

30  
к71

В.И.Костенко, Ю.С.Столяров

# МОДЕЛЬ И МАШИНА

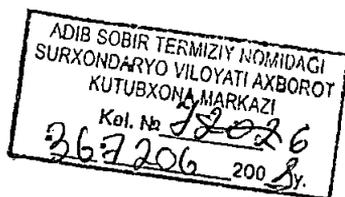
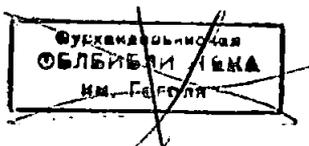
МОСКВА ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР  
1981

30  
K 11

В. И. КОСТЕНКО, Ю. С. СТОЛЯРОВ

# МОДЕЛЬ И МАШИНА

367206



МОСКВА  
ИЗДАТЕЛЬСТВО ДОСААФ СССР  
1981

ББК 30г  
К71

Рецензент И. В. Стражева

**Костенко В. И., Столяров Ю. С.**

К71 Модель и машина.— М.: ДОСААФ, 1981.— 128 с., ил.  
60 к.

Авторы популярно рассказывают, какие бывают модели, какое они имели значение при создании планеров, самолетов и других машин, о том, как их используют ученые и конструкторы в своих поисках. Кроме того, читатели узнают о моделях-машинах, выполняющих роли метеорологов, прифронтовых разведчиков, вулканологов, познакомятся с экспериментальными классами спортивных моделей. Для моделистов, а также широкого круга читателей.

К  $\frac{60902-109}{072(02)-81}$  100—81

2102000000

ББК 30г ;  
6(09)

©Издательство ДОСААФ СССР, 1981 г.

## МИР МОДЕЛЕЙ

2 января 1910 года. Манеж... В его просторном помещении тесно от многочисленных зрителей. Идут «первые состязания моделей аэропланов». И хотя зрелище оказалось непродолжительным, все довольно увиденным. Плавные и устойчивые полеты миниатюрных аппаратов произвели большое впечатление.

Главный успех выпал на долю воспитанника реального училища Володи Рерберга. Построенная им модель самолета пролетела 36,5 м<sup>1</sup>. Это первый рекорд страны. Приз чемпиону вручил председатель жюри, профессор Московского высшего технического училища Николай Егорович Жуковский, основоположник авиационной науки в России, «отец русской авиации», как назвал его В. И. Ленин.

Будучи организатором этих состязаний, Н. Е. Жуковский преследовал научную цель — выявить летные возможности моделей аэропланов, с тем чтобы в дальнейшем использовать их в опытах по аэродинамике.

История техники сохранила множество примеров, как модели помогали создавать разнообразные машины, механизмы, сложные архитектурные сооружения. Ведь миниатюрную модель-копию будущей машины проще изготовить, чем сам прототип. На такой модели можно досконально проверить эффективность машины в разных вариантах ее выполнения. Например, когда выдающийся русский механик, конструктор и изобретатель Иван Петрович Кулибин разработал проект удивительного по своей простоте и инженерному замыслу деревянного одноарочного моста через реку Неву в Петербурге, то он проверил правильность своих расчетов на модели, выполненной в 1/10 натуральной величины моста. 27 декабря 1776 года модель блестяще выдержала испытания нарузкой более чем в 55 тонн.

В 1783 году еще одной модели суждено было сыграть важную роль в развитии техники. Произошло это во Франции. В июне упомянутого года в г. Анноне братья Жозеф и Этьенн Монгольфье запустили в полет модель теплого аэростата — бумажного шара, наполненного нагретым воздухом. Убедившись на этом опыте в правильности своей идеи о возможности полета человека с помощью аэростата, изобретатели, спустя

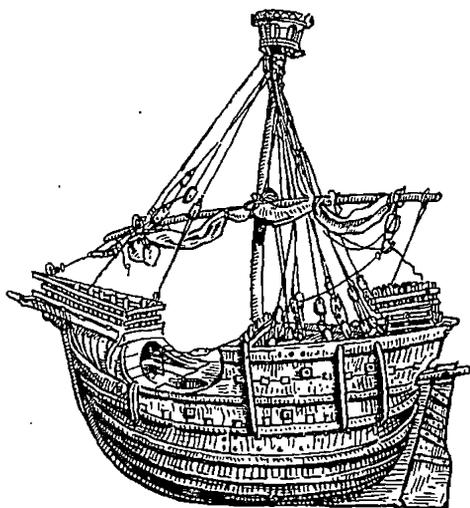
несколько месяцев, претворили ее в жизнь. 21 ноября 1783 года в Париже при большом стечении публики на тепловом аэростате, созданном по образу и подобию модели, в воздух поднялся человек. Первыми воздухоплавателями стали храбрые Пилатр де Розье и д'Арлан. Их полет продолжался 25 мин.

Первый же эксперимент братьев Монгольфье привел к активному освоению воздухоплавания, применению его в различных сферах.

В России первая публичная демонстрация воздушного шара состоялась в ноябре того же 1783 года в Петербурге. В нашей стране воздухоплавание впервые было применено для научных целей. 30 июня 1804 года академик Я. Д. Захаров совершил в Петербурге полет для исследования атмосферы, который продолжался 3 ч 45 мин.

Если в воздухоплавании — летании на аппаратах легче воздуха — человек успешно поднялся ввысь меньше чем через полгода со дня запуска первой модели аэростата, то в авиации, где полет осуществляется на аппаратах тяжелее воздуха, путь от первой летающей модели до полета самолета был несоизмеримо длиннее — около 120 лет. Но все эти годы ученым и конструкторам верными помощниками в их поисках были летающие модели.

В успехах судостроения — этой древней отрасли человеческой деятельности — также немалую роль сыграли модели. Обратимся только к одному эпизоду их использования.



Модель-копия парусника XV века «Каталонская Нао».

В начале второй половины XIX века, когда важной экономической проблемой для Великобритании была ускоренная транспортировка чая из Китая, создавались специальные скоростные парусные суда — чайные клиперы. Для выбора их конструктивных форм использовались самоходные плавающие модели. Ежегодно в бухте города Саутгэмптона в присутствии большого стечения публики проводились гонки почти двухметровой длины моделей будущих парусников. Основные относительные размеры корпуса и парусного вооружения модели-победи-

тельницы использовались затем при проектировании настоящих кораблей.

Самоходные модели судов и сегодня нередко являются помощниками инженера-судостроителя. Например, в 1976 году известный путешественник и археолог-исследователь Тур Хейердал перед тем, как соорудить корабль-копию древних шумеров «Тигрис», тщательно испытал его точную модель в той же бухте, где 120 лет назад проходили соревнования моделей чайных парусников.

Мы привыкли делить модели на два вида — действующие и недействующие (подвижные и неподвижные). Последние не действуют, т. е. не «живут» той же «жизнью», что и машина. Такие модели обычно являются макетами — неподвижными копиями натуральных машин.

Казалось бы, если модель не демонстрирует своего действия, то от нее и польза небольшая. Однако это далеко не так. Модель-макет сохраняет для потомков вид машины своей эпохи, что бывает очень важно для правильного и четкого представления об эволюции техники. Например, в конце прошлого века в церкви на Каталонском побережье Испании была найдена модель парусника, построенного в 1450 году. По этой модели современные историки кораблестроения полностью восстановили конструкцию судна во всех деталях<sup>2</sup>.

Модель-макет позволяет также наглядно изобразить в миниатюре аппарат, машину, здание завтрашнего дня, сравнить их с предшественниками, представить размещение на фоне других машин или сооружений. Макетное воспроизведение стало очень популярным при проектировании новых городов, жилых массивов, при создании гидросооружений. На макетах зданий инженеры-проектировщики проверяют, например, защищенность от ветра и освещенность ансамблей жилых домов, их соответствие окружающему архитектурному ансамблю.

Модели-макеты построек и сооружений могут являть собой и своеобразные музейные экспозиции. Так, в окрестностях нидерландской столицы Гааги живописно раскинулся знаменитый город-лилипут Модуродам. Это специально спланированный и застроенный зданиями в 1/25 натуральной величины макет города, удивительным образом сочетающий в себе архитектурные особенности многих нидерландских городов. У него есть свой действующий железнодорожный вокзал, есть «морской» порт и аэродром.

Модуродам очень популярен у туристов, особенно детского возраста. Но и взрослые не могут не восхищаться в этом городе талантом его архитекторов, умением моделлистов, искусно создавших макеты жилых домов, магазинов, школ, церквей, портовых сооружений, ратуши, вокзала, модели кораблей, медленно плывущих к причалу, самолетов, всегда готовых к отлету<sup>3</sup>.

Действующие модели-макеты с успехом используются в кинематографии, в учебном процессе. В США, например, в одном из танковых училищ оборудован миниатюрный танкодром, где используются радиоуправляемые модели танков длиной около полуметра, представляющие собой точные копии современных боевых машин. Кроме того, на танкодроме имитируются все обстоятельства возможной боевой обстановки.

Действующие модели находят применение еще более широкое, чем модели-макеты. Их используют, например, когда необходимы миниатюрные размеры машины. С помощью радиоуправляемой модели самолета удобно проводить систематические исследования атмосферы на небольших высотах. Поместив на такую модель метеорологическую аппаратуру, ее запускают многократно и в любое время суток. Подобный способ обходится значительно дешевле, чем исследования с помощью радиозондов, которые имеют разовое применение и, выполнив свою задачу, бесследно исчезают вместе с дорогостоящей аппаратурой.

Радиоуправляемую модель для метеорологических исследований первыми в нашей стране построили в 1965 году ленинградские авиамodelисты, а в настоящее время их созданием успешно занимается авиамodelная лаборатория при Казанском авиационном институте совместно с учеными-метеорологами. За рубежом, в частности в США, разработаны радиоуправляемые модели самолетов, снабженные соответствующей аппаратурой, которым отводится роль теле- и фоторазведчиков в прифронтовой зоне военных действий.

Есть еще один вид использования моделей машин — их испытание на специальных лабораторных установках. Разнообразные модели самолетов испытываются, например, в аэродинамических трубах разных типов в научно-исследовательских учреждениях НАСА\* Соединенных Штатов Америки. Среди них есть модели из металла для опытов в аэродинамической трубе, где поток движется со сверхзвуковой скоростью и где «взвешиваются» действующие на них воздушные силы и моменты. Есть модели, выполненные из легкой древесины — бальзы, снабженные специальными управляющими автоматами, которые свободно движутся в вертикальных аэродинамических трубах. С их помощью устанавливается поведение самолета при выходе из «штопора», чтобы затем дать пилотам необходимые рекомендации. Проектирование таких моделей, их изготовление и экспериментирование с ними является особым разделом инженерной практики для ряда отраслей современной техники.

---

\* НАСА — национальное управление по авиации и исследованию космического пространства. — *Прим. ред.*

Во всем мире любители моделизма строят действующие модели-копии полноразмерных самолетов и кораблей, автомобилей и космических ракет, танков и железнодорожных составов. Существует немало энтузиастов, которые создают и испытывают экспериментальные модели с применением новых технических идей.

Великое множество людей с увлечением создает демонстрационные модели-макеты. Среди них — миниатюрные самолеты, суда, локомотивы, вагоны, космические корабли, танки, автомобили. Это дело привлекает главным образом молодежь, особенно школьников. Для них часто проводятся конкурсы-выставки моделей-макетов по различным разделам техники. У нас в стране, например, ежегодно в Центральном клубе железнодорожников проходит Всесоюзная выставка лучших моделей-макетов железнодорожных составов и железнодорожных станционных построек, журнал «Моделист-конструктор» организует Всесоюзный конкурс «Космос» с выставкой лучших работ и защитой проектов школьников по космической тематике, журнал «Крылья Родины» — Всесоюзные соревнования-выставки на лучшее исполнение точных моделей-макетов самолетов СССР периода Великой Отечественной войны.

По многим видам моделизма проводятся соревнования самого различного масштаба, где определяют, чья модель лучше действует и чья лучше выполнена. Спортивным моделизмом руководят международные организации: авиамodelьная комиссия авиационной федерации (FAI — ФАИ), судомodelьная федерация (NAVIGA — НАВИГА), автомodelьная федерация (FEMA — ФЕМА). СССР входит равноправным членом во все эти организации, в нашей стране работают соответствующие им всесоюзные федерации.

# МОДЕЛЬ ПРОКЛАДЫВАЕТ ДОРОГУ

## В ПОИСКАХ СТАЛЬНОГО СЕРДЦА

История техники насчитывает не одно тысячелетие. Простые механизмы, помогающие людям в труде, такие как рычаг, ворот, винт, водоподъемное колесо, мельница и ряд других, возникли еще в античные времена. Все они приводились в действие либо мускульной силой человека и животных, либо энергией ветра или падающей воды. Созданная на заре человеческой цивилизации, эта техника, претерпевая незначительные изменения, просуществовала чуть ли не в первозданном виде вплоть до XVIII века.

Во времена натурального хозяйства и кустарного ремесленного производства маломощные машины и механизмы удовлетворяли потребности людей. В XVIII же веке, в связи с интенсивным ростом городов, все чаще начинают пробиваться ростки промышленного производства — мануфактуры, первые фабрики по изготовлению продукции широкого потребления. В основном это были текстильные и металлообрабатывающие предприятия. Последние повлекли за собой интенсивную разработку угольных месторождений, увеличение добычи руды. В условиях надвигающейся промышленной революции стало невозможным довольствоваться маломощными мускульными, ветряными и водяными устройствами. Жизнь настойчиво требовала новых, более эффективных источников энергии. Тогда-то и родился на свет двигатель, в котором работал пар. Причем понятие «родился» здесь можно применить с большими оговорками, поскольку над его созданием почти одновременно трудились разные люди в различных странах. Взгляните на хронологию событий, связанных с освоением человеком энергии водяного пара, этот своего рода технический фон, на котором зарождалась ранняя промышленность.

1711—1712 годы. Великобритания. Кузнецом Т. Ньюкоменом создана и введена в действие паровая установка для откачки воды из шахт.

1766 год. Россия. Ученики и помощники русского изобретателя И. И. Ползунова пустили в ход выполненную по проекту их наставника двухцилиндровую поршневую паровую машину для подачи воздуха в плавильные печи.

1769 год. Великобритания. Изобретатель Дж. Уатт получил патент на паровой двигатель.

1775 год. Дж. Уатт совместно с М. Болтоном сооружает паровую машину для лондонского городского водопровода.

1782 год. Дж. Уатт строит первую паровую машину с вращательным движением, приводившую в действие молот.

1786 год. В Лондоне пускается в ход первая паровая мельница.

1804 год. Великобритания. Начал применяться первый в мире паровоз, созданный Р. Тривитиком.

1807 год. США. На реке Гудзон приступил к регулярным пассажирским рейсам первый практически пригодный пароход, построенный Р. Фультоном.

1815 год. Россия. Из Петербурга в Кронштадт вышел в первый рейс пароход, построенный К. Бердом.

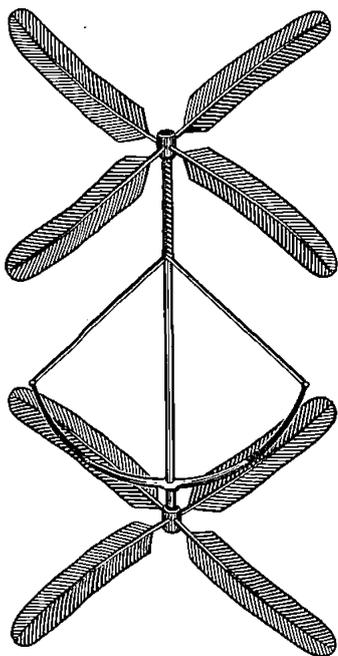
1831 год. Великобритания. Начались регулярные рейсы пассажирских паровых автобусов, построенных А. Гернеем и В. Хенкоком, на линиях протяженностью около 15 км.

1834 год. Россия. В Нижнем Тагиле начал перевозить руду паровоз, построенный механиками отцом и сыном Е. А. и М. Е. Черепановыми.

К сожалению, история сохранила не все данные о процессе создания первых машин с паровыми двигателями. Но одно несомненно — модели их авторами применялись! Доказательством служит следующий пример. В 1797 году Ричард Тривитик построил вместе с Вивианом небольшую модель паровой повозки. Цилиндр двигателя имел диаметр 39 мм, ход поршня составлял 99 мм. На основе опытов с этой моделью изобретатель в дальнейшем начал работу по созданию большой «ходячей машины», первая поездка которой с пассажирами «на борту» состоялась в 1801 году.

Итак, в первой трети XIX века паровой двигатель реально помогал человеку ездить по земле и плавать по воде. Но пытливый человеческий ум уже искал, как его использовать и для передвижения по воздуху, как создать с его помощью управляемый летательный аппарат. Ведь аэростаты могли передвигаться лишь по воле ветра...

Движитель для такого аппарата был уже известен — воздушный винт. Его описание в свое время дал еще Леонардо да Винчи. В 1784 году летающую модель тяжелее воздуха с таким винтом создали французы: натуралист Лоннуа и механик Бьенвеню. Лоннуа и Бьенвеню даже демонстрировали свое изобретение перед специалистами Французской академии наук, и те дали его описание, указав, что полетная масса модели около 3 унций (примерно 80 г). Ученые отметили целесообразность продолжения опытов с тем, чтобы в будущем на их основе создать аппарат для полета человека.



Модель Лоннуа и Бьенвеню  
(1784 год).

Идея управляемого полета с помощью винта, приводимого во вращение паровым двигателем, как на аэростате, так и летательном аппарате тяжелее воздуха с крылом, служащим для образования подъемной силы при движении, принадлежит английскому ученому Д. Кейли. Она высказана им в научных статьях и записных книжках еще в начале XVIII века, т. е. когда паровая машина уже начинала свой тернистый путь. Но воспользоваться ею оказалось очень сложно из-за медленного роста мощности парового двигателя на 1 кг его массы с котлом. Ведь паровые двигатели в XVIII и начале XIX века создавались не для летания, а для работы на земле, где не требовалась малая масса, а были нужны в первую очередь надежность и экономичность при эксплуатации. Как уже упоминалось, в 1784 году французами Лоннуа и Бьенвеню был опробован на летающей модели движитель для летательного аппарата — воздушный винт, вращая который можно было создать тягу для полета в нужном направлении.

В связи с этим выглядели вполне естественными попытки изобретателей использовать для вращения этого воздушного винта паровую машину.

Но создать облегченную паровую установку повышенной мощности долгое время не позволял низкий уровень технологии изготовления и отсутствие достаточно легких и прочных материалов. К середине XIX века удалось все же получить паровую установку, годную для аппарата легче воздуха, но лишь для полета на малой скорости. Ее мощность была не более 2,2 кВт (3 л. с.). Для полета же аппарата тяжелее воздуха, чтобы развить скорость, нужную для создания подъемной силы, равной массе аппарата, требовалась мощность около 22 кВт (30 л. с.). Получить ее при небольшой массе парового двигателя вместе с котлом, увы, не удалось почти до конца XIX века. И это несмотря на все ухищрения конструкторов, пытавшихся применить даже системы водотрубных котлов. Удовлетворительных результатов они добились лишь к концу века. Но к этому времени уже появились двигатели внутреннего сгорания.

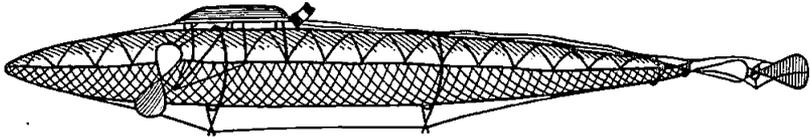
## ДИРИЖАБЛЬ — ПЕРВЫЙ УПРАВЛЯЕМЫЙ ЛЕТАТЕЛЬНЫЙ АППАРАТ

Дирижабль — аэростат, только управляемый. От этого своего качества он и получил название. *Dirigeable* в переводе с французского обозначает управляемый.

В 1850 году французский часовщик Жюльен соорудил большую модель дирижабля с двумя воздушными винтами, приводимыми в действие мощной часовой пружиной<sup>1</sup>. Эта модель была 7 м в длину и представляла собой хорошо продуманную конструкцию. Она имела форму удлиненного, утолщенного в передней части баллона. Такую форму изобретатель выбрал, основываясь на опытах по замеру сил, действующих на деревянные модели подобных баллонов в проточной воде.

Корпус баллона был склеен из отдельных кусков тончайшего материала — бодрюша, выделяемого из бычьих кишок. Бодрюшный баллон опоясывали тонкие деревянные обручи, в точности повторявшие его форму. На переднем обруче, по обеим сторонам баллона, располагались два двухлопастных пропеллера, приводимые во вращение сильной часовой пружиной, размещенной в гондоле. Крутящий момент передавался от пружины на воздушные винты посредством ременной передачи.

На последнем обруче имелось хвостовое оперение. Оно состояло из двух каплевидных плоскостей. Первая была поставлена горизонтально, вторая — вертикально. Установка перед полетом этих деталей под определенными углами позволяла задавать направление полета модели и наклон траектории ее движения.



Модель дирижабля часовщика Жюльена (1850 год).

Модель дирижабля, наполненная водородом, была сбалансирована так, что общий центр ее тяжести совпадал с центром объема, или центром аэростатической подъемной силы. Через него также проходила практически и сила тяги воздушных винтов. Все это содействовало устойчивому и плавному полету. Модель неоднократно запускалась, держалась в воздухе устойчиво, нередко двигалась даже против сильного ветра.

Парижане, заполнившие 6 ноября 1850 года столичный ипподром во время ее запуска, пришли в восторг от увиденного. На следующий день Жюльен повторил свои опыты. Среди многочисленных зрителей оказался Анри Жиффар, молодой талантливый механик, специалист по паровым машинам. Глядя

на плавные полеты модели, А. Жиффар загорелся желанием соорудить управляемый аэростат, способный поднять человека. Ведь если эта модель летит против ветра и свободно маневрирует, рассуждал механик, то так же должен вести себя и большой управляемый аэростат с человеком на борту. При этом в качестве двигателя для вращения воздушного винта Жиффар, конечно же, намеревался использовать хорошо знакомую ему паровую машину.

Уже через год А. Жиффар получил патент на дирижабль. Для него он построил специальную паровую машину мощностью 2,2 кВт (3 л. с.), которая вместе с котлом весила 150 кг. Такую массу машины для середины XIX века следует признать совсем небольшой.

24 сентября 1852 года на парижском ипподроме состоялось публичное испытание в полете первого дирижабля. На следующий день в газете была опубликована статья А. Жиффара «Описание первого парового аэростата», позднее перепечатанная в ежегодных отчетах Французской академии наук. В ней говорилось:

«Воздушное судно, которое я только что впервые опробовал в атмосфере, представляет собой сочетание паровой машины и аэростата новой формы, подходящей для его собственного передвижения. Аэростат имеет удлиненную форму с двумя острыми концами; длина его 44 м, диаметр в средней части 12 м, он содержит около 2500 м<sup>3</sup> газа. Со всех сторон, кроме верхней части и острых концов, облочка покрыта сетью, которая «гусиными лапками» соединяется в такелажную систему из строп, закрепленную на деревянной горизонтальной траверсе (балке) длиной 20 м. Эта траверса имеет на одном конце своего рода треугольный парус, подвешенный одной стороной к задней стропе сети. Стропа является для паруса осью вращения. Парус служит рулем и килем. Достаточно двух приводных веревок от паруса к паровой машине для отклонения руля вправо или влево. Так обеспечивается соответствующий поворот судна с изменением направления его хода...

Машина установлена на деревянном помосте, удерживаемом стропами...

...На конце коленчатого вала насажен трехлопастный пропеллер диаметром 3,4 м, имеющий назначение создавать в воздухе точку опоры и обеспечивать продвижение. Скорость вращения пропеллера составляет около 110 об/мин, а мощность, развиваемая машиной для работы пропеллера, равна 3 л. с...

Я поднялся один на ипподроме 24 сентября в 5 ч 15 мин. Ветер был довольно сильный, и я ни минуты не думал о том, чтобы бороться с ним, идя прямо против него, в лоб. Сила машины не позволяла — я знал об этом из сделанного расчета. Однако мне удалось вполне успешно выполнить различные маневры с круговыми движениями и с боковыми отклонениями:

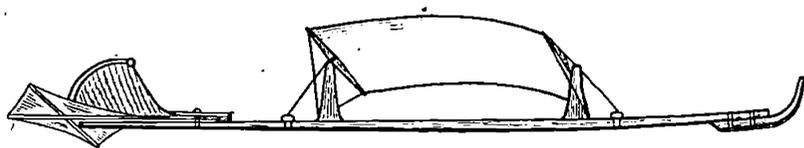
от ветра. Руль действовал прекрасно. Едва я легонько тянул за одну из двух приводных веревок, как горизонт тотчас же начинал поворачиваться вокруг меня. Я поднялся на высоту 1800 м... Однако приближалась ночь, и нельзя было больше оставаться в воздухе. Опасаясь, что аэростат подойдет к земле с некоторой скоростью, я начал тушить огонь песком...

Спуск на землю был сделан очень удачно в общине Эланкур, около Граппа. Местные жители приняли меня с живой предупредительностью и помогли выпустить из аэростата газ».

Так, спустя меньше чем через два года после демонстрации полета модели дирижабля часовщика Жюльена, в небо поднялся настоящий дирижабль, послушный воле находящегося на нем воздухоплователя.

### ПРЕДВЕСТНИКИ САМОЛЕТА

Уже упоминалось, что идея летательного аппарата тяжелее воздуха с неподвижным крылом, служащим для образования подъемной силы, принадлежит английскому ученому Д. Кейли. 1 декабря 1804 года в записной книжке ученого появился рисунок такого аппарата. Это маленький планер, имеющий вместо крыла плоский воздушный змей. А рядом описание устройства модели и ее первого запуска<sup>2</sup>.



Модель планера Д. Кейли (1804 год).

Из текста ясно, что бумажный змей площадью 10 дм<sup>2</sup>, размещенный на деревянном стержне, впереди был приподнят над ним с помощью колышка на угол 6°. На стержне имелся груз для перемещения центра тяжести модели и хвост из двух взаимно пересекающихся под прямым углом поверхностей, каждая по 0,5 дм<sup>2</sup>. Полная масса модели 108 г при площади змея 10 дм<sup>2</sup> соответствовала скорости полета 4,5 м/с. Размещением центра тяжести и установкой хвоста относительно стержня можно было регулировать угол наклона полета. Модель запускалась с крутой горы. При наблюдении за ее полетом ученому пришла мысль, что аналогичный, увеличенный по размерам аппарат был бы удобен для спуска с высоких гор человека.

Пользуясь текстом и рисунком из записной книжки, Национальный английский музей истории науки воссоздал впоследствии первую модель планера Д. Кейли и представил ее в своей экспозиции.

В 1849 году Д. Кейли снова проводит эксперименты с моделью планера, задавшись целью усовершенствовать ее схему и определить мощность, требующуюся для горизонтального полета. По этому поводу изобретатель в одной из своих работ сообщал:

«Поверхность крыла составляла 485 дм<sup>2</sup>. Крыло было сделано из хлопчатобумажного полотна, туго растянутого между двух планок, таких же как рей, используемые для постановки парусов, только плоских для уменьшения воздушного сопротивления. Прочный шест длиной 4,5 м являлся основой аппарата. Две подпорки, упираясь в планки, поднимали крыло над шестом на 27 см... Весь аппарат весил 7,3 кг. Хвост площадью 23,5 дм<sup>2</sup> поднят на угол около 8°. Аппарат имел также вертикальный руль для управления. Его площадь 9,3 дм<sup>2</sup>.

Скорость менялась от полета к полету, но лучший показатель — 610 м за 6 с. Следовательно, скорость около 10 м/с при угле  $\approx 7^\circ$  к линии полета ( $1/8$  радиан) \* поддерживает массу 7,3 килограмма поверхностью размером 485 дм<sup>2</sup>. Эти данные соответствуют измерениям вороны»<sup>3</sup>.

В 1853 году ученый во французском «Бюллетене аэростатического и метеорологического общества» приводит данные еще более удачной модели планера. Они следующие: у крыла хорда 0,188 м и размах 1,295 м, что дает площадь 244 дм<sup>2</sup>. Площадь горизонтального руля 55,6 дм<sup>2</sup>, вертикального — 18,69 дм<sup>2</sup>. Длина основного шеста — 3,8 м. Полная масса модели 7,3 кг. В статье указано, что при хорошей регулировке модель может пролететь расстояние в 4—8 раз больше, чем высота, с которой она запускается. При этом модель хорошо слушается горизонтального и вертикального рулей, отклоняя которые, можно регулировать направление ее движения \*\*.

Конечно же, Д. Кейли был не одинок в своих поисках. Под влиянием идей ученого над созданием летательных аппаратов тяжелее воздуха с неподвижным крылом трудился, например, его соотечественник У. Хенсон.

К 1842 году У. Хенсон завершил проект летной машины с паровым двигателем. С 1844 по 1847 год изобретатель вместе с механиком Д. Стрингфеллоу занимается постройкой и испытанием ее моделей.

Одна из них имела массу 12 кг, размах ее крыла достигал 6 м, а площадь 600 дм<sup>2</sup>. Модель была оснащена двумя четырехлопастными винтами, вращавшимися со скоростью 5 об/с от миниатюрной паровой машины прямого действия, имеющей один цилиндр диаметром 38 мм с ходом поршня 76 мм и снабженной

\* В современной терминологии — угол атаки крыла.

