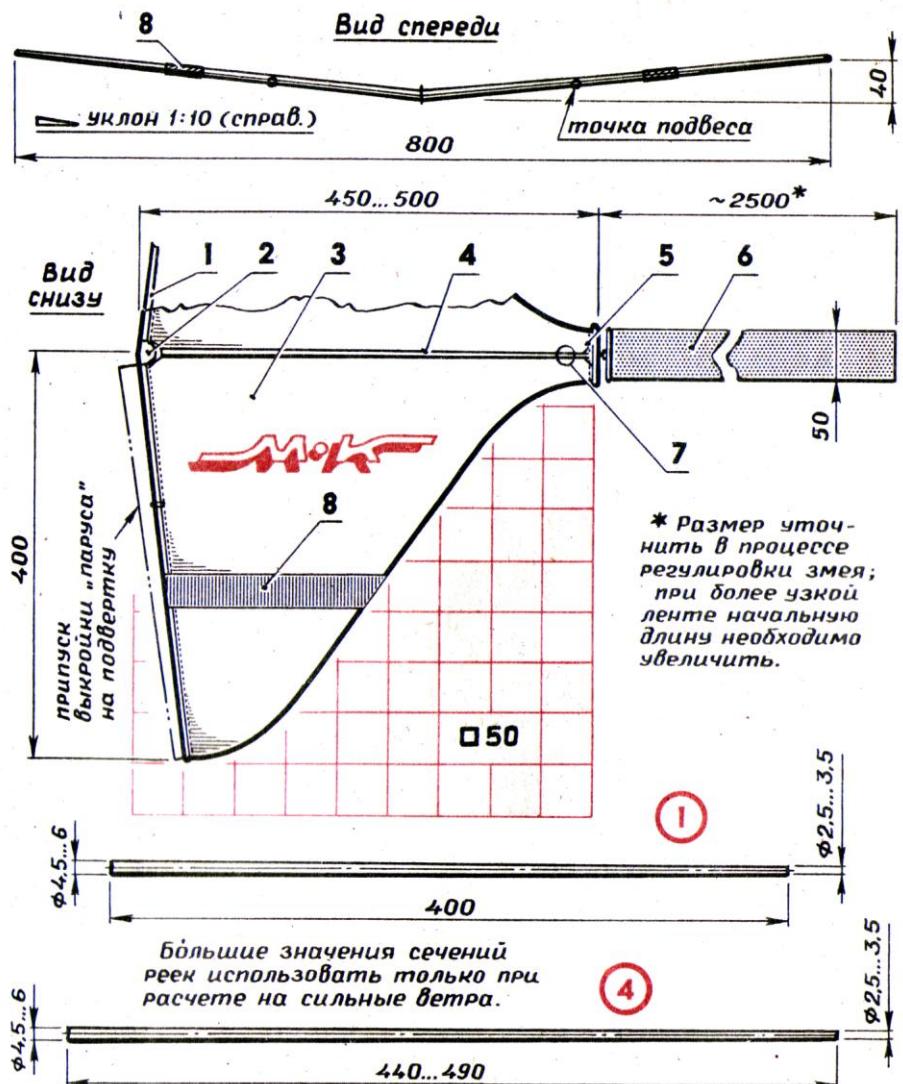
Как правильно привязать уздечку, показано на рисунках. Точка подвески лееров на уздечке отыскивается практическим путем. Последовательно перехватывая уздечку, добиваются, чтобы змей, коснувшись пола носиком, имел бы приподнятую на 30—40 мм хвостовую часть.

Запуски на первых порах лучше проводить в достаточно сильный ветер. Дело в том, что, не имея опыта управления, можно при малой натяжке лееров не справиться с «пилотажкой». Леера длиной 30—50 м делают из прочных тонких ниток. Капроновые при всех их достоинствах лучше не применять — они слишком эластичные и команды управления проходят с большим запаздыванием.

Полностью освоив змей, попытайтесь немного изменить размеры и массу его «хвоста» для улучшения пилотажных характеристик. В остальном же эластичность и упругость силовых элементов змея точно подобраны под данные его размеры и управление с помощью ручки «размахом» около 300 мм.

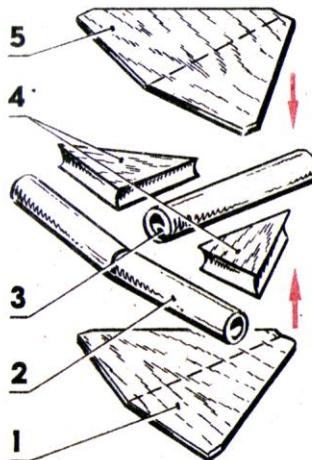






#### Пилотажный змей:

1—лонжерон (сосна или ель), 2—носовой узел разъема, 3—«парус» (пленка или ткань «бобоня»), 4—центральный стержень (сосна или ель), 5—хвостовой узел разъема, 6—«хвост» (капроновая лента или толстая пленка), 7—место размещения балансировочного груза, 8—усиление «паруса» (липкая лента с обеих сторон полотнища).



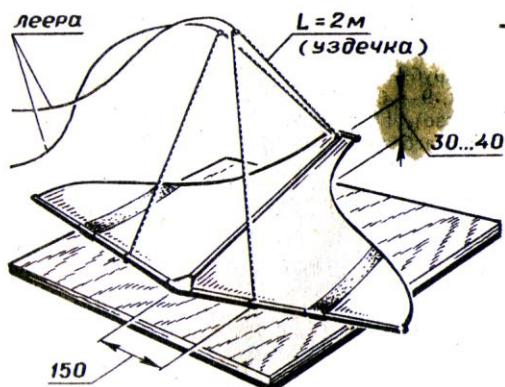
#### Носовой узел разъема:

1—нижняя косынка (фанера толщиной 1—1,5 мм; по оси согнуть на разогретом паяльнике до получения требуемого угла, показанного на общем виде змея на виде спереди), 2—силовая трубка соединения реек лонжерона (кабельная или крафт-бумага на эпоксидной смоле, толщина стенки около 1,5 мм; после изготовления заготовку надрезать посередине и согнуть по чертежу), 3—центральная трубка (материал аналогичен детали 2), 4—клиновые упрочняющие вставки (липа или сосна), 5—верхняя косынка. Длина трубчатой заготовки детали 2 около 60 мм, детали 3—40 мм.



#### Хвостовой узел разъема:

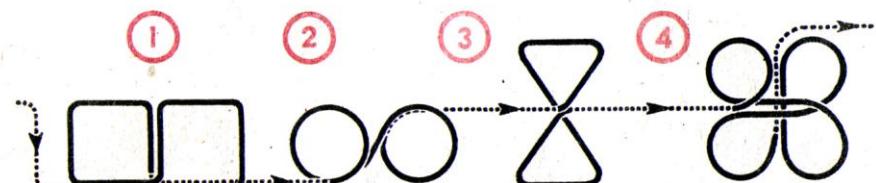
1—центральный стержень, 2—косынки (фанера или картон), 3—поперечная рейка (сосна или ель сечением 3 мм; при сборке змея закладывается с надетой обшивкой «парусом» в паз между косынками), 4—хвостовая часть «паруса».



Балансировка змея и размеры уздечки.