\*\* В 1973 году, году 200-летия со дня рождения Д. Кейли, английские авиамodelисты построили такую модель. Она отлично планировала и даже парила.

миниатюрным водотрубным котлом с коническими трубами. Взлет должен был осуществляться с наклонной дорожки. Запуск модели не удался. Поднявшись слегка в воздух, она не смогла осилить горизонтальный полет из-за недостаточной мощности двигателя.

Так и не достигнув нужных результатов, У. Хенсон уехал в Америку. В Англии же отработку модели самолета с паровым двигателем продолжил его бывший помощник. В 1848 году Д. Стрингфеллоу построил модель моноплана — летательного аппарата тяжелее воздуха с одним крылом. Размах крыла модели составлял 3 м, площадь 130 дм<sup>2</sup>, диаметр каждого из двух воздушных винтов — 400 мм. Паровая машина имела один цилиндр диаметром 19 мм с ходом поршня 50,8 мм. Масса модели с паровой машиной составляла 4,1 кг.

Скользя по стальной проволоке и достигнув определенной скорости, модель отцеплялась и уходила в свободный полет.

В 1868 году Д. Стрингфеллоу создал модель триплана — летательного аппарата тяжелее воздуха с тремя крыльями, расположенными одно над другим. Модель имела массу 5,4 кг, общую площадь крыльев 260 дм<sup>2</sup>, паровую машину мощностью 0,24 кВт (0,33 л. с.). Она с успехом демонстрировалась на первой в Великобритании выставке по аэронавтике, проводившейся в Лондоне. За эту модель и паровой двигатель мощностью 0,795 кВт изобретатель получил премию.

Модель сопутствовала работе и другого пионера авиации — создателя первого в мире самолета, нашего соотечественника Александра Федоровича Можайского.

А. Ф. Можайский был потомственным моряком, офицером русского военно-морского флота. Исследовать возможность создания летательного аппарата тяжелее воздуха он начал в 60-х годах XIX века. Для этого изучал строение крыльев птиц, полеты воздушных змеев, работу воздушных винтов, строил летающие модели самолетов.

Осенью 1876 года он демонстрирует одну из первых своих моделей друзьям. Вот как описывал корабельный инженер П. А. Богославский — свидетель испытаний — увиденное: «В нашем присутствии опыт был произведен в большой комнате над маленькой моделью, которая бегала и летала совершенно свободно и опускалась очень плавно. Полет происходил даже тогда, когда на модель клали кортик, что сравнительно представляет груз весьма значительного размера»<sup>4</sup>.

Один из организаторов Российского воздухоплавательного общества В. Спицын в своей статье в сборнике «Воздухоплавание за 100 лет», вышедшей в 1884 году, упомянул о том, что модель летала со скоростью 17 футов в секунду (5,2 м/с). Добавим, что летающие модели А. Ф. Можайского в основных чертах имели вид будущего самолета изобретателя и взлетали не с рук, а после разбега на колесах. Воздушные винты вращались с помощью часовой пружины.

В 1881 году А. Ф. Можайский получил привилегию (так назывался тогда в России патент) на «воздухолетательный снаряд» и в том же году начал постройку самолета. К 1885 году она была завершена.

Самолет А. Ф. Можайского имел все пять основных частей современных самолетов: крыло, корпус, силовую (винтомоторную) установку, хвостовое оперение, шасси. Их назначение и взаимное расположение были те же, что и в современных самолетах-монопланах. Воздушные винты приводились во вращение двумя паровыми машинами — мощностью 14,7 кВт и 7,35 кВт. Удельный вес двигательной установки с котлом, пришедшийся на 1 кВт, составлял рекордную для тех лет цифру — немногим более 6,8 кг.

Во время одного из испытаний самолет А. Ф. Можайского оторвался от земли. Это был первый в мире взлет летательного аппарата тяжелее воздуха с человеком.

К 70-м годам XIX века изобретатели перешли от громоздких моделей с паровыми машинами к небольшим моделям с легкими двигателями, работавшими на сжатом воздухе, или с еще более легкими резиномоторами.

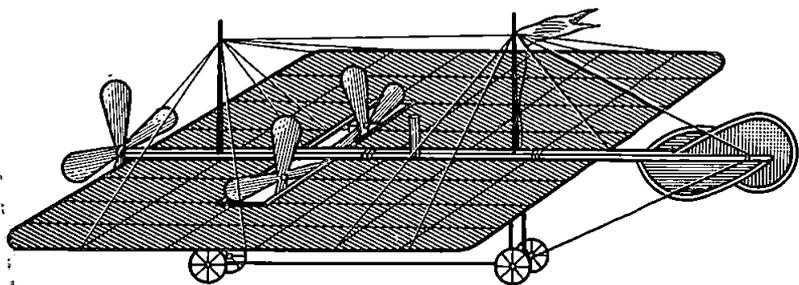
Автором первой резиномоторной модели был француз Альфонс Пено. А. Пено был сыном адмирала, родители готовили ему блестящую карьеру морского офицера, но он предпочел тернистый путь изобретателя.

Изучив всю имеющуюся к началу 70-х годов литературу о летательных аппаратах тяжелее воздуха, А. Пено впервые проанализировал силы, которые действуют на аппарат во время горизонтального полета, и установил факторы, которые влияют на его продольную устойчивость. Ими оказались площадь горизонтального оперения и его расположение относительно крыла.

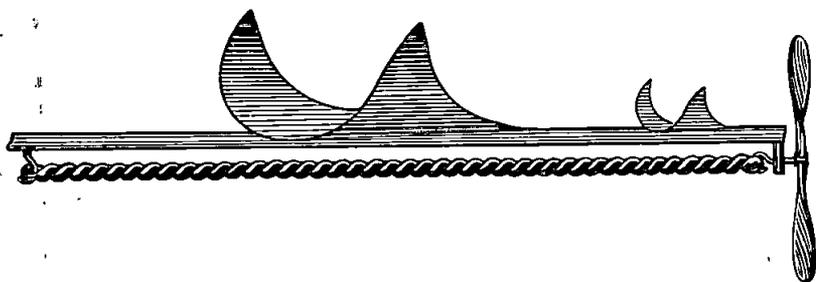
Для проверки своих теоретических выкладок А. Пено и построил модель с резиномотором, названную им «Плэнофор». 18 августа 1871 года он успешно испытал ее в саду Тюильри в Париже в присутствии членов Французского общества воздухоплавания.

В журнале «Аэронавт» № 1 за 1872 год конструктор подробно сообщил об устройстве и летных данных «Плэнофора»: размах крыла — 0,45 м; масса — 21 г; наибольшая дальность полета — 60 м; скорость — 4,6 м/с.

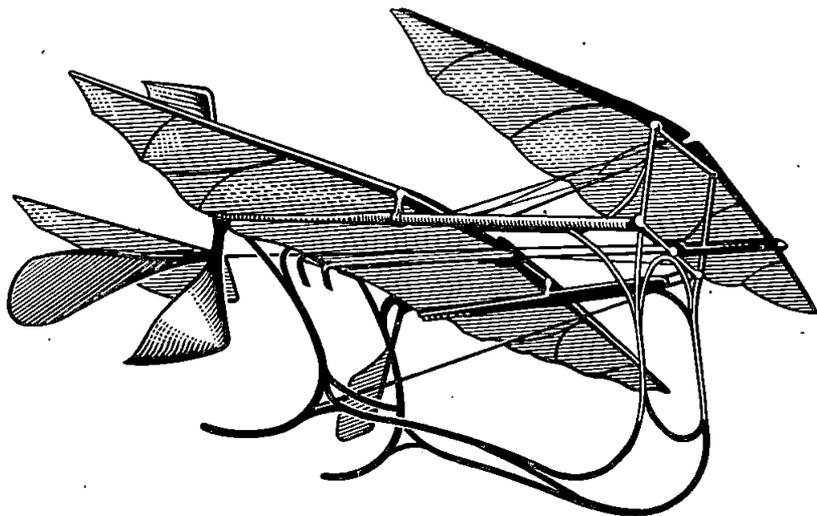
Вслед за А. Пено постройкой резиномоторных моделей занялся В. Кресс, австриец по национальности, родившийся в России. Заинтересовавшись опытами А. Пено, В. Кресс побывал в Париже и там продемонстрировал свою летающую модель с резиномотором. В отличие от модели А. Пено его модель имела два крыла, располагавшиеся одно позади другого. Размах большего составлял 1,5 м. За вторым размещались два толкающих воздушных винта, вращавшиеся в противоположные стороны, а за



Модель самолета А. Ф. Можайского (1876 год).



Первая резиномоторная модель «Плэнофор» (1871 год).



Модель В. Кресса (1876 год).

ними — горизонтальное и вертикальное оперение. Масса модели составляла 600 г. скорость полета — 4 м/с<sup>5</sup>.

Возвратившись в Петербург, В. Кресс в 1876 году запускал свои модели в зале одного из тогдашних центров научно-технической мысли русской столицы — в Соляном городке, находившемся на берегу реки Фонтанки, против Летнего сада. Модели летали хорошо и привлекли внимание многих зрителей.

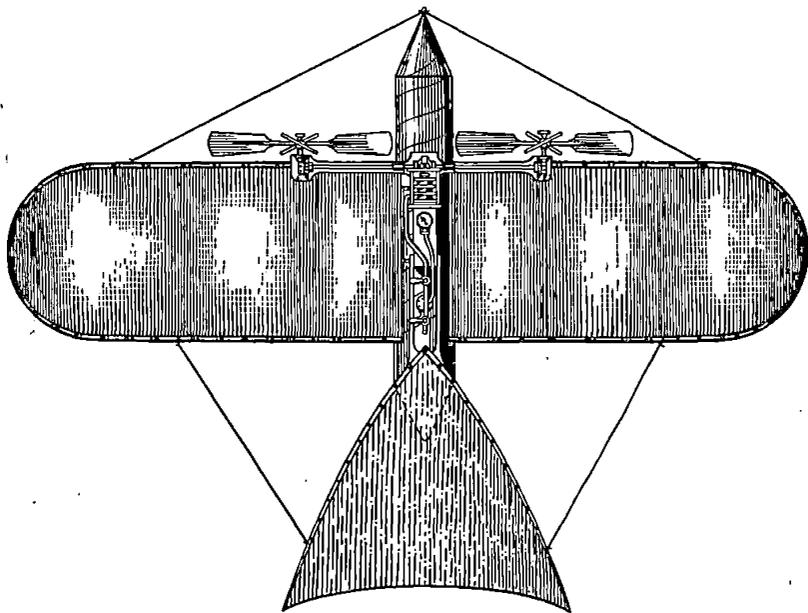
В дальнейшем, находясь уже в Австрии, изобретатель по схеме своих летающих моделей построил в 1901 году первый в мире гидросамолет, снабженный двигателем внутреннего сгорания. Однако из-за недостаточной мощности двигателя гидросамолет от воды не оторвался. Тем не менее, как мы убедимся дальше, схема летательного аппарата В. Кресса, отработанная им на моделях, оказала известное влияние на дальнейшее развитие самолетостроения.

В 1878 году над созданием летающих моделей самолетов начинает работать французский изобретатель В. Татэн. Уже в следующем году в Париже он демонстрирует модель, снабженную двигателем, работающим на сжатом воздухе. Этот двигатель вращал два тянущих винта, размещенные на крыле по обеим сторонам фюзеляжа. Модель имела размах крыла 1,9 и массу около 1,75 кг. Она хорошо летала по кругу при запуске на корде, развивая скорость до 17 м/с<sup>6</sup>.

Это была первая в мире кордовая модель самолета, хотя в полете она и не управлялась так, как управляются современные кордовые модели. Кроме того, модель В. Татэна по своей схеме явилась первым прообразом современного двухмоторного самолета. Успешными полетами ее, как известно, заинтересовалось тогда военное министерство Франции, и изобретатель получил средства на продолжение опытов.

В 90-х годах дальнейшие свои опыты В. Татэн проводил совместно с Ш. Рише. Они построили модель с паровым двигателем, размах крыла которой составлял 6,6 м, а площадь — 8 м<sup>2</sup>. Полетная масса этой модели достигала 33 кг. Мощность парового двигателя равнялась 0,96 кВт (1,3 л.с.). Он приводил во вращение два воздушных винта: тянущий и толкающий. Испытания модели окончились неудачно: пролетев 80 м, она упала и разбилась о прибрежные скалы.

В 1896 году модель была полностью восстановлена и вновь запускалась. Первый же полет выявил недостаточную ее устойчивость: взрыв носом вверх, она пролетела 70 м, а затем рухнула в воду. Второй запуск, проходивший в июне следующего года, после того как дефекты конструкции были частично устранены, оказался более успешным: дальность полета составила 114 м при средней скорости 64,8 км/ч. Однако устойчивость и на этот раз оказалась недостаточной. Тем не менее, эксперименты В. Татэна и Ш. Рише наглядно показали, что в принципе паровой двигатель годится для осуществления полета со ско-



Модель самолета В. Татэна (1879 год).

ростью около 65 км/ч. Оставалось, на первый взгляд, только одно — создать более мощную паровую машину, которая подняла бы в воздух аппарат с человеком на борту,

## ОТ ВОЗДУШНЫХ ЗМЕЕВ — К ИСКУССТВУ УПРАВЛЕНИЯ САМОЛЕТОМ

Однако перед пионерами авиации стояла еще одна очень серьезная задача. Нужно было научиться управлять самолетом в воздухе.

Конструкторы первых построенных самолетов — и наш соотечественник А. Ф. Можайский (1885), и француз К. Адер (1897), и другие — стремились освоить управление своими аппаратами в моторном полете, т. е. в полете при работающем двигателе. И хотя мощность двигателей этих первых самолетов была достаточной для обеспечения горизонтального полета, в первые мгновения пребывания в воздухе летчик не успевал подчинить себе машину из-за отсутствия опыта управления ею, и дело кончалось ударом при приземлении и поломкой машины. Открыл способ более безопасного, доступного и эффективного освоения полетов на аппаратах тяжелее воздуха немецкий исследователь Отто Лилиента

МОДЕЛЬ ПРОКЛАДЫВАЕТ ДРОБУ

ADIB SOBIR TERMIZY NEMKDAE  
SURXONDARYO VILOYATI AXBOROT  
KUTUBXONA MARKAZI  
№1. № 367206

Сулеймановская  
ОБЛБИБЛИОТЕКА  
им. Тоголя

С 1891 года О. Лилиенталь начал использовать для этой цели планеры. Пилот располагался в прорези в центре крыла. Отрыв от земли при взлете и приземление осуществлялись на ногах. В воздухе планерист удерживался упором на локтях, а управлял полетом, отклоняя свое туловище в ту или иную сторону. Такие планеры впоследствии стали называть балансирными.

Чтобы продлить рассказ о поисках О. Лилиентала и его достижениях, необходимо сделать некоторое отступление и остановиться на изысканиях замечательного конструктора коробчатых воздушных змеев австралийца Л. Харгрева.

Л. Харгрев с середины 80-х годов XIX века строил один за другим воздушные змеи разных конфигураций. Его особенно заинтересовали японские змеи пространственной конструкции, которые нередко оформлялись в этой стране «под рыбу», т. е. соответствующе раскрашивались и снабжались упругим хвостом, колеблющимся на ветру. Пространственная конструкция у некоторых из них представляла собой пустотелый цилиндр или даже коробку<sup>7</sup>.

Построив цилиндрические и коробчатые змеи, Л. Харгрев убедился, что они держатся в воздухе устойчивее плоских, а главное, имея большую плоскостную поверхность, удерживаются в полете при слабом ветре. И тогда конструктор решил составить змей из нескольких ячеек — цилиндрических или коробчатых, соединив их в продольном направлении единым стержнем.

В полете такие змеи оказались весьма устойчивыми, отлично устанавливаясь против ветра. Однако они обладали серьезным недостатком: при увеличении коробок в ширину, что было необходимо для значительной несущей площади змея, росли воздушные нагрузки, в результате чего продольный стержень ломался.

Толстый, а значит, и тяжелый стержень Л. Харгрева не устраивал — змей потерял бы в грузоподъемности, тогда как предназначался для подъема на высоту метеорологических приборов. И изобретатель создает новый воздушный змей, состоящий из двух прямоугольных коробок, расположенных одна за другой и соединенных системой тонких стержней и расчалок. Конструкция получилась легкой, прочной и с большой несущей площадью.

Так в 1892 году был создан знаменитый коробчатый змей Л. Харгрева, на котором в дальнейшем с успехом поднимали метеорологические приборы на высоту 1000 м и более и проводили уникальные для того времени исследования<sup>8</sup>. О своих опытах с коробчатыми воздушными змеями изобретатель сделал доклад на Международном конгрессе по авиации в 1893 году.

О. Лилиенталь воспользовался находкой Л. Харгрева. Чтобы уменьшить размеры планера при той же площади крыла (с целью упростить управление им в полете), исследователь позаимствовал у воздушного змея Л. Харгрева расположение несущих поверхностей одна над другой.

Свое новшество исследователь прежде всего проверил на модели. Модель-биплан имела два крыла общей площадью 50 дм<sup>2</sup>, соединенные тремя вертикальными перегородками. Центральная перегородка переходила в хвостовой киль и заканчивалась птичьим пером, игравшим роль горизонтального оперения<sup>9</sup>.

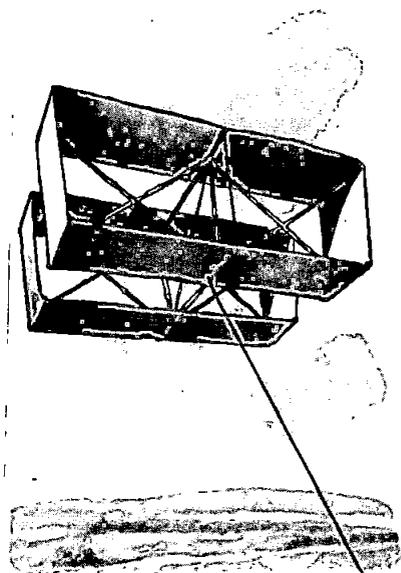
На построенных впоследствии планерах-бипланах О. Лилиенталь совершал полеты продолжительностью до 30 с и дальностью до 300 м.

О. Лилиенталью открытый им путь освоения полета с помощью безмоторного аппарата стоил жизни. 9 августа 1896 года исследователь на своем планере в сильный порывистый ветер разбился, упав с высоты 15 м.

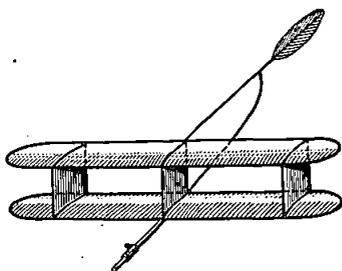
Еще при жизни О. Лилиенталь его экспериментами интересовались многие ученые, в частности профессор Н. Е. Жуковский и О. Шанют. Находясь в 1895 году в Берлине, Н. Е. Жуковский познакомился с О. Лилиенталем, присутствовал на его полетах и получил в подарок от изобретателя один из его планеров. Этот аппарат в настоящее время экспонируется в мемориальном музее Н. Е. Жуковского в Москве. После гибели О. Лилиенталь основатель русской авиации выступил в Москве 15 сентября 1896 года на ежегодном собрании любителей естествознания с речью о героическом подвиге исследователя во имя науки.

О. Шанют, профессор физики из США, решил продолжить работу, начатую О. Лилиенталем. К моменту гибели последнего О. Шанюту было 64 года. Ему самому летать было уже трудно, и ученый привлек к своим опытам молодого исследователя А. Херринга.

Херринг еще в начале 90-х годов сам проводил весьма любопытные эксперименты с летающей моделью самолета-



Коробчатый змей Л. Харгрева.



Модель планера О. Лилиенталь (1895 год).

биплана, схема крыльев которой была заимствована от змея Л. Харгрева. Модель имела крылья площадью 131 дм<sup>2</sup> и две миниатюрные паровые машины. Обе машины вместе развивали мощность 0,15 кВт и вращали в противоположных направлениях два воздушных винта. Полная полетная масса модели вместе с паровыми машинами, водотрубным паровым котлом и запасом воды составляла 2265 г. Как сообщал А. Херринг в своей статье во французском журнале «Аэронавт» в апреле 1893 года, эта модель неоднократно отрывалась от земли, разбегаясь на двухколесном шасси. Наибольшая дальность полета, достигнутая ею, составляла 73 м. Для тех лет это был результат значительный<sup>10</sup>.

Объединившись вокруг О. Шанюта, группа энтузиастов в период с 1895 по 1897 год строит и испытывает балансирные планеры. Для полетов на них участники экспериментов летом разбивали лагерь на холмах в окрестностях г. Мичигана и там на практике постигали искусство планирующего полета.

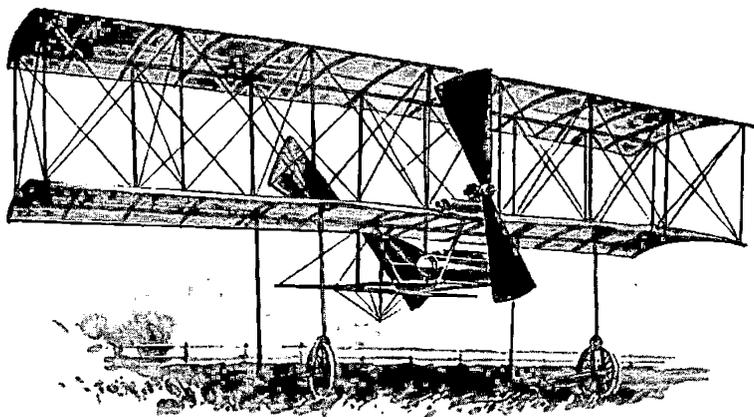
Первым их летательным аппаратом был планер-моноплан, скопированный с планера О. Лилянталя. Однако он оказался недостаточно устойчивым в полете. Следующий планер группа О. Шанюта построила с пятью узкими крыльями. Предполагалось, что для управления таким аппаратом при небольшой ширине крыльев планеристу будет достаточно лишь незначительно перемещать свой корпус. Но при первых же испытаниях выяснилось, что продолжительность полета на «пятиплане» очень невелика. На следующем образце планера почти в точности были воспроизведены крылья летающей модели-биплана А. Херринга. Масса этого планера составляла всего 11 кг при площади крыльев 12,5 м<sup>2</sup>.

Характерными особенностями всех планеров О. Шанюта были небольшая ширина крыла и вдвое меньшая масса конструкции, чем у аппаратов О. Лилянталя. Кроме того, все стойки крепились к крыльям шарнирно. Первая особенность давала возможность существенно, почти в 4 раза, сократить перемещение корпуса пилота, необходимое для управления полетом. Вторая позволяла проводить перед полетом регулировку системы планера в зависимости от силы ветра. Это был первый шаг к управлению аппаратом путем изменения углов поверхности оперения относительно крыла.

На балансирных планерах группы О. Шанюта в общей сложности было выполнено более 700 полетов, каждый продолжительностью около 14 с и все они прошли без каких-либо аварий или поломок.

#### СТАРТЫ В КИТТИ-ХОУК

И вот почти столетняя борьба за полет человека на аппарате тяжелее воздуха с помощью мотора привела к победе. 17 декабря 1903 года американские авиаконструкторы и лет-



Модель самолета-биплана А. Херринга (1893 год).

чики братья Уилбур и Орвилл Райт совершили первые в истории управляемые полеты на самолете.

Через пять лет после этого знаменательного события братья опубликовали «автобиографию». По ней совсем нетрудно найти истоки увлечения авиацией.

«Была осень 1878 года,— вспоминают Райты.— Однажды вечером к нам зашел отец, держа в своих руках какую-то пеструю вещицу. Мы не успели даже рассмотреть, что это, как отец бросил ее в воздух. Но вместо того, чтобы упасть на пол, эта вещица, вопреки нашим ожиданиям, полетела по комнате, затем ударилась в потолок, один момент скользила по нему и, наконец, упала на пол. То была маленькая игрушка, носящая научное название «геликоптер». Но мы тотчас же с удивительным презрением к науке окрестили ее «летучей мышью».

Главную часть геликоптера составлял легкий каркас из расщепленного бамбука и пробки, покрытый бумагой и снабженный двумя винтами. Винты вращались в противоположные стороны и приводились в движение от скрученных резиновых шнуров. Такая нежная игрушка просуществовала, конечно, очень недолго в руках совсем маленьких мальчиков, но тем не менее она глубоко запечатлелась в нашей памяти.

Несколько лет спустя мы сами стали строить для себя геликоптеры такого рода, каждый раз увеличивая их размеры. Но к нашему великому изумлению, чем больше была «летучая мышь», тем хуже она летала.

Тогда нам еще не было известно, что с увеличением линейных размеров машины вдвое, надо увеличить силу двигателя в восемь раз<sup>11</sup>.

Юность братьев Райт проходила в активной творческой деятельности. Еще будучи школьниками, они смастерили вполне приличные токарный и печатный станки. С помощью печатного они в компании с одним из своих приятелей умудрились даже издавать свою газету.

В конце 80-х годов Орвилл и Уилбур увлеклись велосипедным спортом и соорудили велосипед-тандем. Затем, став уже популярными среди велосипедистов г. Дейтона личностями, занялись ремонтом велосипедов. Типография была ликвидирована и на ее месте появилась велосипедная мастерская, где оба ее «хозяина» работали и мастерами, и конторщиками, и черно-рабочими. Дела новой «фирмы» шли хорошо, от заказчиков не было отбоя: жители города знали, что братья Райт работают добросовестно и отлично выполняют даже самые сложные заказы.

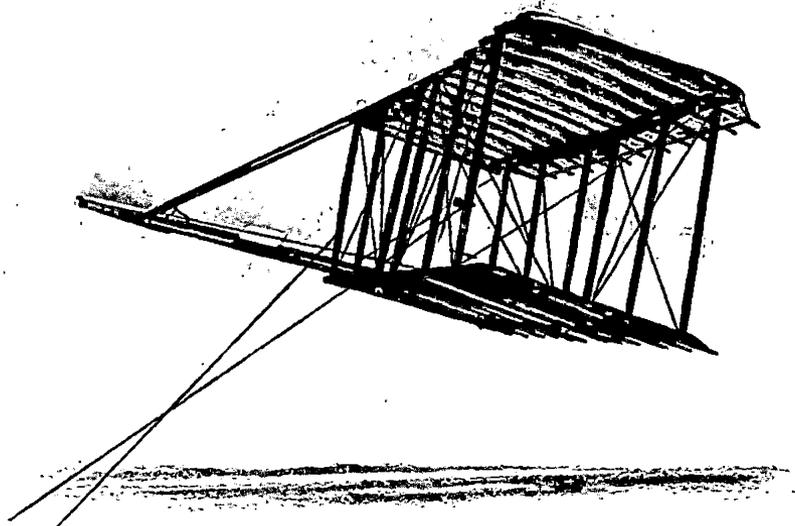
Любознательные юноши живо интересовались развитием техники в мире, всеми ее новинками.

«Летом 1896 года,— вспоминали они,— мы прочли в газетах о трагической катастрофе с Отто Лилиенталем. Это пробудило интерес к полетам человека. По нашей просьбе Смитсоновский институт в Вашингтоне прислал нам несколько книг: «Испытания по аэродинамике» Ленгли, «Прогресс летных машин» Шанюта, ежегодники по аэронавтике за 1895 и 1896 годы, некоторые статьи Лилиентала, выдержки из книги Муйяра «Царство воздуха» и другие брошюры. Толстые трактаты познакомили нас с сущностью проблемы летания и с теми препятствиями, которые стояли на пути. Муйяр и Лилиенталь, главные пророки полетов человека, заразили нас своим пылким энтузиазмом. Пассивное любопытство сменилось активной творческой заинтересованностью.

В работах по авиации тогда были две школы. Первая (Максим, Ленгли) всячески исследовала общие принципы полета в целом, пытаясь строить летные машины. А вторая школа (Лилиенталь, Шанют) добивалась практически воспроизвести парение (планирование).

Наши симпатии были на стороне последней школы. Мысль строить хрупкие и дорогие машины, которыми никто не в состоянии управлять, казалась нам нелепой, а громадные расходы, связанные с такой постройкой, ничем не оправдываемы. С другой стороны, нас пленил тот необычный энтузиазм, с которым апостолы парения описывали удовлетворение и восторги от планирующих полетов на собственных крыльях»<sup>12</sup>.

Итак, братья Райт избрали путь. Ознакомившись с результатами опытов своих соотечественников О. Шанюта и А. Херринга, они начали создавать планер-биплан. Однако по сравнению с ранее существовавшими образцами конструкторы внесли в него три усовершенствования. Первое: летчик ложился на нижнее крыло головой вперед. Так ему легче было смещать



Привязная модель планера братьев Райт (1899 год).

свой корпус вперед или назад, если это требовалось для управления полетом. Такое положение пилота почти в пять раз уменьшало лобовую площадь воздушного аппарата по сравнению с аппаратами О. Лилиенталя, О. Шанюта, где человек располагался вертикально. Второе: горизонтальное оперение находилось перед головой летчика. Третье: управление полетом осуществлялось отклонением горизонтального оперения и перекашиванием концов крыла с помощью специальных рычагов управления.

Идея управления полетом отклонением горизонтального оперения нашла свое применение еще на планерах О. Шанюта, однако на них нужная установка горизонтального оперения производилась на земле.

Прежде чем первый планер братьев Райт появился на свет, они в 1899 году построили несколько его летающих моделей. Одна из них имела размах крыла 1500 мм и предназначалась для проверки действия перекашивания крыла. Модель запускалась в полет как змей, на привязи. Перекашивание крыла осуществлялось специальными управляющими нитями. Запуски наглядно показали эффективность системы поперечного управления.

В 1900 году братья Райт с готовым планером-бипланом, разобранным на части, приехали в пустынную местность Китти-Хоук на берегу Атлантического океана. Для полетов на планере были необходимы ветры со скоростью от 7 до 10 м/с — Китти-Хоук изобиловала такими ветрами.

Аппарат имел площадь крыла 16,5 м<sup>2</sup> и массу 22 кг. Наклон переднего горизонтального оперения осуществлялся рычагом, отклоняемым рукой, перекашивание крыльев — педалями, отклоняемыми ногами.

Вначале планер запускали на тросе, подобно змею, затем с летчиком сталкивали с холма под некоторым углом наклона против ветра. Во время коротких планирующих полетов он хорошо слушался рулей.

В следующем году братья Райт испытали планер-биплан больших размеров — массой около 45 кг. После длительной регулировки нового аппарата они добились плавных устойчивых полетов дальностью более 100 м. В этот раз лагерь изобретателей посетил их наставник О. Шанют, признавший, что своими достижениями Райты превосходили других планеристов.

Осенью 1902 года Орвилл и Уилбур привезли в Китти-Хоук новый аппарат — с размахом крыльев 9,75 м. Он имел существенное новшество. При летных испытаниях его предшественников выявилось боковое перемещение планеров — скольжение — при перекашивании пилотом крыльев. Для устранения этого недостатка теперь за крылом имелась поворотная вертикальная поверхность, отклонение которой было связано с перекашиванием крыла. Результат получился отличным.

Освоив новый механизм управления, Орвилл и Уилбур по очереди выполняли полеты при ветре со скоростью до 17 м/с. Их продолжительность порой достигала 1 мин. Всего этой осенью было совершено около тысячи полетов и все прошли без единой аварии. И тогда братья решили оборудовать свой планер двигателем и воздушным винтом, т. е. преобразовать его в самолет.

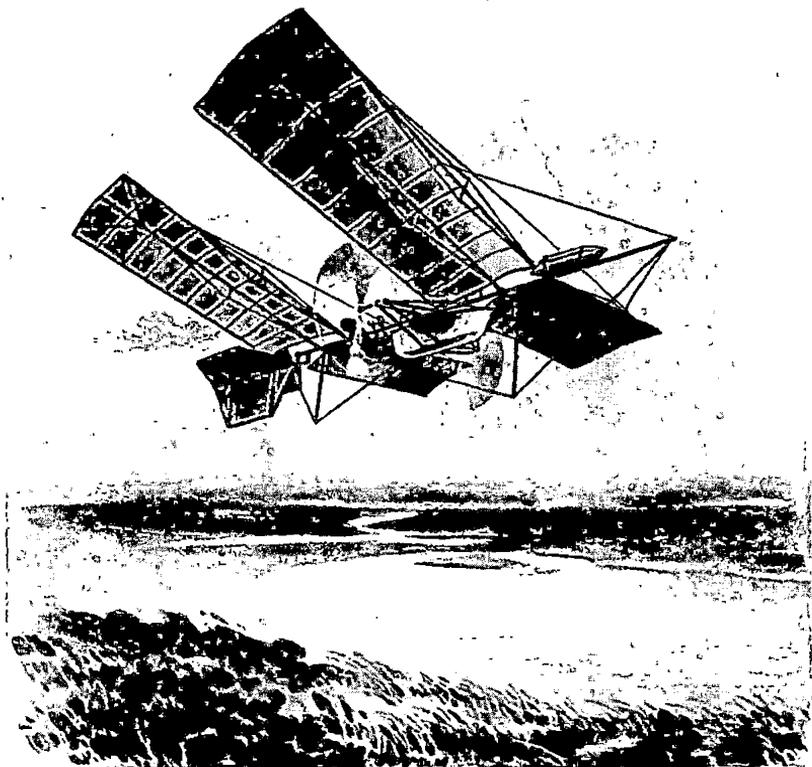
К началу XX века уже имелись легкие и достаточно мощные двигатели внутреннего сгорания. В распоряжении конструкторов оказался четырехцилиндровый однорядный двигатель мощностью 11,76 кВт (16 л. с.). Это был сильно облегченный автомобильный мотор, имевший удельный вес около 5 кг на 1 кВт.

Почти весь 1903 год был потрачен на доработку двигателя и подбор воздушных винтов. И вот к концу года братья Райт снова приехали на пустынный атлантический берег. Но теперь — чтобы испытать свой первый самолет.

Аппарат не имел колесного шасси — он стоял на деревянных полозьях. Поэтому изобретателями было сооружено хитрое стартовое устройство из направляющей и груза, падающего с вышки и придававшего через трос дополнительную скорость самолету при взлете.

Первый в истории управляемый полет на самолете осуществил Уилбур Райт. Он длился 12 с. Последний из четырех полетов, предпринятых 17 декабря 1903 года, продолжался уже 59 с.

Так человек начал летать на аппарате тяжелее воздуха — самолете. Немалую роль в этом достижении сыграли летающая модель и воздушный змей — простейшие прообразы самолета.



Модель С. Ленгли с паровым двигателем (1896 год).

### КАК ВОЗНИК МОНОПЛАН

В 1887 году вопросами летания на аппаратах тяжелее воздуха серьезно заинтересовался астроном и физик С. Ленгли — директор Смитсоновского института в Вашингтоне.

Прежде чем произвести свои первые аэродинамические опыты, ученый изучил сведения о летающих моделях. В конце 80-х годов он испытал свои модели с резиномотором, но результаты его не удовлетворили, поскольку такой двигатель не позволял осуществлять продолжительные полеты. Тогда С. Ленгли попробовал использовать для летающей модели пневматический двигатель. И опять безуспешно. Его работа также оказалась слишком кратковременной.

Наконец после девяти лет упорного труда, в 1896 году, ученый создал наиболее подходящую для модели силовую установку. Ею стал паровой двигатель массой 464 г (вместе с водотрубным котлом — 2,9 кг). Мощность, развиваемая этим двигателем,

достигала 0,735 кВт при давлении пара 10500 гПа (7—11 атм). Двигатель этот был установлен на модель, названную «Аэродром», полная полетная масса которой составляла 11 кг.

Модель С. Ленгли была почти с такой же схемой размещения крыльев, винтов и оперения, как у резиномоторных моделей В. Кресса. Два прямоугольные крыла с размахом 4,22 м, имевшие значительное поперечное  $V^*$ , расподагались одно за другим на фюзеляже из тонких стальных трубок. Оперение состояло из стабилизатора и кия. Паровой двигатель, находящийся в фюзеляже, вращал два воздушных винта диаметром по 1,2 м со скоростью 1200 об/мин. Длина модели составляла 4,66 м<sup>13</sup>.

Первый ее запуск состоялся в мае 1896 года на берегу реки. Старт производился со специальной катапульты, дававшей модели толчок в момент схода с рельсов. Вот как описывает ее полет свидетель запуска А. Белл — один из изобретателей телефона.

«Аэродром» поднялся прямо против ветра и двигался с замечательной устойчивостью, описывая круги диаметром около 90 м, непрерывно повышаясь. По истечении приблизительно полутора минут на высоте, которая, как мне казалось, была равна около 30 м, винты остановились, но к моему удивлению, машина не упала на воду, а мягко скользнула по ней, коснувшись без всякого удара, так что тотчас же можно было возобновить опыт».

Модели С. Ленгли, информация о которых была опубликована в июльском номере французского журнала «Аэронавт» за 1896 год, привлекли внимание. И когда в 1905 году аэроклуб Франции провел первый конкурс летающих моделей, победителем в нем стал Л. Пэйре с моделью планера, выполненной по схеме С. Ленгли. В 1907 году первые два места на втором таком конкурсе были завоеваны авиамоделистами Поланом и Бурденом, на моделях планеров, крылья которых также были размещены одно за другим.

В ту пору среди многих, кто упорно трудился над созданием летательного аппарата тяжелее воздуха, был и француз Луи Блерио. В 1903 году он построил орнитоптер — летательный аппарат тяжелее воздуха с машущими крыльями, который так и не поднялся в воздух. Последующие его три аппарата представляли собой уже самолеты, но самой удивительной формы. Все они лихо подпрыгивали в воздух при разбеге, но летать не могли и, как правило, разбивались.

В 1907 году, после очередной неудачи с самолетом-монопланом с горизонтальным стабилизатором, размещенным перед крылом и имеющим крыло с отогнутыми назад концами, Л. Блерио решил построить летательный аппарат по схеме С. Ленгли. В помощники он взял Луи Пэйре.

---

\* Поперечное  $V$ . — угол между плоскостью крыла и поперечной осью самолета.

Новое детище конструктора «Блерио V» имело размах крыльев 5,85 м, длину 6 м, полетную массу 280 кг, двигатель мощностью 17,6 кВт (24 л. с.), тянущий воздушный винт. На этом аппарате конструктор в первый же раз совершил полет длиной 143 м на высоте 12 м. После незначительных усовершенствований аппарат преодолел 186 м на высоте 15 м.

Дальнейшие модификации свелись, главным образом, к уменьшению размаха заднего крыла и введению в систему управления отклоняемых рулевых поверхностей, аналогичных рулевым поверхностям современных самолетов, т. е. рулей высоты, направления и элеронов. На одиннадцатом по счету летательном аппарате вместо элеронов Л. Блерио применил по аналогии с аппаратом братьев Райт систему перекашивания поверхности крыльев.

Затем были построены последовательно «Блерио VIII», «Блерио VIII-бис», «Блерио XI». На «Блерио VIII-бис» его конструктор 31 октября 1908 года впервые в истории совершил 14-км перелет. А девять месяцев спустя, 25 июля 1909 года, изобретатель на своем «Блерио XI» впервые осуществил перелет через водное пространство — пролив Ла-Манш. Записи Луи Блерио позволяют подробно воспроизвести это выдающееся событие.

«Верный своему обычаю, я поднялся лишь тогда, когда солнце показалось над горизонтом. Минувя дюны, мысленно прощаюсь с приветствующими меня друзьями и направляюсь прямо в море. Черный дым миноноски «Эскопет», назначенной сопровождать меня, заслоняет солнце. Однако очень скоро мой конвойр остается позади. Я лечу. Лечу спокойно, без особых впечатлений. Чувствую себя будто на воздушном шаре — настолько в атмосфере все тихо. Совершенно не приходится действовать рулями. Кажется, что я очень медленно двигаюсь вперед. Это объясняется, вероятно, однообразием обстановки. Над землей дороги, строения, сады появляются и исчезают, как во сне. А над морем, куда ни помотришь, всюду только волны. И кажется, будто одна и та же волна бесчисленное количество раз проносится перед глазами. Минут десять я остаюсь совершенно один, затерянный в пенящемся море, не видя ни одной точки на горизонте, ни одного суденышка на воде. Но тишина кругом, нарушаемая лишь рокотом мотора, таит в себе серьезные опасности.

Сознавая это, я не спускаю глаз с бензиномера и указателя подачи масла. Эти десять минут показались мне страшно длинными и, по правде, я почувствовал себя очень счастливым, когда заметил серую полоску, появившуюся предо мной в море. Эта полоска постепенно вырастала. Сомнения отпадали — то был английский берег. Я направляюсь к белеющей горе, но сначала попадаю в объятия ветра и густого тумана. Мой аэроплан покорно повинуется управлению и при-

ближается к крутому берегу... Только, черт возьми, я не вижу Дувра! Куда же нас занесло? Замечаю три судна... Очевидно, они идут в порт. Я спокойно следую за ними. Моряки приветствуют меня восторженными криками и жестами. Наконец, справа показывается береговая извилина, а вскоре затем — Дуврский замок.

Меня охватывает дикая радость. Я сворачиваю в сторону берега и вижу там какого-то человека, отчаянно машущего мне трехцветным французским флагом. Спускаюсь ниже, узнаю знакомого редактора газеты. Один среди большой равнины, он до хрипоты кричит мне что-то. Я хочу садиться, но порывы ветра треплют аэроплан. Бросаю мельком взгляд на часы... Прошло уже тридцать три минуты, как я в воздухе. Этого больше чем достаточно, нельзя дальше искушать судьбу. Рискуя разбиться, я выключаю зажигание и плюхаюсь на землю. Шасси аэроплана трещит и подламывается. Ничего не поделаешь.

Зато я благополучно перелетел через Ла-Манш!»

После этого знаменитого перелета «Блерио XI» стал образцом для подражания в творчестве многочисленных конструкторов. К тому же он послужил образцом для первого серийного выпуска самолетов. Подобные ему машины под названием «Траверсэ Ла-Манш» («Пересекший Ла-Манш») строятся в мастерских Л. Блерио в 1909—1912 годах. Основные их данные следующие: размах крыла 8700 мм, длина — 7200 мм, площадь крыла — 14 м<sup>2</sup>, полетная масса — 305 кг, двигатель «Анзани» мощностью 18,4 кВт (25 л. с.), максимальная скорость — 70 км/ч.

Около 20 экземпляров «Блерио XI» были приобретены Россией — военным ведомством, Императорским Всероссийским аэроклубом и частными лицами. На одном из них после доработки в мастерских аэроклуба в 1911 году русский летчик А. Васильев участвовал в известном перелете из Петербурга в Москву.

Самолет типа «Траверсэ Ла-Манш» дожил до наших дней. Один его экземпляр находится в Национальном аэромузее Франции, другой в музее истории техники в г. Дейтройте (США), в г. Кракове (Польша) в аэромузее экспонируется «Блерио XI», заново построенный летчиком И. Золотовым.

На основе схемы «Блерио XI» конструкторы разных стран создали многие самолеты. Наиболее известными из них были французские «Ньюпор», «Моран» и «Дюпердюссен», английский «Бристоль», русские С-9, С-11, С-12. Так схема моноплана, созданная на основе успешных экспериментов с летающими моделями, вошла в самолетостроение.

Достижения людей в создании ракет и освоении ракетного полета поистине величественны. Менее чем за четверть века, прошедших с 4 октября 1957 года — дня запуска СССР первого искусственного спутника Земли, человек добился огромных успехов в завоевании космического пространства.

Все это стало возможным благодаря применению многоступенчатых ракет-носителей массой в сотни тонн, реактивных двигателей огромной мощности, сложнейшей электронной аппаратуры.

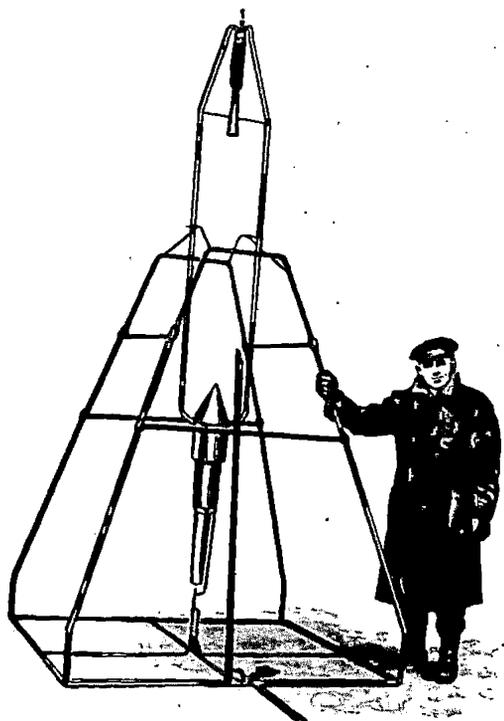
Принцип полета ракеты и даже практическая возможность полета на ней известны очень давно, а появление простейших ракет и вовсе уходит в седую древность.

Первое применение ракетного оружия, по литературным источникам, относится к XIII веку. Предполагается, что в странах Востока фугасные снаряды использовались еще в середине XIII века во время борьбы с завоевателями-крестоносцами<sup>13</sup>. Не исключено, что применялось и более совершенное оружие. Об этом позволяет говорить одна из рукописей турецкого ученого Хасан ар-Раммаха, датированная 1285 годом. В ней не только говорится о первых ракетных торпедах, но и приводится рисунок трехснопельной ракетной торпеды<sup>14</sup>.

В русской армии ракеты применялись с конца XVII века. В 1680 году в Москве появилось «Ракетное заведение», где делали ракеты для фейерверков, а также для сигнализации и освещения поля боя. При Петре I, начиная с 1717 года, в русской армии стали применять осветительные ракеты калибром 25 мм, поднимавшиеся на высоту до 1000 м. Они находились на вооружении свыше 150 лет. В 1828 году, во время войны с Турцией, русские войска успешно использовали зажигательные ракеты калибром 50, 72 и 100 мм при осаде крепости Варны. Дальность действия таких ракет составляла от 1000 до 2700 м.

Зажигательные, небольшие по размерам ракеты успешно применялись в XVIII веке индийскими войсками в оборонительных боях против английских захватчиков. Русский ученый-артиллерист К. И. Константинов видел образцы таких ракет в середине прошлого века в одном из английских музеев. Это было предельно простое устройство, состоявшее из железной гильзы, наполненной порохом, с острием в виде копья-стрелы и «хвостом» из стебля тростника. В дальнейшем ракетным опытом индийских войск воспользовались англичане.

Первые ракеты, которые являлись, по существу, своего рода моделями, еще очень давно привели к идее использовать большую ракету для подъема в воздух человека. Например, рукопись турецкого путешественника XVII века, хранящаяся в библиотеке Стамбула, свидетельствует, что в этом городе в



Модель ракеты с жидкостным двигателем Р. Годдарда (1926 год).

1632 году изобретатель Ахмед Гелеби во время праздника, посвященного дню рождения дочери султана, поднялся в воздух на семизарядной ракете, масса пороха которой составляла 70 кг. После полного выгорания заряда А. Гелеби плавно опустился на землю на искусно сделанных крыльях, предварительно опробованных во время планирующих спусков с одной из высоких башен. Достоверность этого факта подтверждена также в книге англичанина Д. Вилкинса «Открытие нового мира», изданной в Лондоне в 1638 году<sup>15</sup>.

Спустя почти три столетия смелый аттракцион А. Гелеби повторил в США Р. Лоу. В 1913 году он взлетел на ракете вертикально вверх на высоту около 12 м, а затем опустился на землю на автоматически открывшемся парашюте<sup>16</sup>.

Оба эти эксперимента практического значения не имели, так как убеждали: полет человека на ракете, созданной на та-

ком техническом уровне, столь кратковременен, что практической пользы, кроме эффекта аттракциона, от него получить нельзя. Вероятно, поэтому, а также, естественно, из-за использования в качестве летательного аппарата «пороховой бочки» подобных экспериментов было немного.

Успехи авиации начала XX века, казалось бы, полностью приковали усилия ученых и техников к самолету. Однако уже первые публикации в печати нашего гениального соотечественника К. Э. Циолковского в 1903 году о возможности полета вне Земли на ракете с двигателем, работающим на жидком топливе, убедительно показали всему миру, что таким транспортным средством стоит заниматься, поскольку в безвоздушном пространстве только оно способно преодолеть притяжение Земли.

Приоритет в создании реальной ракеты на жидком топливе принадлежит ученому и изобретателю Роберту Годдарду (США). Первые его мысли о конструкции ракеты на жидком топливе, зафиксированные в записной книжке, датированы июнем 1907 года. В 1910 году Р. Годдард рисует эскиз водородно-кислородной ракеты, в 1914-м получает патент на жидкостный двигатель для ракеты, в 1922-м проводит его первые стендовые испытания, а через четыре года, 16 марта 1926 года, запускает свою первую модель на жидком топливе. Модель достигла высоты 13 м при дальности полета 56 м и его продолжительности 2,5 с. Запускалась она под углом к горизонту<sup>17</sup>.

Первая модель Р. Годдарда была схематической: она не имела корпуса, ее камера сгорания и сопло располагались впереди, а баки с горючим и окислителем — в хвостовой части. Все основные элементы соединялись друг с другом трубками, по которым горючее и окислитель поступали в камеру сгорания. Длина всей модели составляла 2700 мм, а полетная масса — 4 кг. Лишь в середине октября 1931 года Р. Годдарду удалось создать модель жидкостной ракеты с корпусом и оперением. Длина ее была около 2500 мм при массе 18 кг. Запуск ракеты удался не в полной мере, на высоте 500 м у нее взорвался бак с горючим.

В СССР первая модель ракеты с двигателем, работающим на жидком топливе, «09», была построена в Москве членами группы по изучению реактивного движения (ГИРД) при Осоавиахиме по проекту М. К. Тихонравова. Полностью снаряженная, она имела массу 19 кг (6,3 кг — топливо), ее двигатель развивал тягу порядка 32 кг. Модель впервые была испытана 17 августа 1933 года. Ракета достигла высоты около 400 м<sup>18</sup>.

Важным этапом в развитии ракетной техники был успешный запуск 31 мая 1935 года большой модели жидкостной ра-

кеты Р. Годдарда, на которой впервые была применена система гироскопической стабилизации. Модель достигла высоты 2300 м. Масса модели без топлива составляла 38 кг.

Работа над первыми моделями ракет была первым шагом в создании современной ракетной техники. Эксперименты с ними позволили в дальнейшем существенно сократить время и средства на создание полноразмерных ракет. Именно от них начала свою историю космическая эра, современниками и свидетелями первого этапа которой сегодня является каждый из нас.

## ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ

### ЭКСПЕРИМЕНТЫ, ОПЕРЕДИВШИЕ ВРЕМЯ

Первые же полеты братьев Райт привели к появлению целой армии их последователей. Но в первом десятилетии XX века авиация по сути дела была больше рискованным видом спорта, заключавшимся в демонстрационных полетах на продолжительность, скорость, высоту и, главным образом, дальность, а ее энтузиасты являлись одновременно и конструкторами, и строителями, и пилотами своего летательного аппарата.

С 1910 года в небо начали подниматься машины и русской постройки — конструкторов Я. М. Гаккеля, А. С. Кудашева, И. И. Сикорского. Осенью 1910 года на самолете «Гаккель VI» в нашей стране впервые был осуществлен перелет по маршруту Гатчина — Царское Село — Красное Село и обратно, а 23 сентября 1911 года на самолете «Гаккель VII» совершен перелет по маршруту Петербург — Гатчина — Петербург.

Отношение к авиации постепенно менялось. Самолетом как средством разведки с воздуха всерьез заинтересовались военные. Высказывались мысли об его использовании для перевозки пассажиров и почты. Так или иначе, но самолет стали признавать полноценной рабочей машиной, а значит, появилась необходимость всерьез заняться изучением теоретических основ работы этого весьма сложного аппарата.

Главный элемент самолета — крыло. Поэтому самый первый путь к усовершенствованию самолета заключался в поисках оптимального варианта взаимодействия крыла и потока воздуха. Так родилась аэродинамика — наука, которая изучает законы движения газообразной среды и ее силовое взаимодействие с движущимися в ней твердыми телами.

Основы аэродинамики были заложены в начале XX века выдающимися учеными — нашим соотечественником Н. Е. Жуковским, англичанином Ф. В. Ланчестером и немцем Л. Прандтлем. С первых шагов эта наука была связана с использованием летающих моделей. Николай Егорович Жуковский еще в 1889 году начал собирать в кабинете прикладной механики Московского университета различные летающие модели птиц,

бабочек, вертолетов и др., с помощью которых исследовались проблемы полета тел, более тяжелых, чем воздух<sup>1</sup>.

Данные о первых шагах аэродинамики будут неполными, если не упомянуть о малоизвестных опытах с летающими моделями русского изобретателя В. В. Котова, который первым показал, что крыло может отлично летать без хвостового оперения, если его правильно сбалансировать и придать соответствующую форму его профилю.

Обратимся к воспоминаниям Дмитрия Ивановича Менделеева.

«В конце истекшего февраля (1895 года. — *Прим. ред.*), — писал знаменитый ученый-химик в предисловии к брошюре изобретателя, — однажды вечером ко мне вошел седой господин невысокого роста с приемами и речами самыми скромными, ясно уже поломанный жизнью, рекомендовался он помощником столначальника в департаменте министерства финансов Виктором Викторовичем Котовым и просил уделить ему немного времени, чтобы посмотреть принесенные им «самолеты-аэропланы» и посоветовать, что ему дальше с ними делать. Величина наименьших была около 4 вершков, наибольших — вершков до 14\*. Разложив их в порядке на столе, Виктор Викторович взял первую попавшуюся, встал посередине комнаты, держа за края плоскость фигуры горизонтально, и, отпустив пальцы, предоставил фигуру падению. Каждая полетела вперед жестким ребром, но ровно и спокойно, слабо понижаясь, и села на диван, как сделала бы это стрекоза или летучая мышь. Так он перебрал все принесенные «самолеты», и все, отпущенные, летели, одни скорее, другие тише... Все они были делом его собственных рук и слушались их...

Так как в предлагаемой брошюре г. Котова не говорится ни о весе, ни о размерах, ни о скоростях его самолетов, то я считаю не излишним прибавить, что я вымерил в этом отношении два из них, оба из числа малых и формы примерно такой, какая дана на чертеже 4. Оба эти экземпляра самолетов летают очень плавно и очень легко сами уравниваются в воздухе, т. е. опрокинутые и отпущенные переворачиваются и летят далее прямо, повернувшись вогнутой спинкой кверху. У одного из таких самолетов при общей поверхности около 80 см<sup>2</sup> вес равен 6 дг, а скорость около 1,2 м/с. У другого поверхность около 285 см<sup>2</sup>, вес около 1,9 г и скорость полета около 2 м/с.

Брошюра В. В. Котова «Самолеты-аэропланы, парящие в воздухе», готовившаяся к изданию в Петербурге в 1895 году, не увидела свет, но гранки её набора сохранились в мемориальном музее Д. И. Менделеева в Ленинграде.

\* 1 вершок равен 4,45 см.

1 мая 1896 года В. В. Котов сделал на заседании воздухоплавательного отдела Императорского русского технического общества доклад, текст которого с большим числом иллюстраций был опубликован в «Записках» этого общества<sup>2</sup>.

В. В. Котов первым продемонстрировал на модели основные принципы продольной устойчивости и продольной балансировки самолета или планера типа «летающее крыло». Он установил путем опытов с летающими моделями, что обеспечение продольной устойчивости достигается размещением центра тяжести изолированного крыла перед его аэродинамическим фокусом\*, а продольная балансировка загибом тыльного тонкого края крыла кверху.

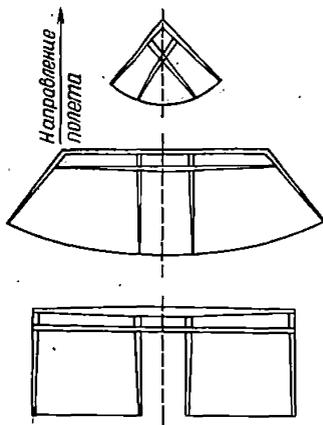
Таким образом, на простейших летающих моделях еще в конце прошлого века наглядно была продемонстрирована возможность полета самолета, тип которого сегодня именуется «летающим крылом».

Примерно в те же годы, когда проводил свои опыты с моделями В. В. Котов, вопросами аэродинамики крыла и динамики полета занимался английский физик Ф. В. Ланчестер. Свои теоретические изыскания ученый сочетал с многочисленными экспериментами с миниатюрными летающими моделями.

В начале 1894 года на собрании Бирмингемского общества естественной истории и философии Ф. В. Ланчестер выступил с докладом, в котором изложил результаты своих исследований по устойчивости самолета-моноплана, проведенных с помощью модели «Аэродром». Опыты с моделями на этом не закончились. В 1907 году вышел в свет научный труд Ф. В. Ланчестера «Воздушный полет»<sup>3</sup>. Первый том назывался «Аэродинамика»; второй — «Аэродонетика». (Последнее название следует понимать в соответствии с современной терминологией, как «динамика планирующего полета».) Из большого числа опытов, которые описывает ученый, остановимся на первых.

Эти опыты с летающими моделями планеров-монопланов Ф. В. Ланчестер провел в июне—июле 1894 года. Масса каждой из шести одинаковых моделей из дерева достигала 650 г. Крыло, изготовленное из хорошо высушенной сосны, было

\* Фокус крыла — точка на крыле, вокруг которой продольный момент, действующий на крыло при всех углах атаки, постоянен. Для крыла с симметричным профилем фокус совпадает с центром давления.



Конструктивные схемы (вид сверху) моделей планеров В. В. Котова (1895 год).

сплошным и имело форму эллипса в плане. Размах крыла составлял 1000 мм, ширина в центре — 75 мм.

Удлинение крыла задавалось возможно большим, однако не в ущерб прочности. Представлял интерес профиль крыла — утолщенный примерно в первой трети ширины и заостренный впереди и сзади. Отношение толщины профиля к ширине крыла (относительная толщина) составляло 10%. Нагрузка на крыло модели была весьма значительной — от 98 до 110 г/дм<sup>2</sup>. Это определило довольно большую скорость полета — 25 м/с.