#### Примерный комплекс фигур пилотажа для обучения:

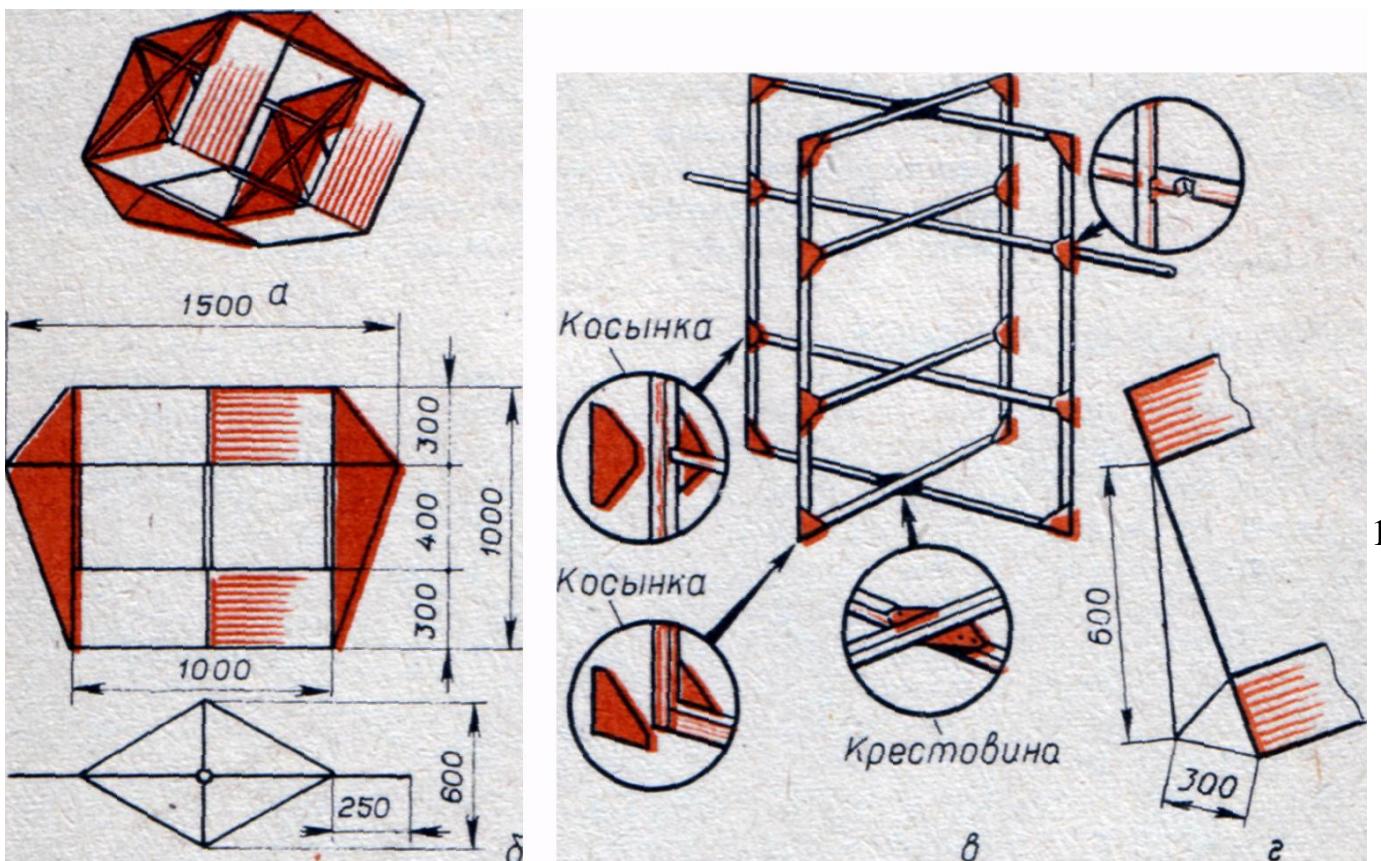
1—квадратные петли, 2—круглые петли, 3—«песочные часы», 4—«цветок».



## КОРОБЧАТЫЙ ЗМЕЙ ПОТТЕРА

Ромбический коробчатый змей Поттера отличается большими размерами и более сложной конструкцией. Для увеличения подъемной силы змей имеет специальные открылки. Этот змей можно построить в двух вариантах: неразборным и разборным (для удобства его транспортировки).

Сначала ознакомимся с конструкцией неразборного змея. Он состоит из четырех продольных реек (лонжеронов) и четырех парных поперечных реек-крестовин, двух коробок и двух открылков.



Неразборный коробчатый змей Поттера: *а* - общий вид; *б* - чертеж; *в* - каркас змея в собранном виде; *г* - размеры узелки.

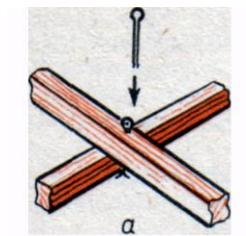
Для постройки змея подготовим сосновые рейки сечением 8х6 мм длиной 1000 мм 7 штук, длиной 600 мм – 4 штуки, длиной 1500 мм – 1 штуку. Сначала из реек соберем раму размером 1000x1000 мм. На углы рамы и места соединения лонжеронов с распорными рейками приклеим косынки из миллиметровой фанеры.