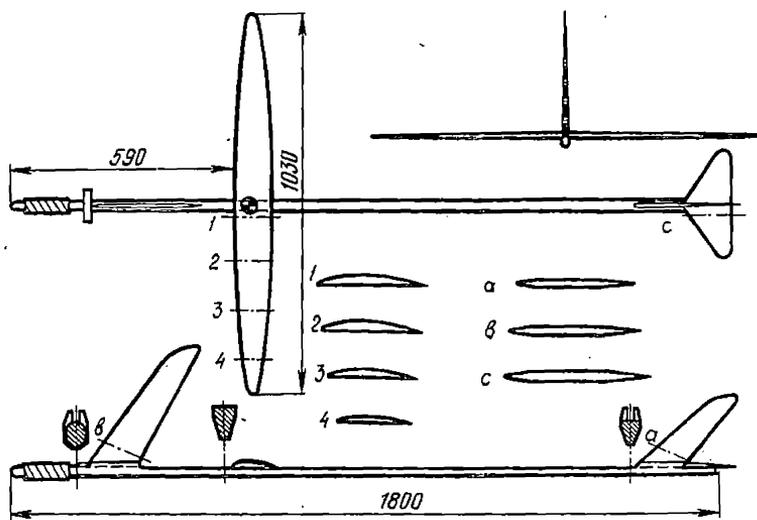
Фюзеляж модели — рейка треугольного сечения из пихты. Оперение состояло из хвостового горизонтального стабилизатора, имеющего при виде сверху треугольную форму, и двух килей — хвостового и переднего. Передний киль обеспечивал поперечную устойчивость в полете. Стабилизатор и кили имели симметричный остроносый профиль с относительной толщиной 4,5%. Изготовлены они были из пихты.

Площадь крыла составляла 5,9 дм<sup>2</sup>, горизонтального стабилизатора — 1,8 дм<sup>2</sup>, переднего киля — 2,8 дм<sup>2</sup>, хвостового — 1,9 дм<sup>2</sup>. Центр тяжести модели находился позади передней кромки крыла, на расстоянии 25 мм. Такое его размещение обеспечивала свинцовая пластина, спиралеобразно огибавшая носок фюзеляжа.

Старт модели осуществлялся с помощью катапульты. Для этого перед носовым килем имелась деревянная пластинка, служившая опорой при запуске. Катапульта состояла из двух деревянных направляющих штанг длиной по 3,3 м с расстоянием между собой 25 мм. Впереди штанги на 0,5 м выступала рейка. На ее переднем конце имелись две резиновые ленты длиной по 0,5 м и общей массой 450 г. На свободных концах лент были кнопки, с помощью которых ленты соединялись с проволоочной скобой, скользящей вдоль направляющих штанг. Для фиксации скоба устанавливалась в зарубках на верхних кромках штанг. Резиновые ленты при этом вытягивались, развивая усилие около 25 кг. Скоба упиралась также и в соответствующую зарубку в кормовом окончании фюзеляжа.

Для запуска модели в полет было достаточно с помощью специального вилкообразного рычага освободить проволоочную скобу из зарубок на направляющих штангах: резиновая лента, сокращаясь, выбрасывала модель в воздух.

Ф. В. Ланчестер провел пять запусков моделей планеров. При первом запуске модель пролетела 183 м. Второй полет проходил при сильном порывистом ветре. Траектория полета была волнообразной и с большой начальной амплитудой, видимо, из-за мощного порыва ветра при старте. Его дальность и продолжительность составили соответственно 260 м и 27 с. Третий и четвертый запуски осуществлялись при слабом ветре, и модели



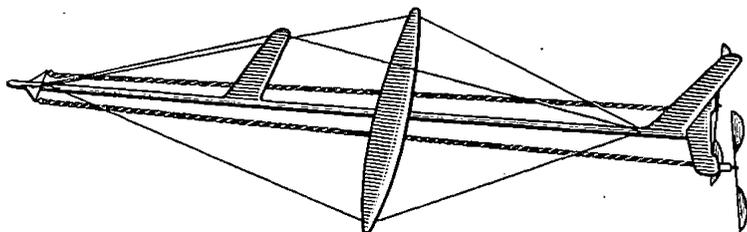
Большая модель планера Ф. Ланчестера «Аэродон» (1894 год).

пролетели расстояние 183 и 137 м. Скорость во всех четырех полетах колебалась незначительно — от 88 до 90 км/ч.

Пятой была запущена модель самолета, названная «Аэродром». Ее крыло, передний киль и фюзеляж были, как у предыдущих моделей планеров, а горизонтальный стабилизатор и хвостовой киль несколько меньше по площади. Крыло и передний киль были расчалены на фюзеляже тонкими рояльными струнами. Два воздушных винта Ф. В. Ланчестер разместил позади горизонтального оперения, т. е. сделал их толкающими. Воздушные винты диаметром 0,44 м имели по две лопасти из дюралюминиевых пластинок толщиной 0,75 мм. Лопасти были насажены на проволочные стержни диаметром 2,5 мм.

При работающем резиномоторе лопасти устанавливались под углом около  $40^\circ$  и создавали необходимую тягу. Когда энергия мотора иссякала, они переходили во флюгерное положение, становясь по потоку и таким образом создавая минимум лобового сопротивления при планировании. Полетная масса «Аэродрома» составляла 1134 г. Из них 320 г приходилось на резиномоторы. Число оборотов их закрутки доходило до 500, что давало среднее значение крутящего момента на валу винта 0,138 кгм.

Модель эта совершила один полет примерно на высоте запуска с незначительным отклонением вбок. За 4,5 с она преодолела 121 м и... застряла на дереве, успев израсходовать энергию своих резиномоторов лишь наполовину.



Резиномоторная модель самолета Ф. Ланчестера «Аэродром» (1894 год).

Опыты с моделями подтвердили теоретические расчеты Ф. В. Ланчестера, и ученый сделал вывод, что по предложенной им схеме можно будет в будущем строить полноразмерные аппараты для подъема людей и грузов, не прибегая при этом к каким-либо механизмам, самобалансирующим аппарат в полете, или другим автоматическим устройствам.

#### АЭРОДИНАМИКА И ПРОСТЕЙШИЕ МОДЕЛИ ПЛАНЕРОВ

В начале XX века Ф. В. Ланчестер проводит опыты по аэродинамике и динамике полета моноплана с помощью летающих моделей планеров, крылья которых выполнялись из слюды.

Свои эксперименты ученый начал с простейшей модели, названной им балласт-аэропланом. Модель представляла собой прямоугольную пластину слюды размером  $200 \times 50$  мм и толщиной от 0,1 до 0,06 мм. Середина передней кромки пластины была вклеена в щель крупной свинцовой дробины. Благодаря такой загрузке центр тяжести балласт-аэроплана располагался на расстоянии  $1/3$ — $1/4$  ширины пластины от ее передней кромки.

Для запуска модели применялась вертикальная деревянная штанга длиной 1 м с прямоугольной площадкой на одном конце. Положив модель на площадку, экспериментатор поднимал штангу выше плеча, затем резким наклоном вперед запускал балласт-аэроплан в свободный полет.

Опыты с этой простейшей экспериментальной моделью позволили сделать Ф. В. Ланчестеру ряд интересных выводов:

- 1) для каждой модели существуют свойственные ей «естественная» скорость полета и «естественный» угол планирования;
- 2) «естественная» скорость полета модели определяется ее массой и расположением центра тяжести на хорде крыла;
- 3) при полете балласт-аэроплана обнаруживается аperiodическое спиральное неустойчивое движение, устранить которое удастся двумя способами: либо разместив впереди

модели небольшую вертикальную поверхность, либо отогнув кверху концевые части передней кромки крыла (пользуясь современной терминологией, придав крылу поперечное V);

4) наименьшая допустимая толщина слюдяной пластины, используемой для крыла балласт-аэроплана, определяется по формуле

$$t = \frac{l^{3/2}}{40\,000},$$

где  $l$  — размах крыла, мм;  $t$  — толщина, мм.

Для крыла с размахом 100 мм минимально допустимая толщина слюдяной пластины оказалась равной  $t=0,025$  мм.

На основании проведенных экспериментов с простейшими балласт-аэропланами Ф. В. Ланчестер в 1905—1907 годах разработал детальную методику проведения опытов с моделями со слюдяными крыльями более сложной конструкции — с фюзеляжем и оперением. Фюзеляж был из сосновой рейки, загрузка в его носке — из пластилина и сургуча для маленьких моделей, из свинца — для больших.

Для всех моделей, построенных ученым, характерно почти полное отсутствие поперечного V крыла. Его действие заменял мощный киль, размещенный перед крылом.

При первой серии экспериментов ставилась цель определить воздушное сопротивление трения при полете модели. Для этого применялись две методики: методика полной поверхности и методика дополнительной поверхности. Обе методики основаны на том, что модели запускались в планирующий полет в закрытом помещении. При этом им придавались строго «естественная» скорость и строго «естественный» угол планирования.

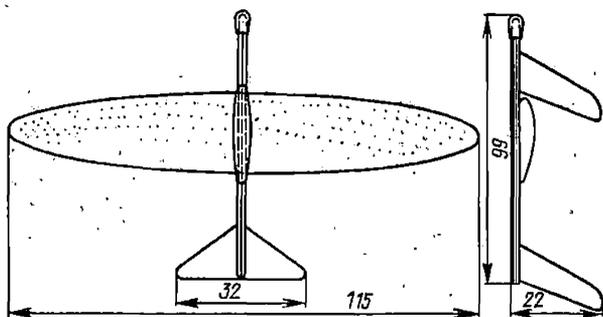
При экспериментировании по методике полной поверхности использовались модели планеров с размахом крыла от 40 до 112 мм. Перед каждым запуском модель взвешивалась, во время его измерялась начальная высота планирования  $H$  и дальность планирования  $L$ . Кроме того, фиксировалось время  $t$ , за которое преодолена дистанция  $L$ . Таким образом можно было определить тангенс угла планирования  $\Theta$  как соотношение

$$\operatorname{tg} \theta = \frac{H}{L}.$$

Поскольку в установившемся режиме планирования масса модели  $G$  практически равна подъемной силе  $Y$ , а сила лобового сопротивления  $Q$  определялась как  $Q=G \cdot \operatorname{tg} \theta$ , то по результатам проведенных замеров не представляло труда подсчитать величину лобового сопротивления

$$Q = G \frac{H}{L}.$$

Поскольку при всяких замерах возможны некоторые неточности, то каждая модель запускалась от 4 до 8 раз и для расчетов брались средние результаты.



Малая модель планера Ф. Ланчестера «Аэродон» (1906 год).

При экспериментировании по методике дополнительной поверхности использовалась модель планера длиной 66 мм. Его крыло имело размах 115 мм, хорду в центре 19 мм и площадь 0,171 дм<sup>2</sup>. Площадь треугольного стабилизатора равнялась 0,032 дм<sup>2</sup>. Масса модели составляла 0,6 г. На модели последовательно устанавливались два комплекта вертикальных поверхностей, каждый из которых состоял из двух поверхностей — передней и задней. Первый имел суммарную площадь  $S_{\text{во}_1} = 0,009$  дм<sup>2</sup>, второй  $S_{\text{во}_2} = 0,077$  дм<sup>2</sup>. Модель 8 раз запускалась с одним, а затем с другим комплектом.

Первая серия запусков дала средние значения дальности планирования  $L_1 = 10,9$  м при высоте запуска  $H_1 = 2,13$  м. Тангенс угла планирования

$$\operatorname{tg} \theta_1 = \frac{H_1}{L_1} = \frac{2,13}{10,9} = 0,195.$$

Сила лобового сопротивления модели

$$Q_1 = G \cdot \operatorname{tg} \theta_1 = 0,6 \cdot 0,195 = 0,1173 \text{ г.}$$

Среднее значение скорости полета в первой серии запусков составило  $v_1 = 3,5$  м/с.

Вторая серия полетов модели с дополнительной вертикальной поверхностью показала среднее значение дальности планирования  $L_2 = 9,6$  м при высоте запуска  $H_2 = 2,13$  м. Тангенс угла планирования

$$\operatorname{tg} \theta_2 = \frac{H_2}{L_2} = \frac{2,13}{9,6} = 0,222.$$

Сила лобового сопротивления модели

$$Q_2 = G \cdot \operatorname{tg} \theta_2 = 0,6 \cdot 0,222 = 0,133 \text{ г.}$$

Среднее значение скорости полета модели во второй серии запусков составило  $v_2 = 3,49$  м/с.

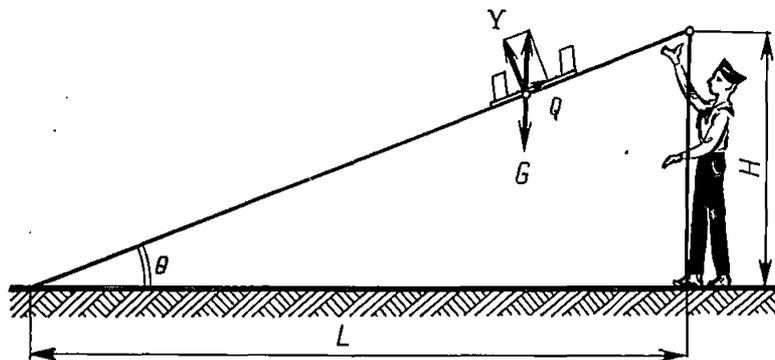


Схема эксперимента Ф. Ланчестера по определению силы трения поверхности модели о воздух.

По этим данным была подсчитана сила лобового сопротивления, вызванная трением поверхностей дополнительной площади килей о воздух:

$$\Delta Q = Q_2 - Q_1 = 0,133 - 0,1173 = 0,0157 \text{ г.}$$

Это дополнительное сопротивление вызвала увеличенная площадь килей, равная:

$$\Delta S_{\text{во}} = S_{\text{во}_2} - S_{\text{во}_1} = 0,077 - 0,009 = 0,068 \text{ дм}^2.$$

Далее Ф. В. Ланчестер подсчитал удельную силу лобового сопротивления трения

$$\Delta \bar{Q} = \frac{\Delta Q}{\Delta S_{\text{во}}} = \frac{0,0157}{0,068} = 0,231 \text{ г/дм}^2 = 0,0231 \text{ кг/м}^2.$$

Затем ученый определил удельную силу лобового сопротивления, вызванную плоской пластиной, расположенной поперек движения, при скорости полета, которую показала в среднем модель в первой серии запусков, т. е. при  $v_1 = 3,5 \text{ м/с}$ .

$$Q_{\text{пл}} = C_{x_{\text{пл}}} \cdot \frac{\rho v^2}{2} = 1,4 \cdot \frac{0,125 \cdot 3,5^2}{2} = 1,07 \text{ кг/м}^2,$$

где  $\rho$  — плотность воздуха в нормальных атмосферных условиях ( $0,125 \text{ кгс}^2/\text{м}$ ).

Это позволило получить коэффициент сравнения силы трения воздуха о поверхность с силой лобового сопротивления плоской пластинки

$$\xi = \frac{\Delta \bar{Q}}{Q_{\text{пл}}} = \frac{0,0231}{1,07} = 0,022.$$

Результаты эксперимента дали возможность Ф. В. Ланчестеру подразделить силу общего лобового сопротивления модели на силу лобового сопротивления, вызванную трением

поверхности модели о воздух  $Q_{\text{тр}}$ , и силу лобового сопротивления, вызванную вихреобразованиями  $Q_{\text{в}}$ . Силу  $Q_{\text{тр}}$  составляло произведение полной площади всех поверхностей модели  $S_{\Sigma}$  на удельную силу лобового сопротивления трения о воздух  $\Delta\bar{Q}$ :

$$Q_{\text{тр}} = S_{\Sigma}\Delta\bar{Q}.$$

Например, для модели, о которой говорилось выше, при площади заднего киля  $0,031 \text{ дм}^2$  и переднего  $0,009 \text{ дм}^2$  полная площадь составляла  $0,243 \text{ дм}^2$ . Отсюда сила лобового сопротивления, вызванная трением модели о воздух, равна  $Q_{\text{тр}} = S_{\Sigma}\Delta\bar{Q} = 0,056 \text{ г}$ . Сила лобового сопротивления, вызванная вихреобразованием, составляла разницу между общей силой лобового сопротивления и силой лобового сопротивления, вызванной трением о воздух:

$$Q_{\text{в}} = Q_1 - Q_{\text{тр}} = 0,1173 - 0,056 = 0,0613 \text{ г}.$$

Ф. В. Ланчестер на основе своего эксперимента вывел и значение коэффициента трения для своей модели.

Часть силы лобового сопротивления, которая определяется трением воздуха  $C_f$  о поверхность модели, вычисляется по формуле:

$$Q_{\text{тр}} = C_f S_{\Sigma} \cdot \frac{\rho v^2}{2}.$$

Разделив обе части этого выражения на  $S_{\Sigma}$ , преобразуем его в равенство

$$\frac{Q_{\text{тр}}}{S_{\Sigma}} \quad \frac{C_f S_{\Sigma} \frac{\rho v^2}{2}}{S_{\Sigma}} = C_f \frac{\rho v^2}{2}.$$

Величина  $\frac{Q_{\text{тр}}}{S_{\Sigma}}$  есть удельная сила лобового сопротивления, вызванная трением. Так как она уже была определена путем эксперимента ( $\Delta\bar{Q} = 0,0231$ ), осталось только вычислить коэффициент трения

$$\frac{Q_{\text{тр}}}{S_{\Sigma}} = \Delta\bar{Q} = C_f \cdot \frac{\rho v^2}{2} = 0,0231 \text{ кг/м}^2.$$

$$C_f = \frac{0,0231}{\frac{\rho v^2}{2}} = \frac{0,0231 \cdot 2}{0,125 \cdot 3,5^2} = 0,0302.$$

Эксперимент с простейшими моделями, проводившийся Ф. В. Ланчестером в 1905 году, на наш взгляд, представляет интерес и сегодня. Его вполне могут воспроизвести даже юные авиамodelисты. Разумеется, сегодня нет надобности использовать для крыла обязательно слюду. Ее могут заменить древесный шпон, тонкие листы жесткой пластмассы и другие материалы.

Кроме тех экспериментов и расчетов, о которых рассказано выше, авиамоделисту небезынтересно будет определить так называемое число Рейнольдса  $Re$  (по имени английского ученого О. Рейнольдса), которое является важным критерием для суждения о силе трения о воздух, тесно связано с коэффициентом силы сопротивления трения  $C_f$ , а затем проверить точность своих экспериментальных данных, сравнив их с теоретическими расчетами.

Число Рейнольдса определяется скоростью движения тела в среде, его линейными размерами (средней шириной крыла или оперения), а также вязкостью воздуха.

Вязкость — свойство частиц вещества прилипать друг к другу и к поверхности каких-либо тел. У разных веществ вязкость различна. Например, у меда она очень высокая, у воды — меньше, у воздуха еще меньше.

Вязкость веществ зависит от температуры. У воздуха она растет с ее увеличением. А так как температура последнего с высотой падает, то вязкость более высоких слоев атмосферы меньше, чем низких. В зависимости от изменения температуры вязкость воздуха меняется и у земли.

Как проявляется сила вязкости, можно представить на таком примере. Если в банку с медом погрузить широкий нож и начать его двигать, к нему прилипнут ближайшие частицы меда и начнут передавать движение ножа соседним, а те дальше. Причем движение частиц у самого ножа будет менее быстрым, чем на расстоянии. Эта скорость по мере удаления от него будет возрастать до тех пор, пока не сравняется со скоростью самого ножа.

Непосредственно прилегающий к поверхности тела слой жидкости или газа, в котором скорость течения среды относительно тела меняется от нуля до полной скорости набегающего на тело потока, называют пограничным слоем.

Толщина пограничного слоя у летающей модели в среднем составляет 2—3 мм.

Обтекание воздухом тела сильно зависит от характера изменения скорости в пограничном слое. При малых скоростях движения и малых линейных размерах поверхности, обтекаемой воздухом, скорости в пограничном слое изменяются медленно и плавно, а струйки текут, не перемешиваясь, рядом. Такое течение называют ламинарным. При значительной скорости плавность течения воздушных струек в пограничном слое нарушается, они перемешиваются и в результате скорость в нем нарастает значительно быстрее. Такое течение называют турбулентным.

Изменение скорости в пограничном слое определяется числом Рейнольдса, которое подсчитывается по формуле:

$$Re = \frac{vb}{\nu},$$

где  $v$  — скорость, м/с;  $b$  — ширина (хорда) крыла, мм;  $\nu = \frac{\mu}{\rho}$  — модуль вязкости для воздуха. При  $+15^\circ\text{C}$  и 1000 гПа (760 мм рт. ст.)  $\nu = 0,0000145$  м<sup>2</sup>/с. Для подсчетов числа Рейнольдса летающих моделей, которые чаще всего движутся вблизи земли, можно пользоваться формулой:

$$Re = 69vb.$$

Число Рейнольдса, например, спортивной модели планера равно 55 000, чайки — 92 000, пассажирского самолета с поршневыми двигателями — 16 350 000.

Исследования показывают, что если число Рейнольдса не превышает некоторого значения, называемого критическим, то пограничный слой по всей длине поверхности будет с ламинарным течением, если превышает, то частично или полностью с турбулентным течением. Критическое число Рейнольдса для каждого обтекаемого тела свое. Например, для плоской пластинки, расположенной по потоку, оно равно 500 000.

Форма распределения скоростей в пограничном слое существенно влияет на величину сопротивления трения поверхности о воздух. В пограничном слое и с ламинарным и с турбулентным течением сила трения определяется в первую очередь средней величиной скорости движения частиц воздуха относительно поверхности. При ламинарном течении изменение скорости происходит более плавно, чем при турбулентном, значит, величина средней скорости будет меньше, т. е. коэффициент трения  $C_f$  при ламинарном течении в пограничном слое всегда будет меньше, чем при турбулентном.

Теперь выясним, как же связан коэффициент трения поверхности с числом Рейнольдса?

Возрастание числа Рейнольдса связано с увеличением скорости движения потока воздуха относительно поверхности. По мере увеличения скорости растет кинетическая энергия потока воздуха, набегающего на поверхность, а значит, в меньшей степени может проявлять себя сила трения. Следовательно, с ростом числа Рейнольдса при любом течении в пограничном слое — ламинарном или турбулентном — коэффициент трения  $C_f$  будет уменьшаться.

На графике показано изменение коэффициента трения в диапазоне чисел Рейнольдса от 1000 до 100 000 000, как при ламинарном течении в пограничном слое, так и турбулентном. Этот график — результат исследований в 1918—1926 годах ученых-аэродинамиков, и в первую очередь немецкого профессора Л. Прандтля. Данные получены теоретическим путем и на основе кропотливых экспериментов в аэродинамических трубах. На график нанесена точка, соответствующая результатам экспериментов Ф. В. Ланчестера с простейшими

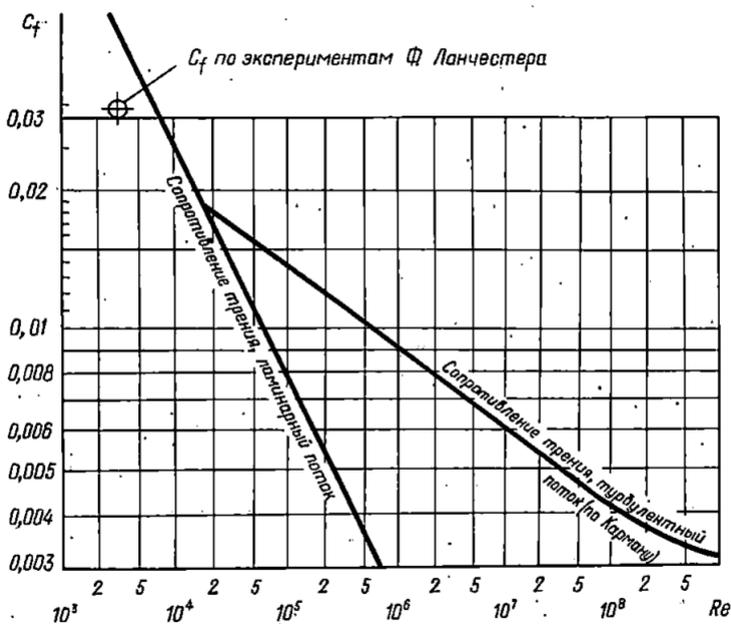


График зависимости коэффициента  $C_f$  от числа  $Re$ .

летающими моделями планеров. Мы видим, что величина коэффициента трения, определенного ученым в 1905 году, вполне соответствует более точным позднейшим исследованиям. Убедимся в этом сами.

Для модели Ф. В. Ланчестера, средняя ширина крыла и оперения которой была 13 мм, число Рейнольдса составляло при скорости 3,5 м/с

$$Re = 69vb = 69 \cdot 3,5 \cdot 13 = 3140.$$

Учтем, что именно при этом числе Рейнольдса коэффициент трения  $C_f$ , экспериментальным путем полученный Ф. В. Ланчестером, составляет величину 0,0302. Теперь, пользуясь формулой, предложенной профессором Л. Прандтлем в 1920 году для пограничного слоя с ламинарным течением, определим коэффициент трения модели Ф. В. Ланчестера теоретическим путем

$$C_f = 2,656 \frac{1}{\sqrt{Re}} = 2,656 \frac{1}{\sqrt{3140}} = 0,0474.$$

Как видим, это значение немногим отличается от определенного Ф. В. Ланчестером с помощью эксперимента.

Летающая модель позволила Ф. В. Ланчестеру на 15 лет раньше Л. Прандтля выявить одну из важнейших составляющих силы лобового сопротивления самолета — силу трения о воздух — и экспериментально определить ее величину для конкретной модели.

### ЗАГАДОЧНЫЕ КОЛЕБАНИЯ

Еще задолго до того как самолет впервые поднялся в воздух, передовые ученые настойчиво пытались представить себе пути дальнейшего развития авиации и решить некоторые связанные с нею задачи.

Теоретические расчеты показывали, что самолет может находиться в полете длительное время. Но тогда напрашивался вывод, что со временем возникнет необходимость обезопасить пассажиров воздушных кораблей от продольной качки, которая так хорошо известна всем, кто плывал по морю. Чтобы не допустить подобной качки на будущих самолетах, требовалось тщательно изучить колебания, которым подвержен воздушный аппарат тяжелее воздуха в полете. Однако в те годы ученые располагали еще очень ограниченными возможностями для изучения подобных явлений. Это были или наблюдения за планирующим полетом птиц, или эксперименты с летающими моделями планеров.

В 80-х годах XIX века с помощью летающих моделей планеров, вырезанных из бумаги, колебания летательных аппаратов тяжелее воздуха изучал француз Л. Муийяр. В его книге «Царство воздуха» на одном из рисунков четко показан периодический характер колебаний моделей во время некоторых запусков.

Другой исследователь Е. Марэй в книге «Полет птиц», написанной им в начале 90-х годов прошлого века, также подробно рассказал об экспериментах с бумажными моделями планеров. Ученый, меняя положение центра тяжести, запускал свои модели носком книзу и фиксировал их в полете через определенные промежутки времени с помощью моментальной фотографии. Это были первые научные эксперименты с летающими моделями, при которых проводилась четкая фиксация результатов, позволявшая производить численные замеры.

Длиннопериодические колебания летательных аппаратов тяжелее воздуха изучал также Ф. В. Ланчестер в 1905—1907 годах, проведя множество экспериментов с моделями планеров со слюдяными крыльями. Эксперименты проходили в закрытом помещении, модели имели размах крыла от 60 до 640 мм. Их характерная особенность — наличие переднего кила наряду с расположенным в хвостовой части модели. Моделям задавались скорости полета несколько больше их «естественных» скоростей. Это вызывало длиннопериодические

колебания, параметры которых и замерял ученый. Таким образом было установлено, что длиннопериодические колебания свойственны моделям любого размера, а значит, могут возникать у полноразмерных самолетов и планеров. Одновременно ученый, используя свою самую малую модель, установил, что, увеличивая площадь горизонтального оперения, можно противодействовать этим колебаниям.

## ГДЕ ОН, АЭРОДИНАМИЧЕСКИЙ ФОКУС?

В начале 50-х годов нашего столетия, когда во всем мире стали строить самолеты с турбореактивными двигателями, стремясь к полетам на околозвуковых и сверхзвуковых скоростях, заметно повысился интерес к аэродинамическим особенностям крыла, имеющего стреловидность. Это и понятно: только в случае придания крылу стреловидной формы становится возможным существенно уменьшить ту часть его лобового сопротивления, которая возникает из-за влияния сжимаемости воздуха в случае приближения скорости полета к скорости звука.

Однажды аргентинские аэродинамики поставили перед собой задачу исследовать вопрос о том, где располагается так называемый фокус крыла, имеющего значительный угол стреловидности.

Аэродинамический фокус крыла — это такая условная точка на его хорде, где момент воздушных сил, действующих на крыло, постоянен для всех углов атаки. Сила воздушного сопротивления крыла, создающая подъемную силу, приложена к крылу в точке, называемой центром давления. Если мы мысленно перенесем подъемную силу, действующую на крыло из центра давления, в фокус и добавим еще постоянный продольный момент, одинаковый для всех углов атаки крыла, то получим значение продольного момента, действующего на крыло. Величина его будет точно такой же, какой она была, когда подъемная сила располагалась в центре давления.

У прямого, нестреловидного крыла с постоянной шириной аэродинамический фокус располагается вблизи первой четверти хорды крыла, считая от ее носка. Чтобы летательный аппарат имел продольную устойчивость, его центр тяжести должен быть размещен перед фокусом крыла. Расстояние в миллиметрах от центра тяжести аппарата до его фокуса, поделенное на длину хорды крыла, называется запасом продольной устойчивости. Этот запас выражается в процентах от хорды крыла. Если длина хорды крыла изменяется по его размаху, то расчет ведется относительно некоторой средней аэродинамической хорды.