Вторую раму соберем тем же способом, только один лонжерон укрепим после того, как вторая рама будет вставлена в первую. Когда последний лонжерон будет укреплен, приступим к соединению крестовин. Для этого между рейками вставим наклейки – квадратики из миллиметровой фанеры – и прильем их мелкими гвоздиками. Места соединений предварительно смажем kleem. Так скрепим все четыре крестовины, причем в первую очередь крайние крестовины, а затем уже средние.

Каркас змея готов. Теперь надо изготовить и открылки. Для этого возьмем легкую, но прочную ткань и разрежем ее на полосы шириной 320 мм. Примеряя такую полосу к змею, сделаем выкройку одной из полос обтяжки змея. При этом ткань должна выступать за контуры выкройки на 10 мм. Этот припуск нужен для того, чтобы по контурам полосы для прочности вшить или вклейте шпагат. Окончательно примерим полосу обтяжки к змею, так чтобы ткань не провисала и не коробила каркас из-за сильного натяжения, а затем короткие стороны полосы сошьем в кольцо. Второе кольцо изготовим аналогично первому. Готовые кольца соединим с лонжеронами змея с помощью клея.

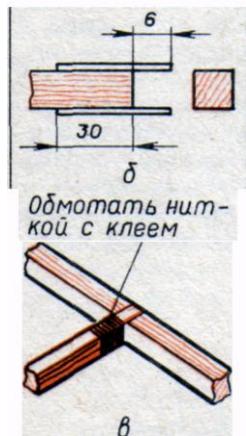
Далее изготовим открылки. В ткань открылок, так же как и в обтяжку, вошьем шпагат, которых привяжем открылок к большой распорной рейке и к углам рамы. Затем пришьем к лонжерону обтяжку

А теперь о конструкции разборного змея. Он отличается от неразборного тем, что распорные рейки крепятся к лонжеронам не наглухо, а при помощи лапок, имеющихся на концах распорок. Лапки не дают распоркам соскакивать с лонжеронов. Лапки можно вырезать из фанеры или из полосок дерева. Размеры их показаны на рисунке. Готовые распорки соединяют в кресты с помощью резинки.



Детали конструкции разборного змея: *а* - соединение распорных крестовин; *б* - распорная рейка с лапкой; *в* - соединение распорной рейки с лонжероном.

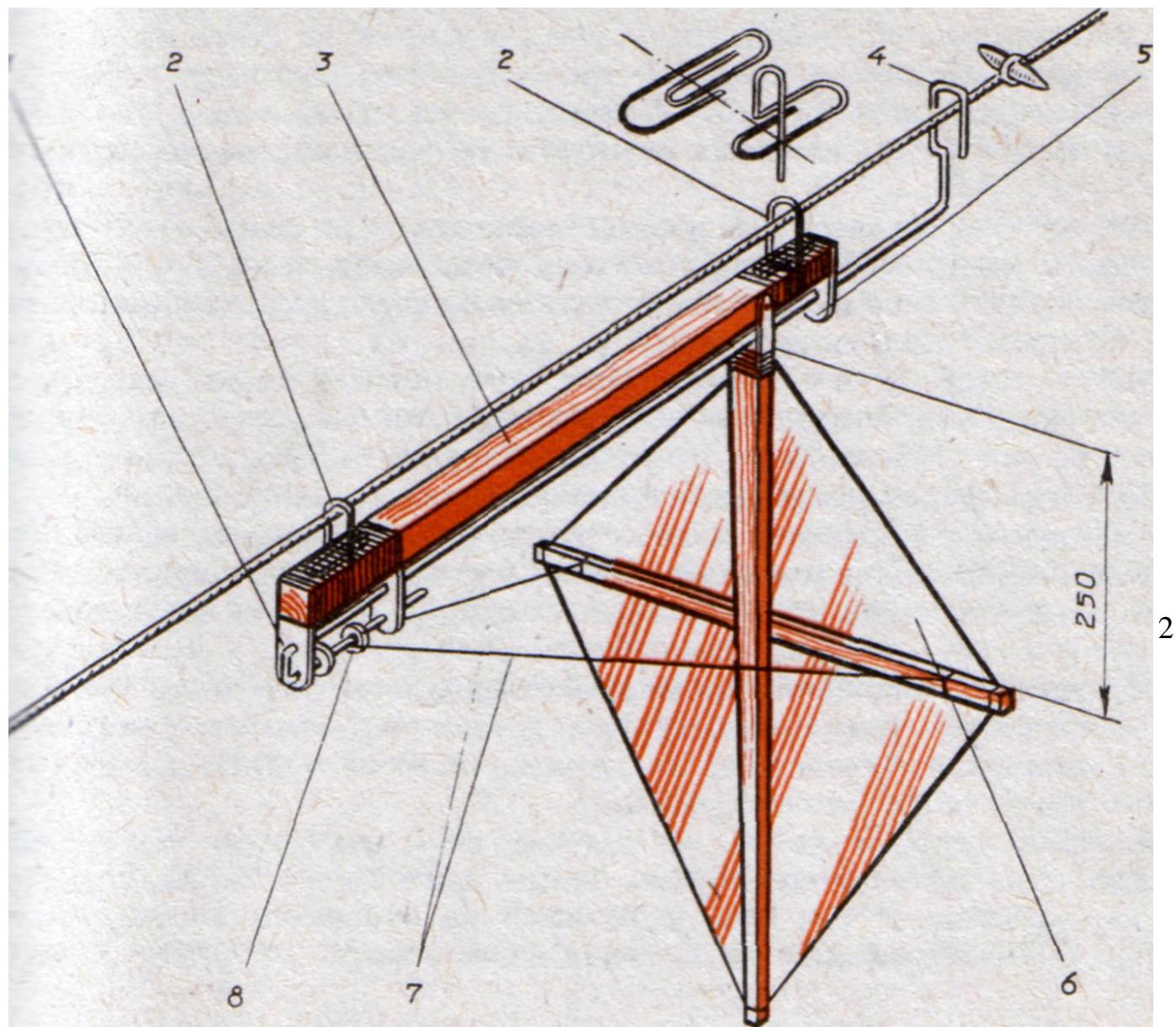
1



## ВОЗДУШНЫЙ ПОЧТАЛЬОН

Воздушный почтальон — это несложный прибор, предназначенный для сбрасывания небольших грузов с высоты. Ветер давит на парус и тянет прибор вверх. Дойдя до змея, почтальон наталкивается на небольшой костыль, привязанный к лееру на 2-3 м ниже змея. Таран стержня с разбега ударяется о костыль, стержень сдвигается назад и открывает замок. Со штыря замка срываются нанизанные заранее листовки или иной груз, предназначенный для сбрасывания с

высоты. Одновременно со сбрасыванием груза соскальзывает и кольцо с оттяжкой, освобождая парус, который свободно ложится по ветру, не создавая больше подъемной силы. Освободившийся от нагрузки почтальон скатывается вниз по лееру.



**Воздушный почтальон:** 1—замок; 2—скользящие петли; 3—корпус; 4—стержень-таран; 5— скоба; 6— парус; 7— оттяжка; 8— кольцо.

Воздушный почтальон состоит из корпуса 3, паруса 6, замка 1 и стержня-тарана 4. Корпус почтальона сделаем из сосновой рейки сечением 10х6 мм, длиной 400-500 мм. На концах ее нитками с клеем закрепим скользящие петли 2, сделанные из канцелярских скрепок.