Для создания турбореактивного самолета со стреловидным крылом требовалось знать, где следует разместить центр тяжести относительно фокуса стреловидного крыла, а значит, необходимо было определить, где у стреловидного крыла находится аэродинамический фокус. Но в распоряжении аргентинских авиаконструкторов не имелось аэродинамических труб. Исследователям оставалась одна возможность — использовать для решения стоящей перед ними задачи летающие модели<sup>21</sup>.

Для экспериментов были выбраны две модели планера без горизонтального оперения типа «летающее крыло». Одна — со стреловидным крылом, а другая — с крылом, имеющим при виде сверху форму треугольника. Крылья обеих моделей имели симметричный профиль и рулевые закрылки на концах. Нагрузка на крылья моделей менялась от 50 до 250 г/дм<sup>2</sup>. Старт осуществлялся с помощью катапульты. Скорость полета при старте менялась от 30 до 60 м/с, а дальность доходила до 500 м.

Эксперименты проводились следующим образом.

На каждой из моделей последовательно менялись углы установки закрылков в диапазоне от  $-15^\circ$  (задняя кромка поднята вверх) до  $15^\circ$  (задняя кромка опущена книзу). При каждом отклонении закрылков путем запусков подбиралось оптимальное размещение центра тяжести. Результаты каждого запуска фиксировались на графике. Координаты точки определялись углом отклонения закрылков  $\eta$  и расстоянием от носка центральной хорды до центра тяжести модели  $S$ .

Точки на графике обозначались по-разному, в зависимости от характера полета модели. Если модель летела по плавной, слегка наклонной прямой — контурным кружком; если резко снижалась книзу — сплошным кружком с чертой, направленной книзу; если интенсивно взмывала вверх, а затем резко устремлялась на посадку — сплошным кружком с чертой, направленной вверх.

Когда все запуски были проделаны, модель переворачивалась «спиной» книзу и эксперимент повторялся. Только результаты теперь наносились на нижнюю часть графика, так как углы отклонения рулевых закрылков меняли свой знак относительно той поверхности крыла, которая в предыдущей серии опытов располагалась сверху.

В результате на графике были получены две серии разнородных точек — вверх и вниз. Соединив соответствующие точки, исследователи получили интерполяционные кривые. Кривые, проведенные через контурные кружки, получились близкими к прямым и почти симметричными относительно горизонтальной оси графика. Точка пересечения этих кривых дала расположение аэродинамического фокуса крыла отно-

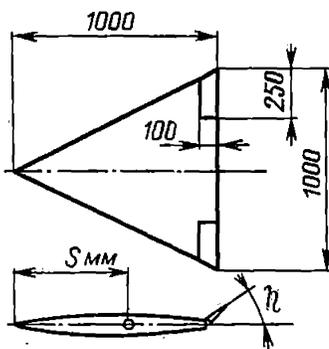
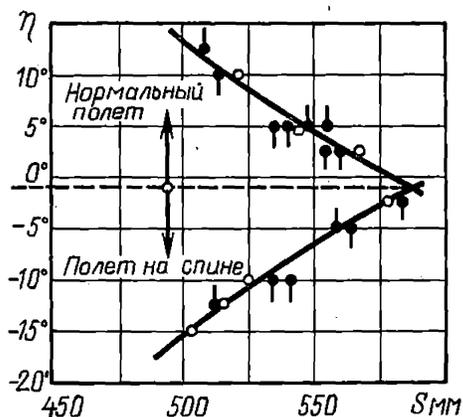
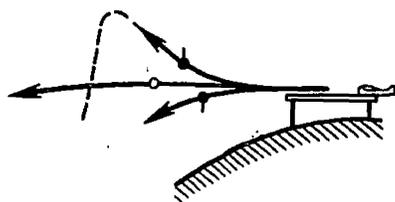
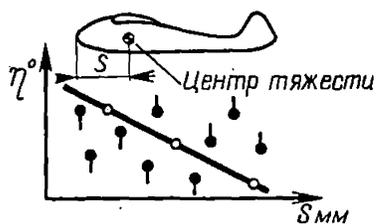


Схема эксперимента по определению положения аэродинамического фокуса на стреловидном и треугольном крыле.

сительно носка центральной хорды. Для «летающего крыла» такая точка оказалась от носка центральной хорды на расстоянии, равном 18% средней аэродинамической хорды<sup>4</sup>.

Затем аргентинские ученые провели аналогичный эксперимент для стреловидного крыла, Только на этом крыле были применены рулевые закрылки упрощенной конструкции — в виде треугольной призмы, верхняя грань которой имитировала действие закрылков. Эксперимент со стреловидным крылом показал, что его аэродинамический фокус находится от носка центральной хорды на расстоянии, равном 20% средней аэродинамической хорды. Этот результат немалым отличался от результатов, полученных позднее с помощью современных аэродинамических труб.

Эксперимент, о котором мы только что рассказали, в упрощенном виде под силу авиамodelьному кружку любой станции или клуба юных техников, Дворца пионеров. Для эксперимента, кроме моделей, надо изготовить еще простейшую катапульту в виде направляющих полозьев с резиновыми лентами, которые, сокращаясь, «выстреливают» модель в воздух подобно камню из рогатки.

Так как модель должна представлять собой «летающее крыло», то она не может иметь горизонтальное оперение и объемистый фюзеляж. Допускается лишь миниатюрный плоский фюзеляж и небольшое вертикальное оперение на его конце. На модели следует предусмотреть устройство для регулировки расположения центра тяжести на центральной хорде крыла. Крыло модели может иметь только симметричный профиль. Закрутка концов крыла относительно центральной хорды не допускается. Рулевые закрылки должны быть обязательно с жесткой фиксацией, чтобы обеспечивать строго симметричное отклонение.

Заметим, что для простоты запуска моделей их размах не следует делать большим 1,2 м, а нагрузку — более 50 г/дм<sup>2</sup>. Длину и сечение резиновых лент для катапульты рекомендуется подбирать практически. При каждом запуске модели необходимо следить, чтобы натяжение резиновых лент было одинаковым.

#### ОТ «ЛЕТАЮЩЕЙ ПАЛОЧКИ» ДО КОНВЕРТОПЛАНА

Вертолет — сегодня чрезвычайно распространенная транспортная машина и вместе с тем одна из самых молодых.

С полным основанием можно сказать, что вертолет — это наше, отечественное изобретение. И хотя идея подъема человека в воздух посредством воздушного винта принадлежит гениальному художнику и ученому эпохи Возрождения итальянцу Леонардо да Винчи, реализовали ее русские ученые и инженеры.

При создании вертолета существенную помощь оказали эксперименты с летающими моделями. Первые были проведены учениками Н. Е. Жуковского с простейшими летающими моделями-игрушками, собранными в кабинете прикладной механики Московского университета.

Особенно плодотворной оказалась работа с летающими моделями членов воздухоплавательного кружка МВТУ, руководимого Н. Е. Жуковским. Группу кружковцев, работавших над созданием геликоптера, возглавлял студент Борис Юрьев, впоследствии — академик. Энтузиасты поставили перед собой вначале три задачи: найти конструктивно-целесообразный способ уравнивания реактивного момента от вращающегося воздушного винта; выявить, как обеспечить простым способом горизонтальное движение геликоптера; установить возможность плавного спуска геликоптера после того, как мотор, вращающий основной несущий винт, прекратил свою работу.

При решении всех этих задач ученики Н. Е. Жуковского с успехом использовали простейшие летающие модели,

сделанные из сосновых реек и бумаги. Решить первую стоящую перед ними задачу экспериментаторы пытались сначала с помощью крыльчатых устройств — восьмилопастного контрпропеллера и спрямляющего барабана, устанавливаемых на фюзеляже под воздушным винтом. Модели с крыльчатыми устройствами хорошо поднимались в воздух, но после того, как энергия мотора иссякала, беспорядочно падали на землю. Кроме того, большое сопротивление воздуха, которое создавалось от контрпропеллера и спрямляющего барабана, мешало горизонтальному полету моделей, когда их запускали с некоторым наклоном вперед, чтобы создавалась горизонтальная составляющая тяги. В результате был сделан вывод, что для вертолета уравнивать реактивный момент от воздушного винта крыльчатыми устройствами не целесообразно.

Широко использовали ученики Н. Е. Жуковского в своих исследованиях так называемые инерционные модели. Эти модели запускались в полет путем раскручивания деревянной оси воздушного винта или с помощью специального станочка из катушки. На таких моделях, казалось бы игрушечных, удалось решить вторую задачу — выявить, как обеспечить простым способом горизонтальное движение вертолета. Оказалось, для этого достаточно наклонить ось вращения воздушного винта несколько вперед, в сторону требуемого движения аппарата.

Третья задача — обеспечение плавного спуска вертолета — также была решена с помощью этих винтокрылых моделей. Вот что пишет по этому поводу Б. Н. Юрьев в статье «История вертолетов»<sup>5</sup>.

«Опыты над простейшими моделями с первых же шагов показали, что винты способны хорошо планировать. Для изучения этого мы запускали нашу «летающую палочку» с третьего этажа аэродинамической лаборатории. Моделька взлетала и затем, имея большой запас высоты, падала вниз. Обычно падение было беспорядочным, но в нескольких опытах получалось так, что винт сперва останавливался, а затем начинал вращаться, но уже в другую сторону. Когда автор для более длительного полета взял модель с малым шагом и закрутил ее сразу в обратную сторону, модель начала, снижаясь, набирать скорость полета и увеличивать число оборотов, и, так как ее ось была первоначально наклонной, она стала уверенно планировать и упала во дворе Технического училища, пролетев значительное расстояние по горизонтали. Когда мы рассказали об этом Жуковскому, он объяснил, что здесь наблюдается явление авторотации\* и указал на свои работы...

\* Авторотация (гр. *autos* — сам + лат. *rotatio* — вращение). Здесь — свободное вращение воздушного винта под действием набегающего потока воздуха.

Эти опыты показали также, что безопасный спуск геликоптера должен производиться не на заторможенном винте, а на винте авторотирующем».

В 1910 году на простейшей модели — «летающей палочке» Б. Н. Юрьев отработал систему самобалансирующихся лопастей со стабилизаторами. Эти лопасти могли менять угол установки, поворачиваясь вокруг оси, идущей радиально по их длине, и в случае принудительного вращения самостоятельно устанавливались на большие углы. При свободном же вращении (авторотации) они перебалансировывались на малые углы. Стабилизатор представлял из себя следующее. Поперек обеих лопастей размещалась спица с укрепленными на концах грузами из свинца. Грузы создавали при вращении мощный гироскопический момент, способствовавший устойчивому полету модели.

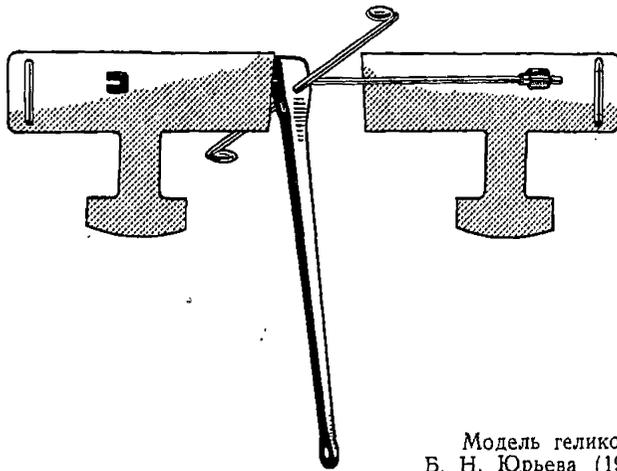
Модель прекрасно летала и, достигнув наибольшей высоты, свободно переходила в авторотацию. Следует заметить, что аналогичное устройство с инерционными грузами с большим успехом было применено через 40 лет — в 1950 году — на несущем винте вертолета фирмы «Белл» США.

Поскольку опыты с простейшими моделями геликоптеров показали, что уравнивание реактивного момента от вращения несущего винта с помощью крыльчатых устройств не целесообразно, Б. Н. Юрьев в поисках другого способа уравнивания пришел к идее вертолета с одним несущим винтом и с рулевым хвостовым винтом. Простейшие опыты подтвердили ее правильность. Запуски моделей показали, что несущий винт, который дает тягу, обеспечивающую подъем аппарата вверх, может при уменьшении углов установки лопастей гарантировать плавный спуск на режиме самовращения после того, как двигатель прекратил работу. Кроме того, опыты выявили, что если существует наклон тяги вперед, возникает горизонтальное движение аппарата.

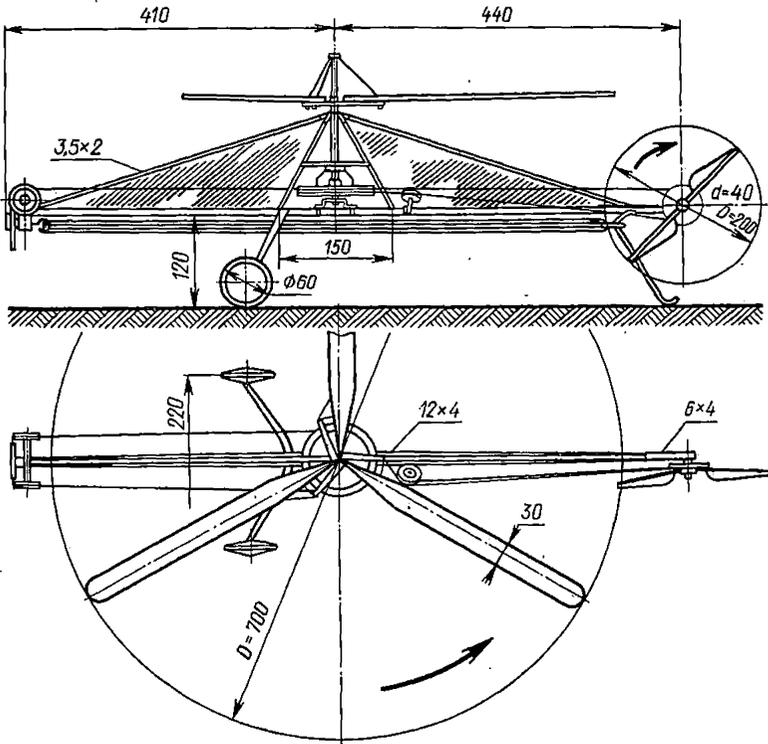
Сопоставляя все эти факты, конструктор пришел в 1911 году к выводу о необходимости изменять в полете углы установки лопастей несущего винта как синхронно на обеих лопастях, так и циклично по мере их вращения. Углы установки лопастей можно было менять рычагами управления. Поставив перед собой такую задачу, Б. Н. Юрьев пришел к идее автомата-перекоса.

Так опыты с простейшими летающими моделями геликоптеров создали научно-технические предпосылки для двух крупных нововведений в авиационной технике — к схеме вертолета с одним несущим винтом и рулевым хвостовым винтом и автомата-перекоса <sup>6</sup>.

В конце 20-х годов в ЦАГИ развернулась интенсивная деятельность по созданию первых советских вертолетов. Среди предварительных исследований проводились многочисленные



Модель вертолета  
Б. Н. Юрьева (1910 год).



Резиномоторная модель вертолета Г. Миклашевского (1930 год).

опыты с резиномоторными одновинтовыми моделями вертолетов. Их строил молодой, но опытный авиамоделист Георгий Миклашевский. Вскоре ему стал помогать Олег Гаевский. Сейчас Г. В. Миклашевский — кандидат технических наук, известный специалист по проектированию экспериментальных установок, О. К. Гаевский — руководитель цеха на одном из ведущих предприятий авиапромышленности, мастер спорта СССР по авиамоделизму.

На моделях, построенных авиамоделистами, была отработана система курсового управления вертолетом с помощью рулевых хвостовых винтов, выявлена необходимость двойных рулевых винтов — спереди и сзади, что и было применено на первом советском вертолете ЦАГИ-1-ЭА.

Резиномоторные модели, созданные Г. В. Миклашевским, использовались также для исследования динамики перехода несущего винта вертолета с моторного полета на режим авторотации. Уже в послевоенные годы Г. В. Миклашевский создал детальный проект резиномоторной модели вертолета, в основу которой была положена конструкция экспериментальных моделей, строившихся в конце 20-х годов в ЦАГИ<sup>7</sup>. На ней была применена необычная для резиномоторной модели схема с одним несущим винтом и рулевым хвостовым винтом. Крутящий момент от резиномотора, идущего вдоль рейки фюзеляжа, передавался на вертикальную ось трехлопастного несущего винта и на рулевой хвостовой винт посредством «ременной» передачи из обычных швейных ниток, натертых канифолью. Лопастя несущего винта после окончания работы резиномотора автоматически переходили на малый угол установки и при этом включался свободный ход несущего винта. Все это давало модели возможность спланировать на посадку.

Нашим читателям, авиамоделистам, мы рекомендуем повторить и «летающую палочку» Б. Н. Юрьева, и резиномоторную модель вертолета по проекту Г. В. Миклашевского.

В 1932 году вертолет ЦАГИ-1-ЭА, построенный в Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ) в Москве по схеме Б. Н. Юрьева с применением автомата-перекоса, впервые в мире выполнил продолжительные управляемые полеты. 14 августа 1932 года один из строителей этой удивительной для тех лет машины А. М. Черемухин взлетел на ЦАГИ-1-ЭА на высоту 600 м. В ту пору мировой рекорд высоты полета на вертолете принадлежал итальянцу Асканио и составлял всего 18 м. Таким образом, 1932 год можно считать годом рождения вертолета как транспортной машины.

В 1939—1940 годах у нас в стране под руководством главного конструктора И. П. Братухина была начата работа по созданию вертолетов так называемой поперечной схемы, т. е. машин с двумя несущими винтами — слева и справа от фюзеляжа. В связи с этим однажды возникла необходимость прове-



Модель вертолета Г. Герляха (1938 год).

речь о устойчивости такой схемы на летающей модели. В вертолетной лаборатории Военно-воздушной академии имени Н. Е. Жуковского, на кафедре аэродинамики, которой руководил Б. Н. Юрьев, инженером Г. Герляхом и авиамodelистом Л. Берсом была построена летающая модель вертолета с приводом на оба трехлопастных несущих винта. Силовой установкой этой модели служил одноцилиндровый поршневой двигатель АММ-1<sup>8</sup>.

Модель Г. Герляха имела четырехгранный фюзеляж, набранный из шпангоутов и стрингеров и обтянутый папиросной бумагой. Лопасти несущих винтов были вырезаны из липы, снабжены облегчительными прорезями и также обклеены папиросной бумагой. В центре фюзеляжа размещался двигатель, укрепленный на мотораме, представляющей собой два дюралюминиевых кронштейна. На его валу укреплялся деревянный шкив и дюралюминиевый маховик для заводки. Перед двигателем располагался трехлопастный вентилятор диаметром 40 мм для охлаждения цилиндра. Привод на вентилятор и несущие винты (диаметром 0,64 м) осуществлялся круглым ремнем от шкива. Передаточное число от вала двигателя как на вал вентилятора, так и на валы несущих винтов составляло 3:1.

Общая полетная масса модели составляла 830 г при емкости бака с горючим 53 см<sup>3</sup>. Такой запас горючего гарантировал продолжительность работы двигателя в течение 20 мин. При нормальной работе двигателя тяга обоих винтов составляла 1300 г.

Модель многократно запускали в закрытом помещении на привязи. Результаты опытов помогли советским конструкторам успешно решить многие вопросы устойчивости винтокрылых аппаратов такого типа.

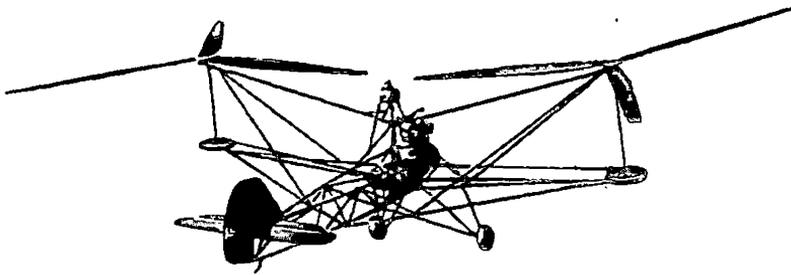
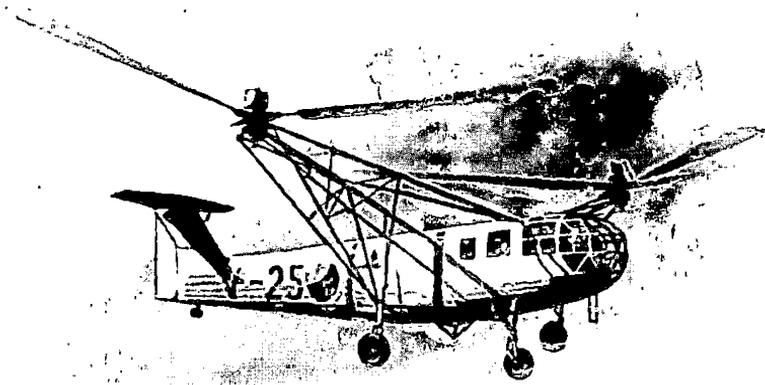
12 марта 1948 года на пражском военном аэродроме впервые чехословацким летчиком был поднят в воздух вертолет. Полет проходил на винтокрылой машине VR-3-1 поперечной схемы с двигателем воздушного охлаждения мощностью 736 кВт (1000 л. с.) со взлетной массой 4300 кг. Это был один из аппаратов, построенных опытной серией в 1940 году в Германии и попавший в Чехословакию как трофейное имущество<sup>9</sup>.

Весьма любопытна история создания этого вертолета. Многие элементы его конструкции разрабатывались на основе экспериментов с летающими моделями. Одной из предшественниц VR-3-1 была экспериментальная одноместная машина FA-61. Ее первый успешный полет состоялся в 1937 году, через 5 лет после рекордных стартов советского вертолета ЦАГИ-1-ЭА. Устойчивость FA-61 при горизонтальном полете, динамика полета, парашютирование при авторотации — все это было предварительно исследовано на летающей модели «Фокке-Ахгелис», снабженной бензиновым двигателем мощностью 0,515 кВт (0,7 л. с.). Модель при запусках поднималась на высоту 15—18 м<sup>10</sup>.

Начиная с 1943 года, и особенно в послевоенное время, широкое распространение во всем мире получили вертолеты с одним несущим винтом и рулевым хвостовым винтом. Летающая модель неоднократно помогала инженерам в решении многих важных проблем конструкции несущего винта этого аппарата.

В 1950 году инженер А. Янг, сотрудник вертолетной фирмы «Белл» (США), предложил применять для двухлопастного несущего винта простейший автомат устойчивости. Он состоял из поперечного (относительно лопастей) стержня, имеющего на концах грузы, которые под влиянием центробежных сил устанавливали стержень при вращении в горизонтальной плоскости. Система кинематических связей, соединявшая этот стержень с лопастями вертолета, обеспечивала такое изменение углов установки лопастей в процессе вращения, которое гарантировало устойчивый полет аппарата. Действие этого автомата А. Янг предварительно проверил на летающей модели вертолета с электромотором, получающим питание от источника, размещенного на земле.

Автомат устойчивости Янга с успехом использовался затем на винтокрылых машинах, но особенно широкое применение нашел в вертолетном моделизме. В 1969 году немецкий авиамоделлист инженер В. Шлюттер использовал его на радиоуправляемой модели вертолета, имеющей двухлопастный несущий



Вертолет поперечной схемы и модель «Фокке-Ахгелис» с поршневым двигателем (1935 год).

ший винт диаметром 1720 мм, рулевой хвостовой винт, плоский схематизированный фюзеляж, шасси с сильно увеличенной колеей и с вынесенным вперед носовым колесом и двигатель внутреннего сгорания с рабочим объемом 10 см<sup>3</sup>. Модель хорошо вела себя как в радиоуправляемом, так и свободном полетах. С тех пор аналогичные модели получили широкое распространение во всем мире. Строят и испытывают их и в нашей стране. Например, в 1978 году такая модель была представлена на Всесоюзных авиамodelьных соревнованиях «Эксперимент-78», проходивших в городе Ижевске.

Автомат устойчивости Янга настолько хорошо показал себя на радиоуправляемых моделях, что американские моделисты стали успешно применять его и на резиномоторных конструкциях.

Инженеры-вертолетостроители охотно используют радиоуправляемые модели вертолетов, когда нет возможности

провести исследование другим способом. Например, их с успехом применяли для исследования динамики полноразмерного аппарата при «отстреле» (отбросе) его лопастей. «Отстрел» лопастей вертолета нужен в аварийной ситуации или боевой обстановке, когда возникает необходимость покинуть машину с парашютом. При работающем несущем винте это небезопасно, так как парашютиста может ударить лопасть. Чтобы этого не произошло, конструкторы предложили «отстреливать» лопасти по команде пилота. И тогда потребовалось выяснить, как поведет себя вертолет, сможет ли экипаж вовремя покинуть падающую машину. Для исследования этих вопросов и были использованы в 1975 году западногерманской фирмой DFVLR радиоуправляемые модели вертолетов. Результаты экспериментов, снятые на кинолентку, послужили основой для проектирования средств спасения экипажа<sup>11</sup>.

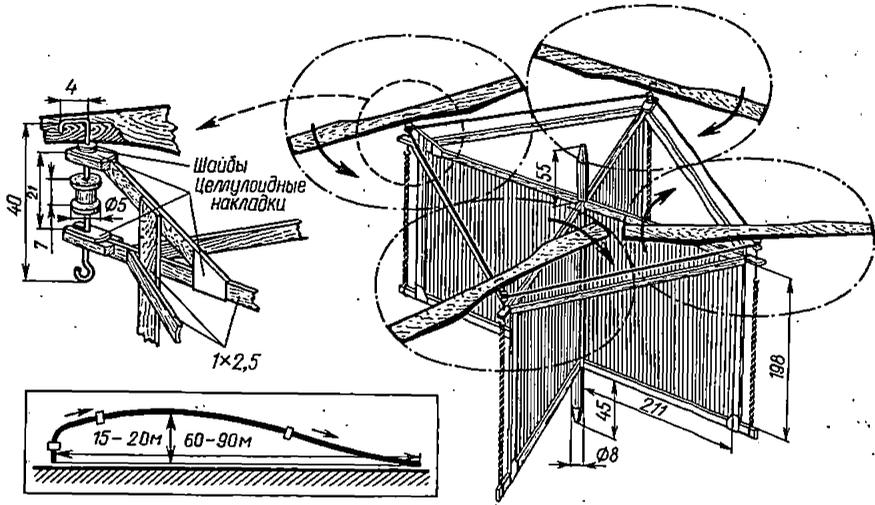
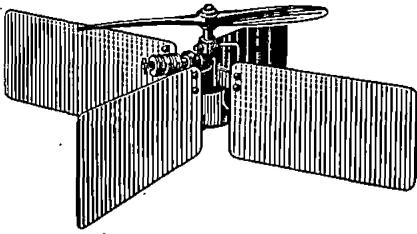
С начала 50-х годов пытливая конструкторская мысль упорно работала и над проблемой вертикального самолета-конвертоплана.

Конвертоплан — это такой аппарат, который может взлетать с места, подобно вертолету, а затем превращаться в самолет. В начальный период работы ученые и конструкторы предполагали, что наиболее целесообразно будет создавать такие машины в виде обычного самолета, но с увеличенным по диаметру воздушным винтом. Подобный аппарат, имея большой запас тяги, стартует вертикально, а затем переходит на горизонтальный — самолетный — полет. В начале 60-х годов за рубежом было построено и испытано несколько одноместных машин такого типа.

Проблемой конвертоплана в 1952—1954 годах занималась группа ученых кафедры летательных аппаратов вертикального взлета Московского авиационного института, которой руководил тогда академик Б. Н. Юрьев. В экспериментальной лаборатории по исследованию вопросов динамики конвертоплана с энтузиазмом работали и многие студенты МАИ — любители авиамоделизма. Для своих опытов они выбрали свободнолетающие модели с резиномотором и с поршневыми двигателями. Запуски конвертопланов выявили возможные формы траекторий полета этих необычных аппаратов.

Наиболее интересными оказались две модели: одна — с поршневым компрессионным двигателем К-16 с рабочим объемом 2,5 см<sup>3</sup>, другая — с резиномотором. На модели с поршневым двигателем все детали — четыре дюралюминиевых открылка, бачок для горючего, двигатель, воздушный винт небольшого шага — соединялись на моторной раме. Этот аппарат 12 апреля 1954 года установил первый мировой рекорд продолжительности полета модели вертолета, равный 2 мин 49 с. Его создателем был студент Марат Тищенко, ныне — генеральный конструктор вертолетов<sup>12</sup>.

Модель вертолета с поршневым двигателем М. Тищенко.



Резиномоторная модель конвертоплана и траектория ее полета.

Резиномоторная модель имела четыре одинаковых винтомоторных группы, каждая из которых состояла из 10 нитей резиновой ленты сечением  $1 \times 1$  мм и воздушного винта малого шага диаметром 395 мм. Модель имела крыло крестообразной формы плоского профиля. В центре крыла располагалась стартовая рейка. Рейками соединялись между собой поверху и отдельные открылки. Для того чтобы все четыре винта работали синхронно, на их валах укреплялись на клею БФ-2 деревянные шкивы-катушки, которые охватывались одним витком связывающей нити.

Резиномоторы заводились с хвостовой стороны специальной заводной ручкой. Для запуска одновременно всех четырех винтов применялась стартовая крестовина, удерживавшая винты от раскручивания. При старте модели это устройство быстро приподнималось, и все винты одновременно включались в работу. Резиномоторная модель конвертоплана хорошо летала,

достигая высоты 20 м. Дальность полета в безветренную погоду составляла до 100 м. Модель эта была построена студентом А. Васильевым, Сегодня он — доцент МАИ, кандидат технических наук.