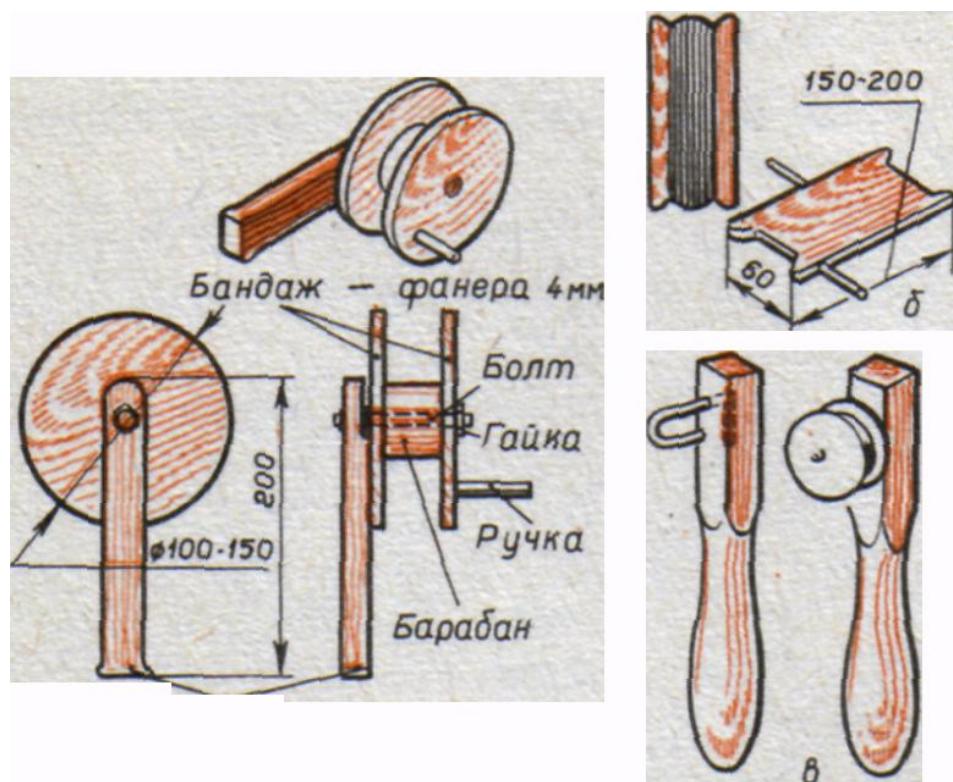
Из алюминиевой проволоки диаметром 2,5-3,0 мм (или стальной диаметром 1,5 мм) сделаем стержень, нижний конец его изогнем в виде буквы Г и вставим в замок. Сверху стержень закрепим на основании скобой 5. Отогнем стержень вверх, на конце выгнем полукольцо - таран.

Каркас паруса состоит из вертикальной рейки сечением 8х6 мм, длиной 600 мм, горизонтальной рейки сечением 6х6 мм, длиной 500 мм и прочной нитки, натянутой на боковые стороны. Обтяжку паруса — из тонкой ткани или лавсановой пленки. Обтяжку приклеим к горизонтальной рейке и ниткам, для чего отогнем со всех сторон борттик 6-8 мм, обогнем его вокруг ниток и приклеим к обтяжке. Из прочных ниток сделаем оттяжку 7 и в середине ее закрепим кольцо 8. Оба конца оттяжки привяжем к горизонтальной рейке, так чтобы после установки кольца в замок длина оттяжки обеспечивала установку паруса в рабочее положение ( $65-70^\circ$  к основанию).

Для запуска почтальона пропустим леер через свободные концы петель 2 и полукольца тарана 4. В замок подвесим груз и вставим кольцо оттяжки. Под напором ветра почтальон начнет подниматься вверх.

## ЗАПУСК ЗМЕЕВ

Как уже говорилось, воздушные змеи запускают на леере из катушечных ниток, лески или шпагата. Выбор леера зависит от размеров змея. Но в любом случае леер должен быть прочным, иначе он может разорваться от порывов ветра. Леер удобно держать намотанным на самодельную лебедку или рогульку.



**Приспособления для запуска змеев:** а - самодельная лебедка; б - самодельная рогулька; в - приспособление для спуска змея.

Лучше всего запускать змей в поле, желательно на возвышенности, вдали от деревьев и особенно от проводов высокого напряжения. Следует помнить, что если

влажный леер коснется проводов высокого напряжения, запускающего может ударить током.

Запускать змей лучше вдвоем. При этом помощник остается со змеем, держа его над головой против ветра, а запускающий с леером уходит от него примерно на 50-100 м. Чем сильнее ветер, тем дальше следует отойти от змея. По сигналу запускающего помощник выпускает змей вверх. Когда змей поднимется на высоту, можно постепенно отпускать (травить) леер. В случае внезапного порыва ветра леер надо немного отпустить и тем самым ослабить давление ветра на змей. При затихании ветра, наоборот, надо подтянуть змей к себе.

На небольшой высоте ветер неравномерен и порывист. У земли змеи обычно «козыряют», раскачиваются и даже могут разбиться о землю. Поэтому надо стремиться, чтобы змей как можно быстрее набрал высоту, так как на высоте ветер более равномерный.