Благодаря многочисленным запускам экспериментальных моделей конвертопланов удалось установить зависимость изменения некоторых параметров их движения от конструктивных данных.

### ЛЕТАЮЩИЕ «ПАРАБОЛЫ» И «ТРЕУГОЛЬНИКИ»

25 января 1931 года в Колонном зале Дома союзов открылся IX съезд ВЛКСМ, который принял шефство над Военно-Воздушными Силами страны. Вечернее торжественное заседание съезда с представителями ВВС РККА открылось символически. С галереи авиамоделистами были одновременно запущены в полет 500 крохотных бумажных планеров. Воздушная «армада» плавно снизилась в партер зала и... на стол президиума. На крыльях моделей было написано: «Привет участникам IX съезда ВЛКСМ от советских авиамоделистов». В зале долго не смолкали аплодисменты делегатов и гостей.

Все планеры были сделаны из плотной открыточной бумаги в форме параболического «летающего крыла» с размахом 120 мм. Нос модели был загружен обычной канцелярской скрепкой; задняя кромка крыла слегка отогнута кверху.

Как возникла идея запуска этих летающих «парабол»?

В нашей стране впервые в мире в 1924 году был осуществлен полет планера, а в 1926 году самолета-моноплана типа «летающее крыло». Сконструировал и планер БИЧ-2, и самолет-моноплан БИЧ-3 изобретатель Борис Иванович Черановский. Он выбрал для своих аппаратов крыло, имеющее при виде сверху форму параболы. Такая форма обеспечивала наибольший внутренний объем крыла, что позволяло разместить в его толще полезный груз, а значит, обойтись без фюзеляжа, который увеличивает вредное воздушное сопротивление и массу летательного аппарата.

На самолете БИЧ-3 с маломощным мотором «Блекберн» мощностью 13,2 кВт (18 л. с.) Б. Н. Кудрин осуществил несколько полетов, достигнув в одном из них продолжительности 8 мин. В 1932 году Б. И. Черановский создал двухместный самолет «Парабола БИЧ-7А» со звездообразным двигателем мощностью 73,6 кВт (100 л. с.). Новый самолет успешно прошел весь цикл летных испытаний, его пилотажные характеристики получили высокую оценку, а конструктор машины был удостоен правительственной награды — ордена Красной Звезды.

Благодаря экспериментам Б. И. Черановского, его увлечению аппаратами с параболическими крыльями у юных авиамо-

делистов Москвы и возник замысел приветствовать участников IX съезда ВЛКСМ своеобразными листовками в виде летающих «параболов».

Борис Иванович Черановский — человек незаурядных творческих дарований, изобретатель-новатор — проектировал «летающие крылья» самых разнообразных очертаний — параболические, треугольные, треугольные со стреловидными законцовками. Свои идеи конструктор проверял на моделях из плотной бумаги. Загрузкой служил каплеобразный фюзеляж из пластилина, размещавшийся в передней части крыла.

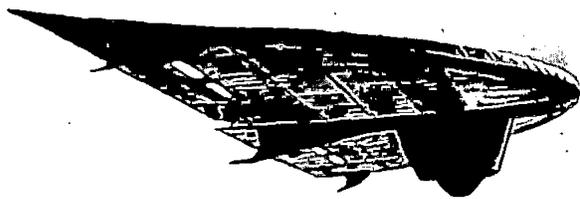
В 1928 году после опытов с бумажными моделями Б. И. Черановский создал планер БИЧ-8 с треугольным крылом при виде сверху. БИЧ-8 оказался хорошо управляемым, устойчивым в полете аппаратом. Он стал первым в мире планером с таким крылом, прошедшим летные испытания. Среди испытателей БИЧ-8 был Сергей Павлович Королев, который предложил установить на нем жидкостный ракетный двигатель. Было запланировано установить такой двигатель конструкции Ф. А. Цандера на планер БИЧ-11 — дальнейшую модернизацию БИЧ-8, — но неожиданная смерть Ф. А. Цандера помешала осуществлению этого замысла.

Несколько позже, в 1933 году, Б. И. Черановский построил с треугольной формой крыла еще один планер — БИЧ-12 и два самолета с такими крыльями — БИЧ-20 в 1938 году и БИЧ-21 в 1940-м.

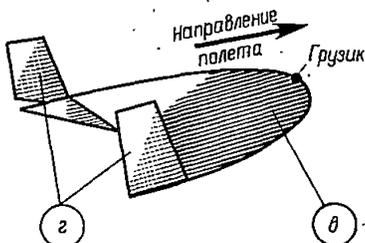
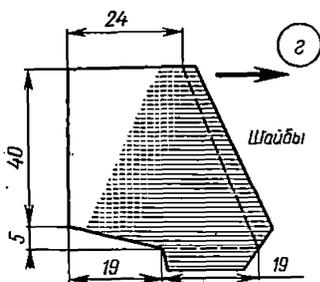
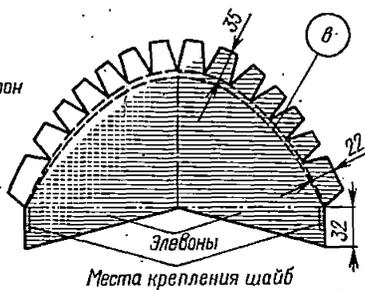
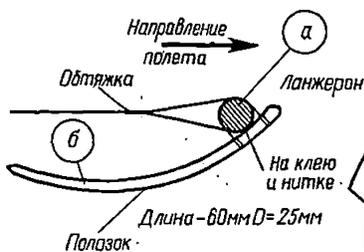
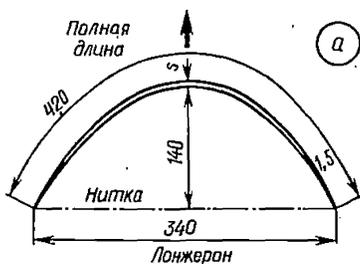
В 1946 году успешные опыты с летающими моделями и уже созданные планеры и самолеты привели Б. И. Черановского к мысли применить схему «летающее крыло» для сверхзвукового самолета. После испытаний на моделях она была опробована на экспериментальном одноместном планере БИЧ-22, приспособленном для выполнения фигур высшего пилотажа. В 1948 году БИЧ-22 принял участие в воздушном параде в Тушине. Молодой летчик Игорь Петров продемонстрировал на нем целый каскад фигур высшего пилотажа. Этот необычный аппарат уже тогда, больше трех десятилетий назад, предсказал конструктивные формы сверхзвуковых самолетов типа «летающее крыло» сегодняшнего дня — ТУ-144, «СААБ-Дракен», «Конкорд» и др.

За рубежом треугольное «летающее крыло» было использовано значительно позднее, чем у нас в стране. В Германии первый планер с ним появился лишь в 1930 году. Его создал исследователь и конструктор А. Липпиш.

Над проблемой создания самолета типа «летающее крыло» А. Липпиш работал с 1924 года. Первые опыты он провел с летающими моделями планеров, имеющими размах крыльев около 2 м, с целью выявить наиболее целесообразную схему такого аппарата с точки зрения устойчивости в полете. Модели запускались с катапульты с помощью резиновых лент. Ана-



Модель планера «Парабола» (1925 год) (внизу) и планер БИЧ-2 в полете.



логичные эксперименты проводились и с пороховыми ракетными двигателями. Лучшей оказалась модель с крылом, имевшим удлинение порядка 8, угол стреловидности около  $20^\circ$ , а также кили в виде шайб на концах крыла. По ее схеме А. Липпиш в 1925 году построил и испытал в полете миниатюрный одноместный планер «Эксперимент-64» со свободносущим крылом размахом 10 м<sup>13</sup>. Затем, в 1927 году, он создал одноместные планеры с подкосным крылом — «Шторх II» и его модификацию «Шторх III». Эти планеры по геометрии крыла повторяли летающую модель со стреловидным крылом.

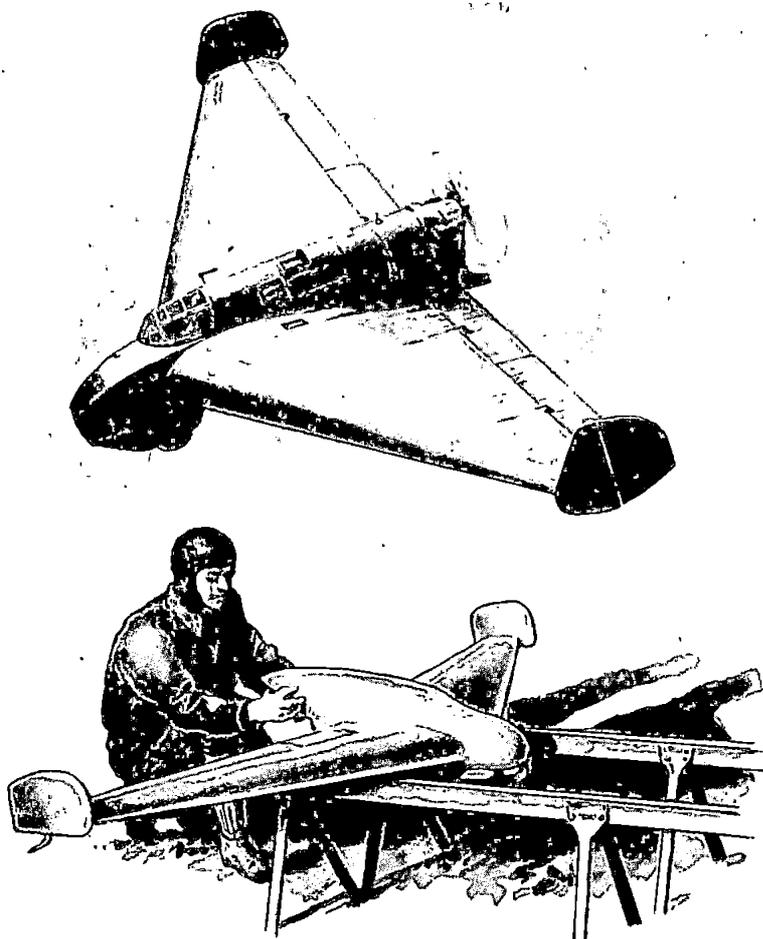
Пилотажные свойства «Шторх III» оказались настолько хорошими, что А. Липпиш переоборудовал его в самолет «Шторх IV», снабдив двигателем мощностью 10,3 кВт (14 л. с.), вращавшим толкающий воздушный винт. В 1929 году известный немецкий планерист Г. Гренхофф совершил на «Шторхе IV» перелет с Ронских холмов на берлинский аэродром «Темпельхофф», где самолет был продемонстрирован авиационным специалистам.

Затем конструктор начал поиски такой формы «летающего крыла», которая дает наибольший внутренний объем для размещения полезных грузов. Оказалось, что им является крыло треугольной формы с удлинением около 6, с прямой задней кромкой и вертикальным оперением на концах. Модели с таким крылом размахом 2 м дали отличные характеристики устойчивости в полете, и А. Липпиш принял решение о создании вначале аналогичного двухместного планера, а затем и легкого самолета.

В 1930 году А. Липпиш испытал свой двухместный планер с треугольным крылом. Пилотировал аппарат снова Г. Гренхофф. Летчик высоко оценил его устойчивость и управляемость.

Весной 1931 года этот планер переоборудовали в легкий двухместный самолет с двигателем «Черуб» мощностью 26,4 кВт (36 л. с.), вращавшим толкающий воздушный винт. Машина, получившая название «Дельта-1», имела трехколесное шасси с управляемым носовым колесом. Во время испытаний Г. Гренхофф с большим успехом продемонстрировал ее летные и пилотажные качества.

А. Липпишу не удалось реализовать свою мечту — создать по образу и подобию «Дельты-1» пассажирский самолет. Объяснялось это тем, что на разработку и создание подобной воздушной машины требовались большие средства, а в гитлеровской Германии все ресурсы страны шли на подготовку к войне, и самолетостроительные фирмы занимались выполнением только военных заказов. Конструктор был вынужден довольствоваться лишь постройкой экспериментальных одноместных машин.



Модель А. Липпиша и самолет «Дельта» (1930 год).

### ТЕОРИЯ ПОДОВИЯ И АВИАМОДЕЛИ

Как мы убедились на приведенных примерах, опыт создания экспериментальных образцов летательных аппаратов подтверждает, что очень полезно проверять их летные качества на специальных летающих моделях. Такие модели, используемые для научного эксперимента, успешно позволяют анализировать те летные и пилотажные характеристики самолетов, которые проявляются на режимах малых скоростей, т. е. при взлете и посадке.

Но чтобы эксперимент с летающей моделью дал достоверные результаты, характер полета модели должен быть подобен характеру полета самолета. А для этого, во-первых, число Рейнольдса при опытах с такими моделями должно быть равно числу Рейнольдса соответствующего эксперимента в современной аэродинамической трубе. Поскольку эксперимент в аэродинамической трубе и запуск летающих моделей происходят в условиях непосредственной близости к земной поверхности, то вместо числа Рейнольдса можно с достаточной степенью точности применять в расчетах так называемую «характеристику опыта»  $E$ :

$$E = v \cdot b, \quad (1)$$

где  $v$  — скорость потока относительно крыла, м/с;  $b$  — длина хорды, м.

Следовательно, чтобы конструкторы самолетов могли уверенно ориентироваться на результаты опытов с летающими моделями, необходимо соблюдать равенство:

$$E_{\text{мод}} = E_{\text{прод}}. \quad (2)$$

Во-вторых, необходимо, чтобы траектория полета модели была подобна траектории движения самолета. Выполнение этого условия достигается соблюдением подобия самолета и модели по Фруду. Это подобие сводится к тому, что масштаб уменьшения линейных размеров  $m$  самолета при постройке модели должен быть равен соотношению квадратов скоростей самолета и модели:

$$m = \frac{l_{\text{мод}}}{l_{\text{сам}}} = \frac{v_{\text{мод}}^2}{v_{\text{сам}}^2}, \quad (3)$$

где  $l_{\text{мод}}$  — размах крыла модели, м;  $l_{\text{сам}}$  — размах крыла самолета, м;  $v_{\text{мод}}$ ,  $v_{\text{сам}}$  — скорости модели и самолета, м/с.

Используя формулу  $E = v \cdot b$ , получим:

$$E_{\text{прод}} = v_{\text{мод}} \cdot b_{\text{мод}}. \quad (4)$$

Отсюда скорость полета модели

$$v_{\text{мод}} = \frac{E_{\text{прод}}}{b_{\text{мод}}}. \quad (5)$$

Применив формулу масштаба уменьшения линейных размеров по Фруду и последнюю формулу, можем написать следующее равенство:

$$m = \frac{v_{\text{мод}}^2}{v_{\text{сам}}^2} = \frac{E_{\text{мод}}^2}{b_{\text{мод}}^2 \cdot v_{\text{сам}}^2}. \quad (6)$$

Скорость как самолета, так и модели определяется по формуле:

$$v = \sqrt{\frac{(G/S) \cdot 2}{\rho C_Y}} \quad (\text{м/с}), \quad (7)$$

где  $G/S$  — нагрузка на крыло, кг/м<sup>2</sup>;  $C_Y$  — коэффициент подъемной силы крыла;  $\rho$  — плотность воздуха в нормальных атмосферных условиях (0,125 или 1/8 кгс<sup>2</sup>/м).

Подставив в формулу 6 развернутое значение  $v_{\text{сам}}$ , получим:

$$m = \frac{E_{\text{прод}}^2 \rho C_Y}{b_{\text{мод}}^2 (G/S)_{\text{сам}} \cdot 2}. \quad (8)$$

Так как геометрия летающей модели подобна геометрии самолета, удлинение крыла у модели и самолета одинаково:

$$\lambda_{\text{мод}} = \lambda_{\text{сам}} = \frac{l_{\text{мод}}}{b_{\text{мод}}}. \quad (9)$$

Отсюда можно определить величину средней ширины крыла модели:

$$b_{\text{мод}} = \frac{l_{\text{мод}}}{\lambda}. \quad (10)$$

Выразим размах крыла модели через размах крыла самолета и масштаб уменьшения самолета для модели:

$$l_{\text{мод}} = m l_{\text{сам}}. \quad (11)$$

Подставим полученное выражение в формулу 9

$$b_{\text{мод}} = \frac{m l_{\text{сам}}}{\lambda}. \quad (12)$$

Заменим в формуле 8 значение  $b_{\text{мод}}^2$ , исходя из формулы 12:

$$m = \frac{E_{\text{прод}}^2 \rho C_Y S_{\text{сам}} \lambda^2}{l_{\text{сам}}^2 m^2 G_{\text{сам}} \cdot 2}. \quad (13)$$

Проведя соответствующие преобразования формулы 13 с учетом того, что  $\lambda = \frac{l_{\text{сам}}^2}{S_{\text{сам}}}$ , а также того, что плотность воздуха у земли = 1/8 кгс<sup>2</sup>/м, придем к выражению:

$$m = \sqrt[3]{\frac{E_{\text{прод}}^2 \lambda C_Y}{16 G_{\text{сам}}}}. \quad (14)$$

В аэродинамической трубе, в которой можно исследовать взлетно-посадочные режимы самолетов, скорость потока достигает 30 м/с, а максимально допустимая ширина крыла (длина

хорды) — порядка 0,2 м. Таким образом, характеристика опыта при продувке будет равна;

$$E_{\text{прод}} = V_{\text{прод}} \cdot b_{\text{прод}} = 30 \cdot 0,2 = 6 \text{ м}^2/\text{с}.$$

Используя эту величину в формуле 14, получим рабочую формулу для подсчета масштаба уменьшения самолета для модели:

$$m = 1,31 \sqrt[3]{\frac{\lambda C_Y}{G_{\text{сам}}}}$$

Если мы выберем масштаб уменьшения самолета для модели по этой формуле, то сможем удовлетворить условию подобия динамики движения самолета применительно к модели, но при обязательном дополнительном условии: моменты инерции модели должны быть подобны моментам инерции самолета.

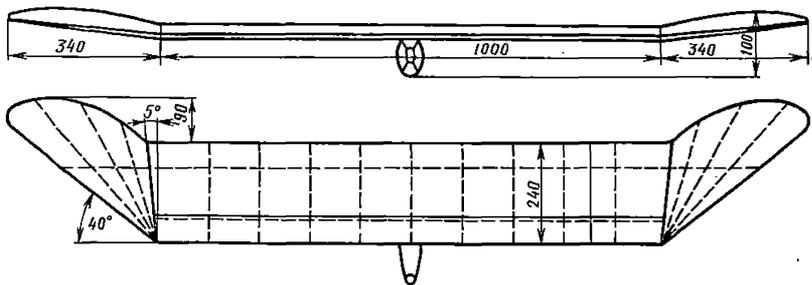
Для полного подобия поведения самолета и модели в полете необходим подбор конструкции последней таким образом, чтобы моменты инерции модели вокруг всех трех осей, проходящих через ее центр тяжести, были подобны моментам инерции самолета вокруг тех же осей. Чтобы достичь этого, надо выполнять следующие условия. Если линейные размеры самолета для модели уменьшаются в  $m$  раз, то площади уменьшаются в  $m^2$ , а массы уменьшаются в  $m^3$  раз. Момент же инерции, как сумма произведений элементарной массы на квадрат расстояния от центра тяжести элементарной массы до центра тяжести модели, уменьшится в  $m^5$  раз.

Подсчет момента инерции для летающей модели следует производить одновременно с расчетным определением положения центра тяжести.

## ПАРЯЩИЕ ПАРУСА

Дельтапланеризм, получивший такое широкое распространение в последние годы, своим рождением в известной мере обязан предварительным экспериментам с летающими моделями.

В 1928 году Р. Шууль, хозяин мясной лавки в Магдебурге, увлекся планерным спортом, очень популярным в то время в Германии. Будучи от природы человеком изобретательным, он решил сам спроектировать и построить планер. Не располагая, возможно, достаточными для этого дела средствами, а может быть, в целях экономии их, Р. Шууль выбрал для своего аппарата схему типа «летающее крыло», где нет ни хвостового оперения, ни хвостовой части фюзеляжа. Крыло планировалось самое простое в изготовлении — с симметричным профилем, с постоянной шириной в центральной части, на торцах с



Модель планера Р. Шууля (1931 год).

законцовками конической формы, отклоненными под небольшим углом кверху. (Идея обеспечения продольной балансировки крыла посредством конически изогнутых стреловидных законцовок была Р. Шуулем впоследствии запатентована.)

Модель планера, выполненная по этой схеме, показала прекрасные летные качества. В 1931 году изобретатель построил свой одноместный планер с размахом крыла 14 м, на котором в следующем году выступил на национальных соревнованиях от города Магдебурга.

По сравнению с моделью полноразмерный аппарат имел на законцовках крыла элероны, выполнявшие функции рулей высоты, а в торцевых частях законцовок — вертикальные шайбы, игравшие роль килей и рулей направления.

В 1944 году эксперименты Р. Шууля и его новшества были подробно изложены в английском журнале «Эйркрафт-энжиниринг» в статье, посвященной аппаратам типа «летающее крыло»<sup>14</sup>. Статья эта появилась не случайно. В разных странах мира шел интенсивный поиск оптимальной схемы самолета под турбореактивный двигатель, и «летающее крыло» рассматривалось в качестве возможного претендента на оптимальный вариант решения проблемы. Наряду с этим у некоторых авиаконструкторов возникла идея транспортировать тяжелые крупногабаритные грузы по воздуху с помощью ультрапростого и дешевого планера, буксируемого самолетом с поршневым двигателем.

Инженеру-аэродинамику Ф. Рогалло, сотруднику научно-исследовательского института НАСА США, в прошлом авиамodelисту, пришла мысль использовать для этого планер Р. Шууля, упростив его до предела, т. е. убрав центральную часть, имевшую постоянную ширину, и соединив конусообразные изогнутые законцовки друг с другом. Получилась стреловидно-треугольная поверхность со своеобразной конической закрученностью, которая обеспечивала самобалансировку в продольном отношении. Кроме того, подобная форма гарантировала минимальную массу крыла, так как его можно было сде-

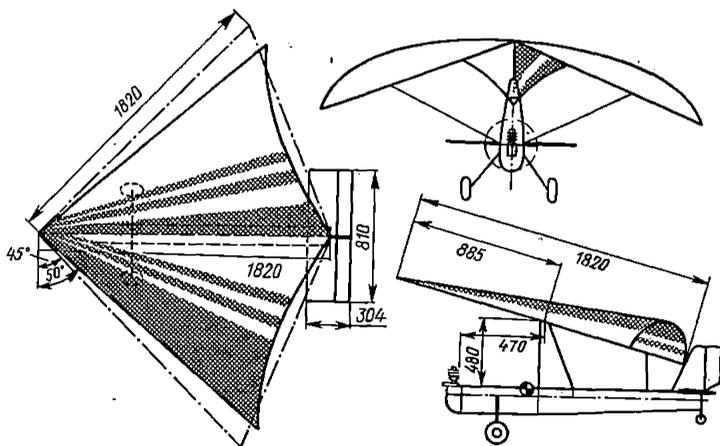
лать из плотной ткани с небольшим числом стержней в конструкции. Свою идею о простейшем самобалансирующемся парусном крыле Ф. Рогалло с успехом проверил на небольших летающих моделях планеров.

В 1952 году Ф. Рогалло поступил на работу в старейшую самолетостроительную фирму США «Райан аэроаутикал компани», создавшую в свое время знаменитый самолет «Дух Сен-Луи», на котором Ч. Линдберг в 1927 году впервые в мире в одиночку без посадки перелетел Атлантику. Здесь конструктор занялся осуществлением своей идеи самолета с парусным крылом<sup>15</sup>.

Ф. Рогалло начал с того, что построил и тщательно испытал в полете радиоуправляемую модель самолета с поршневым двигателем, снабженную мягким крылом. Крыло было треугольным, малого удлинения, с углом стреловидности 50° и длиной центральной хорды 1,82 м. Его образовывала поверхность из тонкой и прочной ткани, которая натягивалась на три жестко соединенные друг с другом в носке тонкие дюралюминиевые трубки (средняя — центральная нервюра, две крайние — лонжероны) и три расчалки (боковые шли от лонжеронов, центральная соединяла нервюру с фюзеляжем). Средняя трубка располагалась шарнирно на трехстоечном пилоне, прикрепленном к фюзеляжу, обычному для радиоуправляемых моделей самолетов начала 50-х годов — с тянущим винтом, двухколесным шасси и однокилевым оперением, снабженным рулем высоты и рулем направления. Управлялась модель отклонением руля высоты, руля направления и регулировкой оборотов двигателя. Можно было также менять угол установки крыла относительно фюзеляжа, изменяя длину центральной расчалки.

Модель показала при испытаниях хорошую устойчивость и управляемость. Кроме того, была выявлена возможность осуществлять продольное управление без участия горизонтального оперения, только путем изменения положения центра тяжести модели относительно крыла, что достигалось регулированием угла установки крыла на фюзеляже.

В 1959 году фирма «Райан» под руководством Ф. Рогалло построила одноместный экспериментальный самолет «Флексуинг» с парусным крылом и поршневым двигателем мощностью 132,3 кВт (180 л. с.), вращавшим толкающий винт. «Флексуинг» не имел руля высоты, а управлялся только перемещением центра тяжести относительно крыла и отклонением обычного руля направления. Полетная масса самолета составляла 500 кг, размах крыла — 12 м, площадь крыла — 51,55 м<sup>2</sup>, максимальная скорость — 97 км/ч, посадочная скорость — 40 км/ч. Однако неудачная в целом аэродинамика машины не сулила ей каких-либо преимуществ перед другими транспортными самолетами.



Радиоуправляемая модель с крылом Роголло и самолет Ф. Роголло.

Фирма «Райан» провела также успешные эксперименты по буксировке вертолетами беспилотных грузовых планеров с крылом Роголло.

К середине 50-х годов в авиации широкое распространение получили мощные турбовинтовые двигатели, которые позволили

создавать самолеты, способные перевозить в своих фюзеляжах тяжелые и крупногабаритные грузы. Благодаря этому обстоятельству интерес авиастроителей к использованию буксирных планеров для транспортировки грузов был утрачен. Потеряла актуальность и схема гибкого крыла Рогалло, предназначавшегося для такого планера.

Прошло не так много лет, и о «парусном крыле» вспомнили снова. Появилась идея использовать его как «парапланер» — своеобразный парашют для приземления космического аппарата под некоторым углом к вертикали. Стали проявлять интерес к гибкому крылу Рогалло и любители планеризма — как к средству создания дешевого и простого аппарата для массового спорта.

Объективности ради заметим, что нечто подобное создавалось и раньше. Еще в 1924 году голландец Рейнхольд Платц построил парусный планер типа «утка» и прекрасно на нем летал<sup>16</sup>. Конструкция этого аппарата также имела три стержня. На центральном, изогнутом в виде лыжи, сидел пилот. Основное крыло было треугольным с прямой передней кромкой. В руке, поднятой над головой, пилот держал конец переднего треугольного крыла-паруса, изменяя положение которого, он управлял аппаратом.

В 20—30-е годы аппарат Р. Платца не мог найти широкого распространения, так как основным спортивным показателем планеризма в тот период была продолжительность безмоторного полета. Для этого конструкторы уменьшили скорость снижения путем подбора меньшей нагрузки на крыло и за счет придания планеру более совершенных аэродинамических форм, в этих же целях стремились применять более узкие крылья и каплеобразный фюзеляж, в котором размещался пилот. Такие аппараты строили из легких пород дерева и обтягивали полотном. Они были весьма простыми по конструкции, летали же намного лучше планера Р. Платца. У аппарата Р. Платца наибольшее качество планирования составляло около 4. Это значит, что, например, с холма высотой 100 м он мог пролететь в тихую погоду 400 м. У обычного же планера тех лет это качество в среднем составляло 14.

В 60-е годы основным спортивным упражнением в планеризме стал полет на дальность с наименьшей затратой времени. Это привело к необходимости в условиях повышенной скорости полета, а значит, и повышенной нагрузки на крыло добиваться минимальной скорости снижения. Такое стало возможным только при использовании узкого крыла с предельно большим удлинением и профилем с малым лобовым сопротивлением. Мидель фюзеляжа уменьшился (пилот в кабине теперь располагался полулежа). Все это привело к строительству планеров из высо-

копренных и вместе с тем легких материалов, что существенно усложнило их конструкцию и увеличило стоимость.

Современный спортивный планер в результате всех подобных усовершенствований приобрел качество планирования порядка 40, но стал серьезным инженерным сооружением, изготавливаемым либо из дюралюминия, либо из пластмассы. Стоимость его стала не меньше, чем легкого цельнодеревянного самолета конца 30-х годов. Летать «в свое удовольствие» на столь дорогом аппарате стало не по средствам широкому кругу любителей безмоторного полета. Созданием же пробных планеров из фанеры и полотна перестали заниматься, поскольку на таких аппаратах невозможно осуществить основное спортивное упражнение современного планеризма — полет на дальнюю дистанцию с возможно большей скоростью.

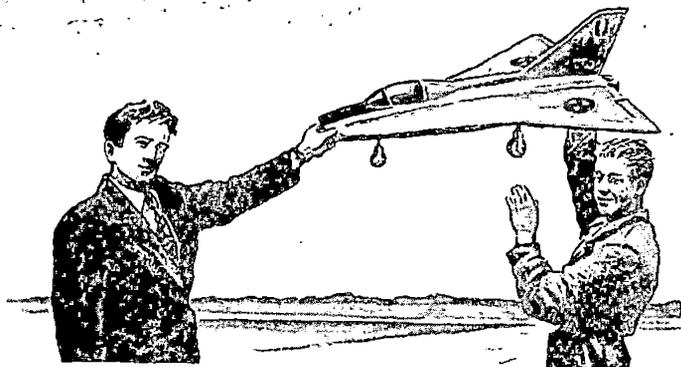
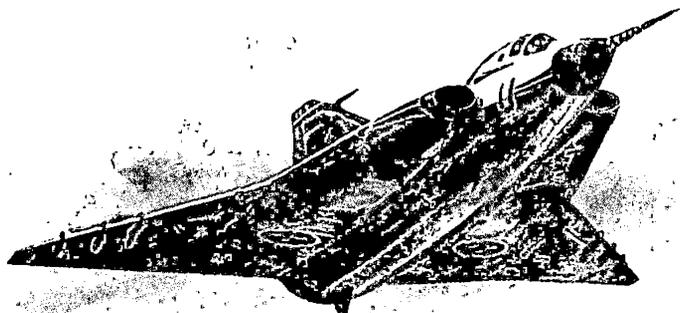
Таким образом, для многочисленных любителей безмоторного полета путь в воздух оказался закрытым. Вот тут-то простое по конструкции и чрезвычайно дешевое в производстве крыло Рогалло сыграло роль той отдушины, куда устремилась творческая мысль многочисленных любителей авиации во всем мире.

Первыми на крыле Рогалло стали летать планеристы США. Это было в начале 60-х годов. Планер с таким крылом снабжали сложной системой стоек, позволявшей пилоту, находящемуся в сидячем положении, легко перемещать свой корпус относительно жестких элементов конструкции крыла и тем самым управлять полетом. Стартовали обычно с крутых склонов гор и холмов. Позже опыты с крылом Рогалло стали проводить на юге Франции и в Италии, где планеристы взлетали прямо с водных лыж, разогнавшись предварительно за моторной лодкой.

К концу 60-х годов крыло Рогалло в планерном исполнении приобрело окончательно установившиеся конструктивные формы — формы балансирного планера с управлением путем изменения положения центра тяжести. Центр тяжести аппарата перемещал пилот, меняя положение своего тела на специальной трапеции треугольной формы, надежно прикрепленной к жесткой конструкции крыла. В таком виде крыло Рогалло получило название «дельтаплан» — за свое сходство с греческой буквой  $\Delta$  (дельта).

Дельтапланеризм сегодня популярен во всем мире. Регулярно проводятся чемпионаты мира и Европы по этому виду спорта. У нас в стране уже проходили встречи дельтапланеристов из многих городов.

Новый, увлекательнейший вид спорта во многом обязан своим рождением простой модели планера, удачно запущенной много лет назад рукой изобретательного авиамоделиста.



Кордовая модель самолета-истребителя СААБ и истребитель «СААБ-Дракен».

#### ЛАБОРАТОРИЯ ЛЕТАЕТ НА КОРДЕ

Шведская самолетостроительная фирма СААБ в конце 1950 года задумала начать постройку сверхзвукового самолета-истребителя типа «летающее крыло» необычной конструкции: предполагалось применить крыло малого удлинения и переменной по размаху стреловидности.

Для того чтобы выявить, как повлияют на летные характеристики оригинальные конструктивные формы, требовалось предварительно провести самые тщательные исследования в первую очередь в аэродинамических трубах как при малых, так и больших скоростях потока. Однако главного конструктора этого самолета, молодого, талантливого инженера Л. Бринсинга, в прошлом авиамоделиста, интересовали еще и вопросы динамики движения аппарата на взлетно-посадочных режимах.

Во время разбега самолета для перевода его на большие взлетные углы атаки требовалось создать продольный момент, поднимающий нос машины вверх. Для этого необходимо было закрылки, выполняющие функции рулей высоты, отклонять задней кромкой вверх. Но подобное действие приводит к сниже-

нию в начальный момент подъемной силы крыла. Взаимосвязь многих аэродинамических сил и моментов при разных параметрах органов управления и шасси требовала не только предварительного расчетного исследования, но и изучения возникающих при этом явлений путем специального эксперимента.

Уже в следующем году главный конструктор самолета начал серию экспериментов с кордовыми моделями в масштабе  $1/7$  натуральной величины самолета<sup>17</sup>. Каждая такая модель выглядела точной копией будущего самолета и снабжалась пульсирующим реактивным двигателем тягой 2,5 кг. Одновременно шла работа по проектированию экспериментального одноместного летающего макета, выполненного в масштабе  $1/2$  натуральной величины самолета. На нем предполагалось установить турбореактивный двигатель «Аддер ASA-1» фирмы «Армстронг-Сидли» тягой 480 кг.

Чтобы динамика движения летающей модели была подобна динамике движения полноразмерного самолета, требовалось не только выбрать уменьшение самолета для модели с соблюдением соответствующего числа Рейнольдса и подобия по Фруду, но и соответствующим образом смоделировать мощность двигательной установки. Как же выбирать масштаб подобного моделирования для самолета с винтомоторной установкой, имеющей поршневой двигатель?

Мощность  $N$ , связанная с движением самолета или его модели, есть сила тяги  $T$ , умноженная на скорость полета  $v$ . Сила тяги, как известно, может быть выражена в долях массы самолета или модели. Так как масштаб уменьшения массы самолета для модели определяется третьей степенью масштаба уменьшения линейных размеров (см. с. 69), то точно так же будет определяться и масштаб уменьшения тяги. Скорость полета, как мы ранее уже выяснили, выбирается для модели по скорости самолета, уменьшенной соответственно масштабу уменьшения линейных размеров в степени  $1/2$  (см. формулу 3 на с. 67). Следовательно, располагаемая мощность модели и самолета должны относиться как

$$\frac{N_{\text{мод}}}{N_{\text{сам}}} = \frac{T_{\text{мод}} v_{\text{мод}}}{T_{\text{сам}} v_{\text{сам}}} = m^3 m^{1/2} = m^{7/2},$$

где  $T_{\text{сам}}$  — тяга, создаваемая винтом самолета, кг;  $T_{\text{мод}}$  — тяга, создаваемая винтом модели, кг;  $v_{\text{сам}}$  — скорость полета самолета, м/с;  $v_{\text{мод}}$  — скорость полета модели, м/с;  $m$  — линейный масштаб уменьшения размеров самолета для модели.

Исходя из этого, мощность авиамодельного двигателя определяется по приближенной формуле:

$$N_{\text{мод}} = N_{\text{сам}} m^{7/2}$$

Если же на модели надо воспроизвести динамику движения самолета с турбореактивным или с турбовинтовым двигателем,

а в нашем распоряжении имеется только поршневой микродвигатель, то следует при выборе масштаба уменьшения мощности руководствоваться следующим методом.

Вначале производится подсчет условной мощности турбореактивного двигателя самолета путем умножения значения его тяги (кг) на взлетную скорость самолета (м/с). Результат делится на 52. В итоге получается мощность поршневого мотора, эквивалентного данному турбореактивному или турбовинтовому двигателю самолета.

В случае же если возможно использовать на модели пульсирующий реактивный двигатель, то тяга должна быть пропорциональной кубу уменьшения линейных размеров самолета для модели. Так, например, если тяга турбореактивного двигателя на первом экспериментальном самолете фирмы СААБ типа «Дракен» предполагалась при проектировании порядка 600 кг, а масштаб уменьшения линейных размеров самолета для модели был  $m=1/7$ , то пульсирующий реактивный двигатель должен был иметь минимальную тягу

$$T_{\text{мод}} = T_{\text{сам}} m^3 = 600 m^3 = \frac{600}{7^3} = \frac{600}{343} \approx 2 \text{ кг.}$$

Этот двигатель можно было бы заменить поршневым, мощность которого определить довольно просто. Предположим, что взлетная скорость экспериментального самолета «Дракен» составляла

$$v_{\text{турб}}^{\text{взл}} = 220 \text{ км/ч, т. е. } 60 \text{ м/с.}$$

Таким образом, эквивалентная мощность поршневого двигателя

$$N_{\text{порш}}^{\text{экв}} = \frac{T_{\text{турб}} v_{\text{турб}}^{\text{взл}}}{52} = \frac{600 \cdot 60}{52} \approx 700 \text{ л. с.}$$

Исходя из этого, определим мощность поршневого авиамодельного двигателя, которая обеспечила бы подобие модели полноразмерному самолету по располагаемой мощности

$$N_{\text{мод}} = N_{\text{порш}} m^{7/2} = \frac{700}{7^{7/2}} = \frac{700}{905} = 0,78 \text{ л. с.}$$

Такую мощность может развивать современный многообъемный авиамодельный двигатель объемом 5 см<sup>3</sup> с калильным зажиганием.

Но вернемся к самолетостроителям фирмы СААБ и их опытам с кордовыми моделями сверхзвукового самолета-истребителя типа «летающее крыло».

В центре кордодрома был установлен специальный вращающийся пульт, с помощью которого оператор-авиамоделист управлял моделью. На пульте имелась система замеров параметров, состоявшая из кинокамеры, снимавшей модель во время полета с фиксацией на пленку стрелки секундомера, и устройства,

обеспечивающего запись углов отклонения рулевых закрылков и дросселя управления двигателем по показаниям датчиков, регулирующих перемещение трех корд, которыми оператор управлял моделью.

Средняя продолжительность полета модели при эксперименте не превышала 22 мин, однако этого было вполне достаточно, чтобы провести пробную количественную оценку динамики продольного управляемого движения самолета с крылом новой конфигурации.

Такой эксперимент с летающей моделью можно рекомендовать и авиамоделистам. Он под силу любой авиамодельной лаборатории аэроклуба или СТК ДОСААФ, станции юных техников, Дворцу пионеров и школьников.

Перед летным экспериментом необходимо тщательно проверить и зафиксировать все весовые и геометрические данные модели. Особенно это касается фиксации расположения центра тяжести модели по длине средней аэродинамической хорды крыла. Должны также тщательно проверяться и тарироваться все элементы измерительной системы: датчики отклонения рулей и дросселя двигателя, система фиксации модели и секундомера на кинолентку. Каждый летный эксперимент в обязательном порядке протоколируется в специальном предназначенном для этого журнале. Такой журнал является неременным приложением к отчету о летном эксперименте с данной моделью.

## РАДИОУПРАВЛЯЕМЫЕ МИКРОГИГАНТЫ

Как ни парадоксально звучит название этого раздела, тем не менее оно отражает существо дела. При создании больших по размеру самолетов, с размахом крыла 30 м и более, иногда оказывается необходимым предварительно исследовать поведение такого гиганта в полете на небольшой свободнолетающей модели. Особенно если в конструкцию самолета введено какое-либо значительное усовершенствование, влияющее на динамические свойства аппарата.

К этому способу экспериментирования, как мы уже видели выше, прибегали многие конструкторы самолетов. Однако в последние годы, когда техника авиамоделизма заметно шагнула вперед, представилась возможность проводить такого рода эксперименты на более высоком научно-техническом уровне, с применением аппаратуры радиоуправления.

Уже вскоре после войны, в 1945—1947 годах, в США стали использовать радиоуправляемые летающие модели для отработки оптимальных обводов корпусов многомоторных летающих лодок. Постройка даже двухмоторной машины такого типа — дело весьма трудоемкое и дорогое. Но еще сложнее создать че-

тырехмоторную тяжелую летающую лодку, целый «летающий корабль». Недостатки в конструкции корпуса, обнаруженные во время испытаний полноразмерной машины, привели бы к слишком большому его переделкам и удорожанию.

Конечно, корпус вновь проектируемых летающих лодок предварительно всегда исследовали в гидроканалах на геометрически подобных моделях. Но однажды, после детального сравнения результатов таких исследований с результатами испытаний полноразмерной машины, были выявлены заметные расхождения. Оказалось, что гидродинамическая картина воздействия поверхности воды на корпус модели, укрепленной на специальной тележке, протаскивающей ее по поверхности воды, существенно отличается от той, которая получается, когда лодка бежит по воде, поддерживаемая подъемной силой крыла.

Самолетостроители фирмы «Мартин» США в 1946 году провели интересное исследование, заключавшееся в моделировании динамики разбега и взлета двухмоторной летающей лодки с помощью радиоуправляемой динамически подобной ей модели, выполненной в масштабе 1/8 натуральной величины<sup>18</sup>. Результаты этих испытаний по сравнению с испытаниями в гидроканале более полно соответствовали показателям полноразмерной машины при эксплуатации.

Радиоуправляемые модели летающих лодок использовались фирмой и в дальнейшем.

Радиоуправляемая модель гидросамолета использовалась также при создании модификации известной четырехмоторной лодки «Марс», построенной небольшой серией в 1942 году. На «Марсе» стояли поршневые двигатели, на новой машине предполагалось применить мощные турбовинтовые. На модели, выполненной в масштабе 1/10 натуральной величины, исследовались взлетно-посадочные характеристики будущей летающей лодки. Модель испытывали не только на воде. Для предварительного определения аэродинамических данных и параметров винтомоторной группы ее «прокатывали» на крыше легкового автомобиля, замеряя при этом подъемную силу, силу лобового сопротивления и силу тяги, которые развиваются при скоростях разбега и взлета<sup>19</sup>.

Другая самолетостроительная фирма США «Локхид» с 1969 года начала проектировать переоборудование серийного тяжелого транспортного самолета «Геркулес С-130» массой 70 670 кг в летающую лодку-амфибию «Геркулес-НОВ» массой около 100 т. Его пассажирский вариант L-100 предусматривал перевозку 78 человек при скорости 530 км/ч с использованием предельно малой акватории для взлета и посадки, порядка 120×900 м. Машину для облегчения взлета с воды намеревались снабдить специальным устройством в виде небольшой водной лыжи в центре днища. Поскольку взлет с помощью водной лыжи являлся принципиально новой идеей в области аэрогидро-

динамики, то было решено предварительно исследовать ее применение на радиоуправляемой модели.

Модель была построена в масштабе 1/22 натуральной величины полноразмерной машины. Ее полетная масса составляла 15 кг, размах крыла — 1,8 м, мощность каждого из четырех двигателей — 0,736 кВт (1 л. с.). Тщательные испытания модели дали ценный материал для создания полноразмерного аппарата<sup>20</sup>.

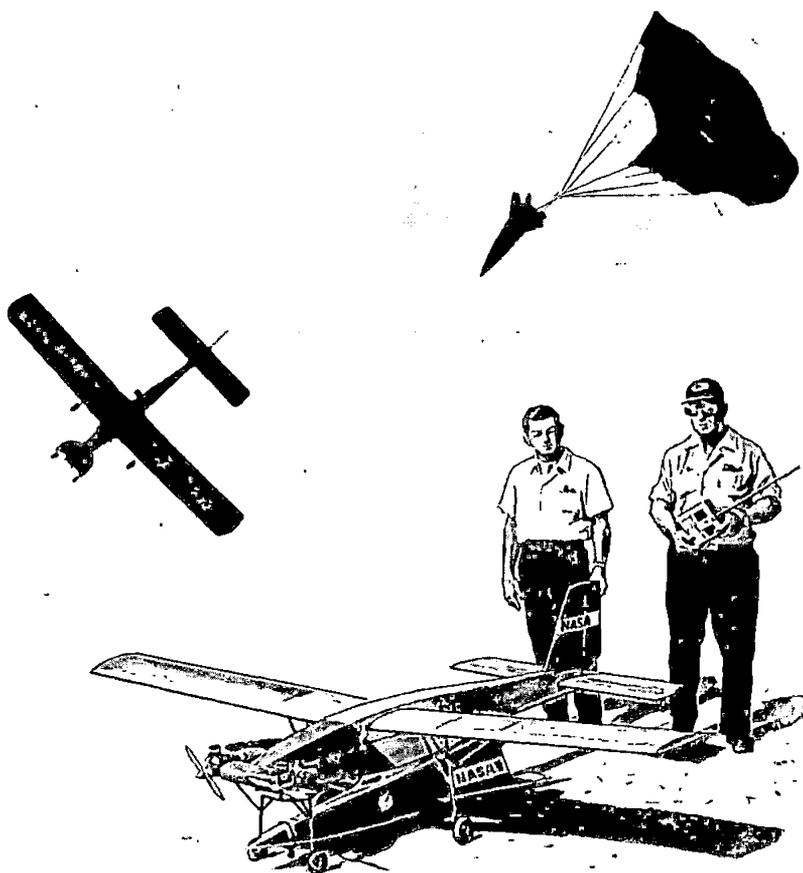
Летающие модели широко используются в США при выборе наиболее выгодной системы космических аппаратов многообразного применения, так называемых космических челноков. Эти аппараты, пройдя плотные слои атмосферы, должны плавно опускаться в намеченное место приземления. Для предварительной сравнительной оценки разных вариантов систем этих космических аппаратов в 1965 году при НАСА была организована авиамодельная лаборатория. Основной ее штат составляли высококвалифицированные авиамodelисты-спортсмены, специалисты по радиоуправляемым моделям самолетов<sup>21</sup>.

Методика экспериментирования, которую применила лаборатория, состояла в следующем. Радиоуправляемая модель-носитель поднималась на высоту от 15 до 500 м, неся на себе экспериментальную модель исследуемого аппарата. Достигнув намеченной высоты, она по радиокоманде сбрасывала экспериментальную модель. В свободном полете сбрасываемая модель управлялась по радио; но, естественно, на других радиочастотах, чем носитель. Вся система радиоуправления была пропорциональной.

Носитель имел верхнее расположение крыла и обычное однокилевое оперение. Крыло применялось неразъемное, размахом 3,24 м. Общая длина модели составляла 2,44 м, шасси было трехколесное — с носовым колесом и большой колеей основных колес. В случае если под него подвешивалась длинноносая экспериментальная модель, носовое колесо снималось и заменялось двумя носовыми колесами, имевшими колею, примерно равную длине стоек.

Взлетная масса носителя составляла 6,8 кг. Он был снабжен системой радиоуправления на руль высоты, руль управления, элероны, на общий дроссель обоих двигателей и на сброс экспериментальной модели. Управление на носовое колесо не требовалось, поскольку после приземления модель, как правило, сопровождал один из экспериментаторов.

Первый вариант носителя имел один двигатель рабочим объемом 10 см<sup>3</sup> с калильным зажиганием. Однако при загрузке 4,5 кг его летные возможности оказались на пределе, и решено было перейти на двухмоторную схему. Оба двигателя (каждый по 10 см<sup>3</sup>) с тянущими воздушными винтами разместили на крылообразной пластине в носке фюзеляжа носителя. Размах пластины позволял сохранить минимальное расстояние между



Экспериментальная модель космического летательного аппарата много-  
разового применения.

осями воздушных винтов. Подобное устройство винтомоторной установки обеспечивало нормальный полет модели в случае остановки одного из двигателей: тяга винта работающего двигателя создавала при этом наименьший разворачивающий момент рыскания, и оператор мог быстро «погасить» его небольшим отклонением руля направления.

Сброс экспериментальной модели с носителя производился посредством линейного смещения простейшего шпильчатого фиксатора. Это смещение осуществлялось рулевой машинкой, снабженной механической передачей 5:1. Такая передача была необходима для преодоления трения в шпильчатом фиксаторе. Сбрасываемая модель надежно укреплялась на носителе с помощью

пенопластовых блоков, губчатых подложек, шпилек и прижималась резиновыми лентами. Такая система крепления позволяла очень просто изменять в полевых условиях расположение сбрасываемой модели на носителе. Это нередко требовалось для нужного размещения его центра тяжести при полете с грузом.

Обычно сброс экспериментальных моделей проходил на небольших скоростях. Они были без двигателей и, покинув носитель, оказывались в планирующем полете. При этом оператор пилотировал их по радио согласно заданной программе, выполняя «бочки», продольные движения, скольжения. Отклонение ручек фиксировалось на ленте, движущейся с отметкой времени, а поведение модели в воздухе — на кинолентке. Все экспериментальные модели в момент отделения от своего носителя вели себя достаточно устойчиво. Однако надо заметить, что более легкие проявляли некоторую тенденцию к резкому набору высоты.

В программу экспериментальных исследований входило, в первую очередь, решение двух задач. Первая состояла в выяснении, как надо управлять стропами парашюта крыла типа Рогалло, чтобы посадить возвращаемый аппарат в заданную точку. Вторая задача — найти способ обеспечения устойчивости и управляемости возвращаемого аппарата, имеющего плоский фюзеляж, стреловидное горизонтальное оперение с элевонами (рулевыми поверхностями, выполняющими одновременно функции элеронов и рулей высоты) и крыло с изменяемой в полете стреловидностью, снабженное обычными элеронами.

На парашюте сбрасывались модели разных форм и масс. Для моделей массой до 2,25 кг управление стропами осуществлялось непосредственно рулевыми машинками, команды которым подавались по радио. На моделях большей массы такие рулевые машинки использовались для включения электродвигателей, которые и управляли стропами. Последним способом управлялись, например, стропы парашютов, на которых опускалась модель космического аппарата М2-Г2 типа «летающая ванна» массой 5,44 кг и длиной 1 м. Площадь одного из парашютов составляла 13,9 м<sup>2</sup>, другого — 21,6 м<sup>2</sup>.

Для решения второй задачи испытывались пять разных экспериментальных моделей: от легкой свободнолетающей — массой 227 г, длиной 1 м, обтянутой шелком, до тяжелой — массой 2,72 кг, длиной 1,5 м, выполненной из сосны и бальзы и снабженной радиоуправлением. Управление последней моделью осуществлялось как элевонами горизонтального оперения, так и обычными элеронами крыльев с изменяемой стреловидностью с целью выявить, какой вариант управления моделью эффективнее.

Радиоуправляемая модель была снабжена вспомогательным парашютом. Он использовался четыре раза: в двух случаях, когда модель входила в плоский и в перевернутый штопор из-за обратного действия элеронов, и в двух, когда оказался неудачно

расположенным центр тяжести. В результате от нее удалось добиться хороших планирующих и управляемых спусков. Но для этого пришлось увеличить площадь килей, а центр тяжести несколько сместить вперед.

Работа группы авиамodelистов НАСА наглядно показала целесообразность экспериментов с радиоуправляемыми летающими моделями, и их продолжили. В 70-х годах авиамodelьной лабораторией НАСА были успешно проведены эксперименты с целью подтверждения безударности отделения космического аппарата многоразового применения (типа «Шаттл» — «Челнок») от самолета «Боинг-747». Возглавлял их Д. Кикер — до 1963 года профессиональный летчик, а позже опытный спортсмен по классу радиоуправляемых моделей самолетов.

Авиамodelисты экспериментировали с пластмассовой моделью, геометрически подобной космическому аппарату, выполненной в масштабе 1 : 40 его натуральной величины и ранее испытанной на воде. Модель была снабжена рулевыми машинками, приводившими в движение элевоны продольного и поперечного управления.

Первым этапом испытания в полете явилась отработка устройства ее отделения от носителя по радиосигналу с земли. В качестве носителя была выбрана радиоуправляемая одномоторная модель, собранная из комплекта деталей, выпускаемых фирмой «Стерлинг». Она имела двигатель с рабочим объемом около 10 см<sup>3</sup>, трехколесные шасси с носовым колесом, крыло постоянной ширины по размаху с верхним расположением относительно фюзеляжа, а также два дополнительных киля на концах горизонтального оперения для компенсации «неустойчивости» от установленной сверху модели космического аппарата.

Летом 1975 года состоялся первый запуск. На заданной высоте по радиосигналу с земли было осуществлено отделение модели космического аппарата от носителя. Затем с помощью другого радиопередатчика началось ее пилотирование в свободном планирующем полете. Посадка была произведена успешно<sup>22</sup>.

Весной 1976 года авиамodelисты приступили к изготовлению новых динамически подобных моделей: самолета-носителя «Боинг-747» и нового варианта космического аппарата многоразового применения типа «Шаттл». Масштаб уменьшения геометрических размеров был принят тот же — 1:40.

Размах крыла модели «Боинга» при этом масштабе составлял 1,492 м при общей длине 1,768 м, площадь крыла 43 дм<sup>2</sup>, нагрузка на него 139 г/дм<sup>2</sup>. Геометрия крыла модели отличалась от оригинала. Был несколько изменен профиль, увеличены хорды. Эти изменения устраняли вредное влияние масштабного эффекта на аэродинамические характеристики крыла модели из-за значительно меньших чисел Рейнольдса, чем у крыла «Боинга».

Каждое крыло модели изготавливалось из двух пенопластовых досок и покрывалось слоем бальзы. На крыле располагались: основное шасси, убирающееся в полете, элероны, рулевые машинки и тяги, управляющие всеми агрегатами, а также две винтомоторные установки, крепившиеся на пилонах в тех местах, где у «Боинга-747» расположена пара внутренних турбореактивных двигателей. Внешняя пара двигателей была заменена геометрически подобными макетами.

Каждая винтомоторная установка состояла из микродвигателя с рабочим объемом 6,6 дм<sup>3</sup> и винта диаметром 125 мм. Горючее к двигателям поступало при помощи помп из общего бака, находящегося в фюзеляже. Централизованное размещение бака исключало крен модели в случае неравномерного расхода горючего, а близкое расположение винтомоторных установок к фюзеляжу снижало ее разворачивание при остановке одного из двигателей. Винтомоторную установку конструкторы предварительно опробовали на стенде, где полностью воспроизводилось размещение двигателей на модели и подача горючего. Ее работа была проверена в разных ситуациях, в том числе при значительных кренах и отказе одного из двигателей.

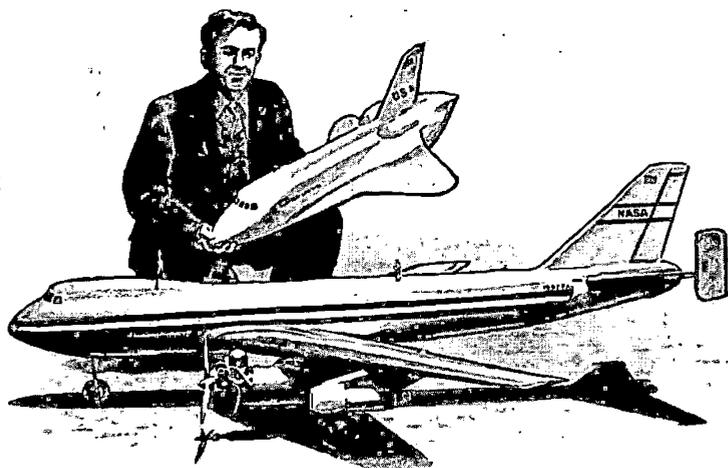
Каркас фюзеляжа изготавливался из бальзы и обклеивался сначала пенопластом, а затем стеклопластиком. Носовая часть фюзеляжа была покрыта двумя слоями стеклоткани, масса которой составляла 227 г. Одинарная обшивка остальной части фюзеляжа весила всего 14 г. Это снижало его прочность, но позволяло уменьшить общую массу модели на 220 г. В двух местах в фюзеляже были сделаны люки: в носовой части для осмотра системы уборки передней стойки шасси, в хвостовом отсеке — для установки стабилизатора.

Крыло и оперение модели самолета покрывались длинноволокнистой бумагой и окрашивались краской на основе эпоксидной смолы.

Горизонтальное и вертикальное оперения имели обычную авиамодельную конструкцию: с нервюрами, лонжеронами и с бумажной обтяжкой. У горизонтального стабилизатора предусматривалась система регулировки угла его установки в пределах  $\pm 5^\circ$  относительно исходного, что обеспечивало продольную балансировку носителя при изменении его положения центра тяжести из-за установки модели космического корабля.

Стеклопластиковая оболочка модели космического корабля состояла из двух частей массой 57 и 114 г. Они соединялись друг с другом изнутри жесткими элементами конструкции. Такая силовая схема давала модели возможность воспринимать нагрузки от размещенной в ней радиоаппаратуры и от ее крепления к носителю.

Для отделения модели космического корабля от носителя использовался обычный буксирный замок, какой применяют для запуска моделей планеров.



Модели, на которых изучалось отделение космического аппарата многоразового применения от самолета «Боинг-747» (1976 год).

Полетная масса модели «Боинга-747» составляла 4983 г, космического аппарата — 1812 г.

30 апреля 1976 года после нескольких пробных пробежек носитель без модели космического корабля после 75 м разбега, взлетов, продемонстрировал хорошую устойчивость и управляемость в воздухе. Следующий запуск был произведен с моделью космического аппарата, установленной сверху. Последняя существенно повлияла на эффективность поперечного управления носителем. Оператору более интенсивно пришлось работать элеронами как на взлете, так и в полете. Кроме того, было обнаружено, что модель космического аппарата в полете перемещается относительно носителя в пределах имеющихся люфтов. Посадка для оператора была напряженной, поскольку посадочная скорость оказалась значительной. Но ее удалось выполнить вполне успешно, если не считать небольших повреждений носителя. В очередном запуске было успешно проведено безударное отделение модели космического аппарата от носителя. Операторы благополучно посадили их на землю<sup>23</sup>.

Уже в следующем году, 12 августа 1977 года, было осуществлено отделение космического аппарата типа «Шаттл» от «Боинга-747» в полете. Натурный эксперимент полностью подтвердил то, что выявилось предварительными опытами на летающих, динамически подобных моделях, убедительно продемонстрировав их целесообразность при проработке всякой принципиально новой идеи в авиационной технике.