Если из-за слабого ветра на высоте змей начинает опускаться, то надо идти с леером против ветра. Тогда змей будет снова подниматься вверх. Так делают до тех пор, пока змей не заберется на такую высоту, где ветер более сильный, тогда натяжение леера не будет ослабевать.

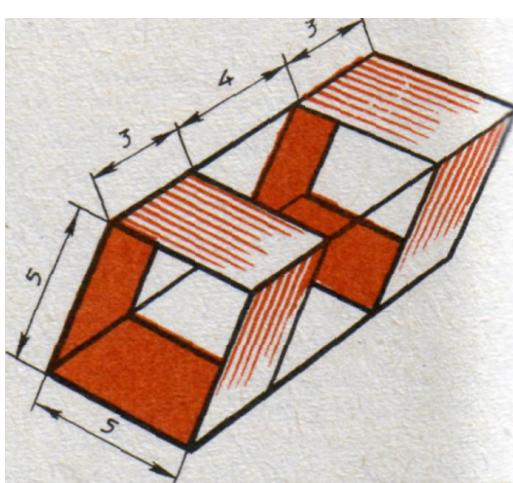
## ТРЕБОВАНИЯ К ВОЗДУШНЫМ ЗМЕЯМ И РЕКОМЕНДАЦИИ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОГО КОНСТРУИРОВАНИЯ

2

К конструкции змеев предъявляются следующие основные требования:

- змей должен быть достаточно прочным и жестким. Необходимо помнить, что давление на несущую поверхность змея при средней скорости ветра 7-8 м/с достигает до 20 Па;
- змей должен быть достаточно легким. Необходимо, чтобы его нагрузка (отношение веса змея к его несущей поверхности) не превышала 3-4 Н/м<sup>2</sup> (Па), тогда змей может летать при ветре со скоростью 3-4 м/с. Змей с малой нагрузкой способен подниматься на большую высоту, чем змей с большой нагрузкой;
- змей должен легко собираться и разбираться, в разобранном виде занимать немного места, быть удобным в перевозке.

Как было сказано выше, чем меньше нагрузка змея, тем меньшая скорость ветра требуется для его подъема. Чтобы уменьшить нагрузку, обычно подбирают наиболее легкие ткани для обтяжки, лонжероны изготавливают минимального сечения. Но при этом следует учесть, что чрезмерное облегчение каркаса ведет к снижению прочности змея.



Параметры  
изготавливаемого змея вам  
поможет определить рисунок.

Примерное соотношение размеров  
коробчатого змея

## Шкала Бофорта для определения силы ветра

Сила ветра в баллах	Скорость ветра в м/с	Характер ветра	Бесприборная оценка силы ветра
0	0	Штиль	Дым поднимается вертикально, листья деревьев неподвижны, поверхность воды абсолютно гладкая
1	1-2	Тихий	Дым отклоняется, поверхность воды спокойная
2	2-3	Легкий	Ветер чувствуется, листья шелестят
3	3-5	Слабый	Листья и тонкие ветки деревьев колышутся, на воде волнение
4	5-7	Умеренный	Поднимается пыль, качаются тонкие ветки деревьев, на воде ровная волна
5	7-10	Свежий	Качаются тонкие стволы деревьев, гребешки видны на каждой волне
6	10-12	Сильный	Тонкие деревья гнутся, гудят телефонные провода, с гребня волн срывается водяная пыль
7	12-15	Крепкий	Качаются стволы деревьев, гнутся большие ветки, гребни волн срываются ветром
8	15-18	Очень крепкий	Ломаются тонкие и сухие сучья деревьев, затруднено движение против ветра, сильное волнение на море
9	18-21	Шторм	Гнутся большие деревья, есть небольшие разрушения, ветер срывает черепицу с крыш, очень сильное волнение на море
10	21-25	Сильный шторм	Значительные разрушения, ветер валит деревья и вырывает их с корнями
11	25-29	Жестокий шторм	Большие разрушения: ветер ломает деревья и телеграфные столбы, сносит крыши
12	30 и более	Ураган	Ветер разрушает дома и причиняет другие большие разрушения