Летающая модель сегодня служит добрую службу авиаконструкторам при исследовании летных характеристик будущих самолетов как на самых больших, так и самых малых скоростях полета. Например, служба летной эксплуатации летательных аппаратов США предоставляет к создателям самолетов — спортивным, учебных и частного пользования — требование разрабатывать рекомендации по выводу из штопора, так как эти машины на предельно малых скоростях могут свалиться в него.

Эксперименты по изучению штопора самолета и выводу из него обычно ставятся на динамически подобных моделях в специальных аэродинамических трубах. Однако такой эксперимент обходится довольно дорого и, кроме того, он, как правило, проходит при небольших числах Рейнольдса, из-за чего можно и не получить достаточно достоверных результатов. Поэтому сегодня исследователи НАСА, например, изучают штопор и на радиоуправляемых моделях самолетов<sup>24</sup>.

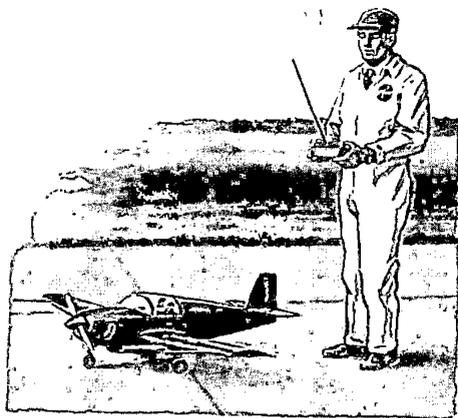
Известная самолетостроительная фирма США «Бичкрафт» в настоящее время широко использует летающие модели и для оценки пилотажных характеристик модификаций своих самолетов с поршневыми двигателями<sup>25</sup>. Американский конструктор-любитель Г. Арренц в 1976 году перед созданием своего двухместного самолета детально обследовал в полете динамически подобную ему радиоуправляемую модель.

Летающие модели использовались и в Чехословацком научно-исследовательском авиационном институте. В 1963 году с их помощью отработывалась управляемость быстровзлетного двухмоторного самолета с мощной механизацией крыла, созданного на базе известного чехословацкого Л-410 — семнадцатиместного самолета с турбовинтовыми двигателями.

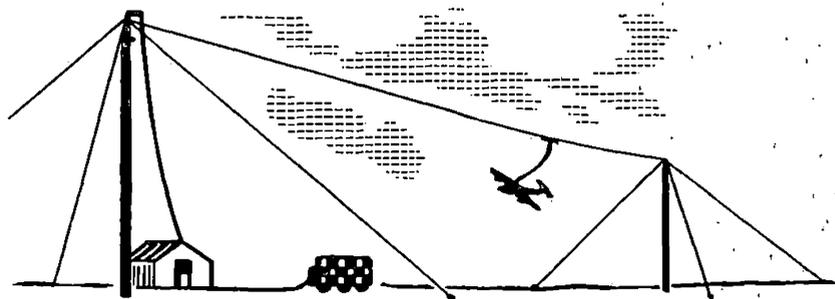
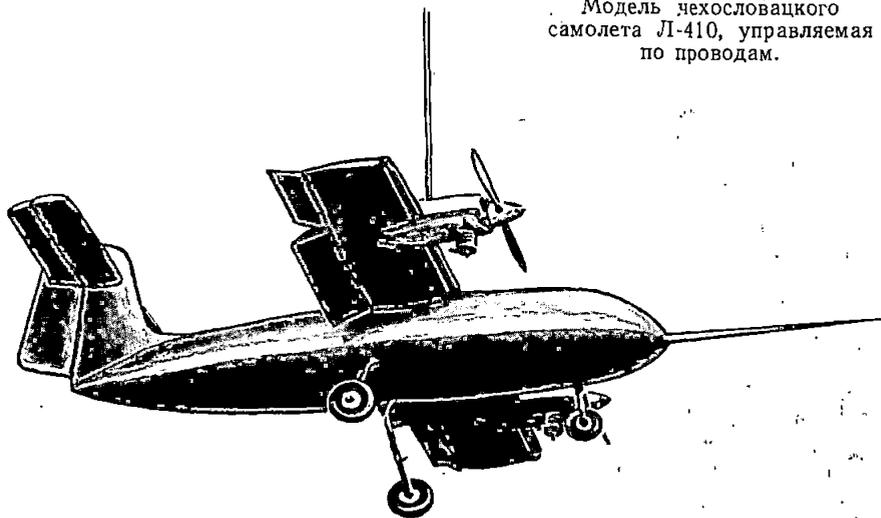
Модель имела размах крыла 1700 мм, полетную массу 19 кг. Два двигателя отечественного производства MVVS, каждый с рабочим объемом 25,64 см<sup>3</sup> и калильным зажиганием, массой 1,2 кг, мощностью 1,47—1,84 кВт (2—2,5 л. с.), вращали двухлопастные дюралюминиевые винты. Обороты двигателей могли изменяться в пределах 2000—3000 об/мин и 10 000—12 000 об/мин. Конструкция основных частей была обычной для авиамodelей. Фюзеляж обшивался стеклопластиком, крыло — фанерой, оперение покрывалось длинноволокнистой бумагой. Горизонтальное оперение поворачивалось в пределах  $\pm 35^\circ$ , трехколесное с носовым колесом шасси было неубирающимся<sup>26</sup>.

Модель управлялась в полете электрическими сигналами, подававшимися на пневматические рулевые машинки, установленные на руле направления, подвижном горизонтальном стабилизаторе, руле высоты, на элеронах, закрылках и дросселях двигателей. Электрические команды поступали по проводам, объединенным в жгут, на котором и подвешивалась модель на

Перед испытанием динамически подобной радиоуправляемой модели самолета на штопор в лаборатории НАСА (1977 год).



Модель чехословацкого самолета Л-410, управляемая по проводам.



тросе, натянутом между двух мачт. Мачты высотой 25 м располагались друг от друга на расстоянии 140 м. При полете за счет сопротивления воздуха движению жгута оказывалось несколько завышенным лобовое сопротивление модели, но это не играло существенной роли при исследовании аппарата на устойчивость и управляемость в полете.

Существует также категория летающих моделей, используемых для научного эксперимента, которые отличаются сложностью конструкции и технологией изготовления. Такие их особенности связаны с необходимостью проводить опыты на околозвуковых и сверхзвуковых скоростях, со сложными механическими манипуляциями в воздухе либо с проведением нестандартных измерений. Эти сложные модели, по существу, являются дальнейшим развитием простых авиамodelей, и, как нам кажется, читателю будет небезынтересно познакомиться с ними.

В настоящее время одна из проблем самолетостроения — создание самолета с поворотным крылом. Такая машина могла бы на больших скоростях использовать косое, как бы стреловидное, крыло, дающее меньшее волновое сопротивление на околозвуковых и сверхзвуковых скоростях, а при взлете и посадке — симметричное прямое крыло, наиболее выгодное для получения наибольшей подъемной силы.

В 1975 году авиамodelьной лабораторией НАСА проводились эксперименты с радиоуправляемой моделью, имевшей поворотное крыло и предназначавшейся для проверки устойчивости и управляемости самолета во время поворота крыла относительно фюзеляжа вокруг вертикальной оси. Радиоуправление осуществлялось на механизм поворота крыла, на элероны, рули направления и высоты. В качестве двигателя использовался многолопастный воздушный винт, заключенный в трубе и вращаемый поршневым двигателем.

Система телевизионной передачи, установленная на модели, позволяла во время полета передавать на землю вид приборной доски и таким образом давала возможность пилотировать модель на значительном расстоянии. Результаты запусков этой любопытной модели позволили конструкторам перейти к созданию прототипа — опытного одноместного самолета с поворотным крылом, оснащенного турбореактивным двигателем<sup>27</sup>.

А вот еще любопытный пример. В конце 50-х годов инженерами НАСА проводились летные исследования трех свободнолетающих моделей на скоростях, соответствующих числу Маха, т. е. отношение их скорости полета к скорости звука было порядка 1,3. Ученых интересовало, как влияет число Маха на боковую устойчивость самолета со стреловидным крылом при верхнем, среднем и нижнем расположении крыла относительно фюзеляжа. Модели были выполнены полностью из металла, имели площадь крыла 0,4 м<sup>2</sup> и массу около 60 кг, восьмиканальную систему телеметрической связи с землей, по которой

передавались значения полного давления, угла атаки, угла скольжения, угловых скоростей жрена и рыскания, перегрузки вблизи центра тяжести вдоль всех трех осей и поперечной перегрузки у носка фюзеляжа.

В результате опытов было выявлено, что поперечная устойчивость крыла достигает наибольшего значения при верхнем расположении его относительно фюзеляжа, но при этом по сравнению с нижним расположением крыла вдвое уменьшается путевая устойчивость и поперечное демпфирование. Кроме того, эксперимент с летающими моделями показал, что при числах Маха, близких к единице (т. е. при скорости полета почти равной скорости звука), абсолютное значение путевой устойчивости и поперечного демпфирования крыла увеличивается вдвое при всех вариантах размещения крыла<sup>28</sup>. Данные этих опытов были использованы затем конструкторами скоростных самолетов.

Аэродинамические характеристики крыльев высокоскоростных самолетов при больших числах Маха исследовались на летающих моделях и в Великобритании. Несмотря на достаточно высокую стоимость подобных опытов, они имеют явные преимущества перед экспериментами в аэродинамических трубах. Например, при опытах с летающими моделями не проявляется влияние стенок аэродинамической трубы, т. е. аэродинамические характеристики получаются в «чистом» виде.

#### ЯХТОЙ ПРАВИТ АВТОМАТ

В начале книги мы уже упоминали о том, что плавающая модель корабля нередко использовалась для проверки работоспособности полноразмерного судна. На самоходных моделях, например, не раз отработывались принципиально новые устройства или системы спортивных яхт.

Яхтенные автоматические подруливающие устройства, например, появились на моделях этих судов еще в 40-е годы. Судомodelисты стали применять их, чтобы модели на соревнованиях не отклонялись от курса: это грозило снятием с дистанции.

Схема действия подруливающего устройства проста: вблизи юта (хвостовая часть палубы) размещается флюгер. Если модель идет строго по ветру, то флюгер устанавливается вдоль ее продольной оси, если слегка отклоняется, у его поверхности возникает угол атаки, образованный геометрической разницей направления скорости модели и направления скорости ветра. Напомним, что углом атаки называется угол между направлением скорости потока воздуха и хордой поверхности, на которую набегаёт этот поток. От угла атаки на флюгере возникает аэродинамическая сила, которая поворачивает флюгер по ветру, т. е. в положение, когда угол атаки равен нулю. Поворот флюгера используется для отклонения водяного руля модели.

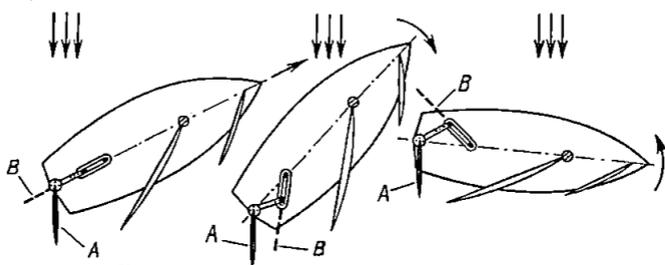
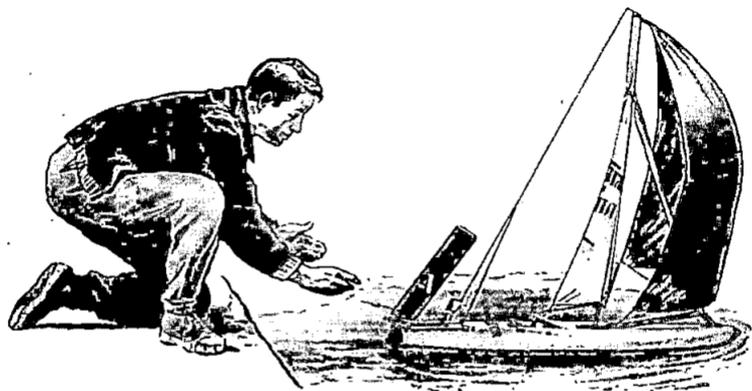


Схема работы подруливающего устройства на яхте:  
 А — флюгер; В — водяной руль.

Существует много вариантов конструктивного выполнения связи флюгера с водяным рулем. Один из них наглядно представлен на нижнем рисунке. Надо заметить, что во всех этих системах имеется рычажный механизм передачи вращения флюгера на водяной руль и устройство предварительной фиксации флюгера относительно продольной оси корпуса. Такое устройство применяется для того, чтобы обеспечить в случае необходимости заданный угол скольжения модели относительно направления ее движения, что может потребоваться, например, в случае, когда надо преодолеть боковое течение в акватории, где происходят гонки<sup>29</sup>.

Появившись, подруливающие устройства стали применяться на моделях яхт все чаще и чаще. Особенно широкое применение они получили в последнее время на моделях яхт-катамаранов класса X, поскольку те больше всех нуждаются в корректировке курса.

А затем устройством судомодельного авторулевого заинтересовались яхтсмены, плавающие на большие дистанции в одиночку, которым весьма утомительно быть постоянно «прикованными» к рулевому румпелю.

В 1964 году подруливающее устройство, подобное судомодельному, применил во время гонок через Атлантику известный яхтсмен англичанин Ф. Чичестер<sup>30</sup>. Вслед за ним его стали использовать и другие любители морских путешествий. Многие фирмы, выпускающие оборудование для яхт, наладили серийный выпуск яхтенного авторулевого. Так опыт судомodelистов послужил дальнейшему развитию парусного спорта.

Сегодня во всем мире все чаще и чаще вспоминают о парусниках как транспортном средстве. Причиной тому, пожалуй, не столько романтика белых парусов и бесшумный ход этих судов, сколько энергетический кризис. Многие судостроительные предприятия заняты разработкой проектов лайнеров, движимых энергией ветра. При этом оказывается необходимым проводить предварительную проверку новых идей, касающихся как принципиальной схемы парусника, так и его парусного оснащения. В этом деле незаменимую помощь оказывает самоходная модель судна, на которой можно проверить эффективность любой конструкторской новинки.

Убедительным примером того, как самоходная модель яхты помогла в развитии принципиально новой схемы парусного судна, служит история создания американским конструктором Б. Смитом бескорпусной яхты-катамарана на подводных крыльях и с жестким парусом.

У изобретателя возникла идея сделать судно без корпуса. Его плавучесть должны были обеспечивать три подводные крыла, соединенные системой жестких стержней, и нижняя часть жесткого паруса<sup>31</sup>. Такое судно имело бы минимальное сопротивление, а следовательно, большие возможности для повышения скорости. Расчеты показывали, что она могла достигать 75 км/ч при ветре 28 км/ч (7,7 м/с). Испытания в 1963 году бескорпусных моделей яхт подтвердили возможность создания такого судна. Отработав на моделях параметры будущей яхты, Б. Смит построил затем свой высокоскоростной парусник.

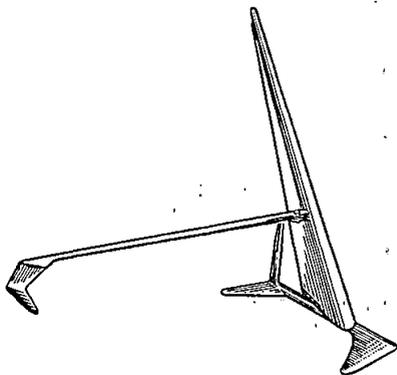


Схема модели бескорпусной яхты на подводных крыльях конструкции Смита.

# МОДЕЛЬ — МАШИНА

## РАБОЧЕЕ ЗАДАНИЕ

Модель кроме выполнения вспомогательных функций — исследований и проверки на ней работоспособности полноразмерного аппарата — может выполнять и настоящие рабочие задания.

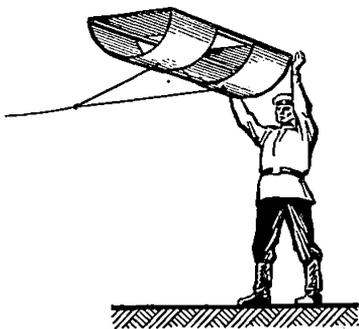
Самая древняя модель летательного аппарата — воздушный змей — помогла, например, великому Франклину в 1752 году обнаружить атмосферное электричество. Запустив змей в грозовые облака, ученый заметил искру, которая проскакивала от нити, удерживающей змей, к дверному ключу, который находился в другой руке<sup>1</sup>.

В XIX веке воздушный змей неоднократно использовали для фотографирования земной поверхности, для переброски тонкого троса с берега на корабль, терпящий бедствие, для рыбной ловли вдали от берега. Случалось, что во время военных маневров на нем поднимался в воздух человек до высоты 100 м для осуществления наблюдений или корректировки артиллерийской стрельбы<sup>2</sup>.

Но все же настоящее практическое применение воздушного змея началось лишь после того, как австралиец Л. Харгрэв изобрел коробчатый воздушный змей, и на нем стали подниматься ввысь метеорологические приборы-самописцы сначала в США (1896 год), а затем и во многих других странах, в том числе и России.

Известные русские ученые-метеорологи М. М. Поморцев и В. В. Кузнецов создали в начале XX века свои оригинальные конструкции коробчатых воздушных змеев, которые использовались на наших метеостанциях до конца 30-х годов. Так с помощью древнейшей летающей модели была открыта новая страница в экспериментальной метеорологии — систематическое проведение точных замеров параметров атмосферы на различных высотах.

В начале 30-х годов на смену воздушным змеям пришли миниатюрные воздушные шары-радиозонды системы ленинградского метеоролога профессора П. А. Молчанова. Эти шары диаметром около 2 м, наполненные водородом, несли на себе передающую радиостанцию, которая сообщала на землю показания

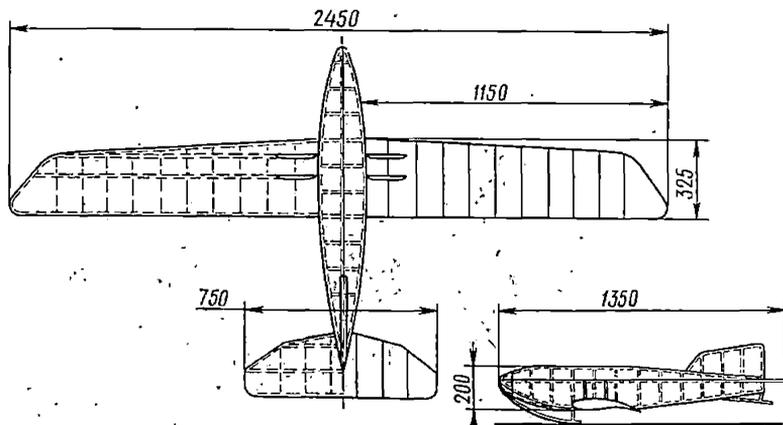


Коробчатый воздушный змей конструкции В. В. Кузнецова.

приборов, находившихся «на борту». Радиозонды, по-существу, были ни чем иным, как действующими моделями аэростатов, только упрощенной конструкции: без системы подвески гондолы и без балласта — непременной принадлежности полноразмерных воздушных шаров<sup>3</sup>.

В начале 20-х годов летающая модель, на этот раз модель планера, успешно использовалась в качестве летающей мишени на учебных полигонах зенитной стрельбы. Для выбора наилучшего образца такой мишени германское управление береговой зенитной артиллерии объявило в 1924 году конкурс на лучшую модель планера с размахом крыла около 2,5 м и дешевой в изготовлении. На конкурс было представлено пять моделей, наиболее удачной признали планер авиамоделлистов Б. Хорстенке и А. Соватского. Вскоре ее начали запускать самолетами с высоты 1 км<sup>4</sup>.

К началу второй половины XIX века интенсивно развивается электроника. Кроме того, налаживается массовое производство миниатюрных поршневых микродвигателей. Все это позволило, создавая радиоуправляемые летающие модели, использовать их не только со спортивными целями, но и для разного рода работ.



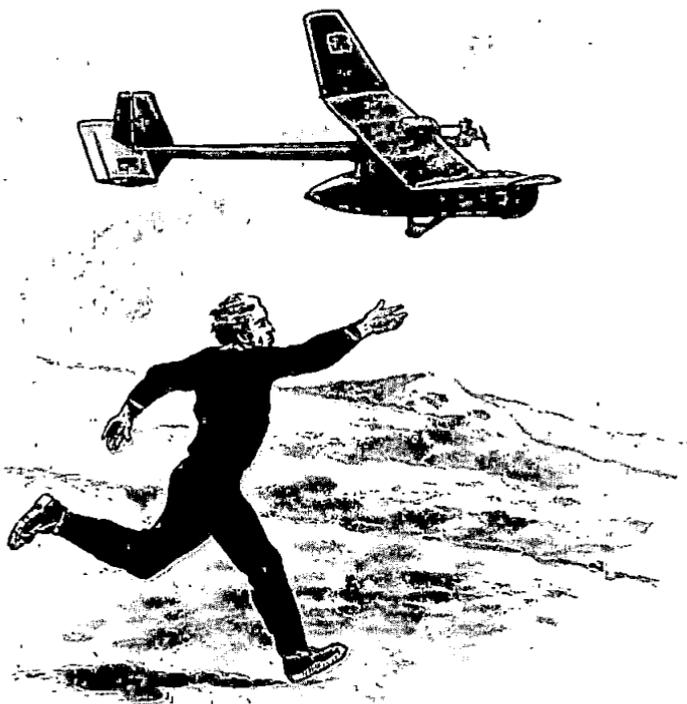
Модель планера-мишени Хорстенке и Саватского.

## ЛЕТАЮЩИЙ МЕТЕОРОЛОГ

Для многих отраслей народного хозяйства, например сельскохозяйственной и лесной авиации, необходимы данные метеоисследований в приземном слое атмосферы, т. е. до высоты 200 м.

Шар-радиозонд на малых высотах использовать практически нельзя, поскольку его полет не регулируется по высоте. Воздушный змей с приборами можно поднимать лишь в ветреную погоду. А как быть, если ветер отсутствует, а замеры производить необходимо? Вот тут-то в полной мере проявляются преимущества радиоуправляемой модели самолета, на которой можно поднимать миниатюрные метеорологические приборы-самописцы на небольшую высоту при любой погоде.

У нас в стране первым таким аппаратом стала модель, созданная в 1956 году по заданию Главной геофизической обсерватории имени А. И. Воейкова ленинградцем, мастером спорта СССР по авиамodelьному спорту А. А. Эрлером. Она была с поршневым двигателем КАФ-14 с рабочим объемом 6,9 см<sup>3</sup>, вращавшим толкающий воздушный винт. Радиоуправление осуще-



Радиоуправляемая модель «Атмосфера-2».

ствлялось с помощью электромагнитных рулевых машинок. Метеорограф размещался в носовой части фюзеляжа. Всесторонние летные испытания убедительно показали, что радиоуправляемая модель может с успехом применяться для метеорологических исследований<sup>5</sup>.

Через 12 лет, когда авиамоделисты еще лучше освоили систему пропорционального радиоуправления, ученые-метеорологи снова обратились к ним с предложением разработать модель самолета для метеоисследований, более совершенную, чем предыдущая. За это дело в 1968 году взялись моделисты Казанского авиационного института.

В 1974 году отправилась в полет первая метеорологическая авиамодель КАИ «Атмосфера-1». Работой по ее созданию руководил преподаватель Е. Русаковский, постройкой миниатюрных метеорологических приборов — сотрудник кафедры приборостроения А. Зуйков. В 1977 году вступила в эксплуатацию модель «Атмосфера-2». Она имела мощный поршневой двигатель и комплект специально разработанных для подвески внутри фюзеляжа миниатюрных метеорологических приборов-самописцев. С ее помощью можно получать полную информацию о метеорологических данных приземных слоев атмосферы<sup>6</sup>.

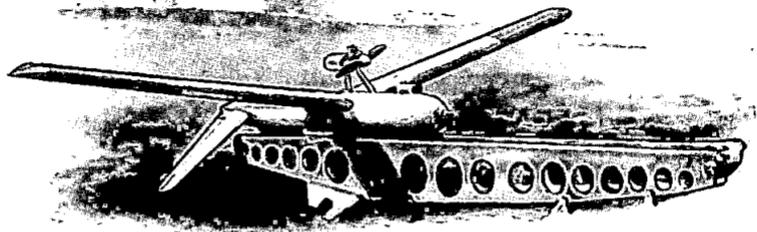
#### К ЖЕРЛУ ВУЛКАНА

На нашей планете немало действующих вулканов. Наблюдения за ними — насущная необходимость: прогнозирование их активной деятельности, изучение извержений обеспечивает безопасность людей в близлежащих населенных пунктах, выявляет возможности рационального использования продуктов извержения.

Сегодня изучение действующих вулканов ведется, как правило, с самолетов и вертолетов фотографированием и взятием проб газов. Однако возможности этих летательных аппаратов для таких целей весьма ограничены. Над жерлом вулкана опасно летать слишком низко: вблизи кратера высокая температура и ядовитая атмосфера.

Осенью 1971 года японские ученые для изучения действующего морского вулкана, внезапно возникшего у берегов Японии, впервые в мире использовали радиоуправляемую модель. Она была собрана из стандартного набора, на ней был установлен двигатель с калильным зажиганием с рабочим объемом 10 см<sup>3</sup>, применена система пропорционального радиоуправления. Рабочие функции модели заключались в фотографировании кратера вулкана и взятии проб газа. Первые же опыты дали самые обнадеживающие результаты.

Новым методом исследования заинтересовался известный бельгийский вулканолог Г. Тазев. Им была задумана специаль-



Радиоуправляемая модель самолета для вулканологических исследований.

ная радиоуправляемая модель самолета, конструкция которой позволяла бы переносить повышенные температуры. Кроме того, эта модель должна была иметь высокую скорость полета, чтобы находиться в опасной зоне минимальное время.

Такая модель была построена. Ее масса 30 кг. Телеметрическая аппаратура позволяет пилотирование модели вне зоны ее видимости. Стартует модель со специальной катапульты. Первые опыты с нею были проведены при изучении вулкана Этны — одного из немногих действующих вулканов Европы<sup>7</sup>.

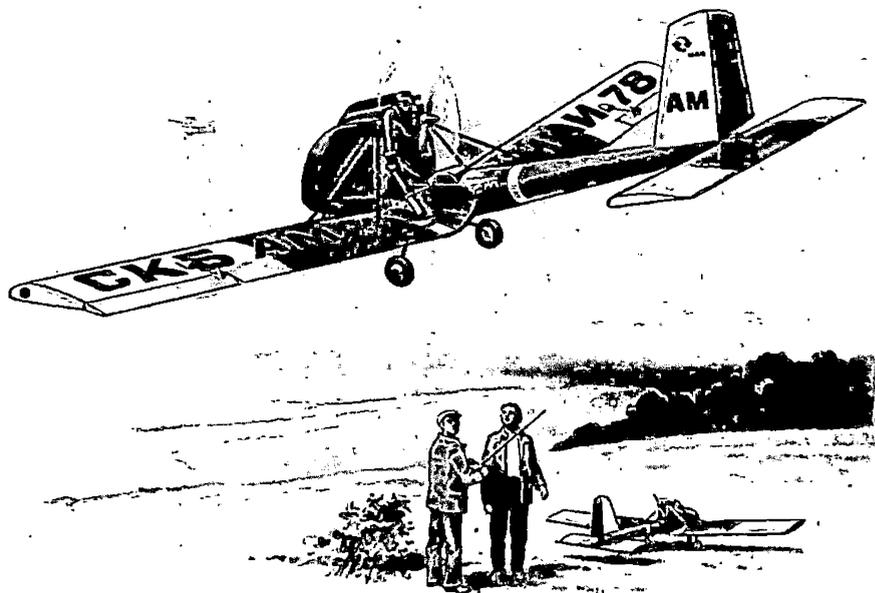
Нет сомнения, что летающие модели и в дальнейшем будут вносить ценный вклад в науку о вулканах.

#### НА ПОМОЩЬ «ЗЕЛЕНОМУ ДРУГУ»

В настоящее время в сельском и лесном хозяйстве для борьбы с насекомыми — вредителями растений — все шире используются биологические средства. Это значит, что против вредителей применяются не ядохимикаты, а поедающие этих вредителей насекомые.

Но как быстро и без особых затрат труда расселить полезных насекомых в полях, лесах? Оказалось, что эффективнее всего их сбрасывать с воздуха, но с небольшой высоты — от 5 до 10 м, и что лучше всего для этого подходят радиоуправляемые модели самолетов и вертолетов.

В 1975 году студенческое конструкторское бюро Московского авиационного института приступило к проектированию специализированных радиоуправляемых моделей самолетов и вертолетов, предназначенных для таких работ. Долго и упорно коллектив авиамоделистов добивался желаемых результатов. Работа шла в тесном контакте с кафедрой механизации и автоматизации Кишиневского сельскохозяйственного института, которая



Радиоуправляемая модель самолета для разбрасывания трихограмм,

проектировала устройство для сбрасывания с борта моделей миниатюрных шариков, наполненных трихограммами.

Летом 1979 года над садами и полями Молдавии начали летать радиоуправляемые модели самолетов, созданные совместными усилиями студентов МАИ и ученых Кишиневского сельскохозяйственного института. Уже первый опыт применения новой сельскохозяйственной техники дал отличные результаты. Он, в частности, показал, что авиамодель за 1 ч работы оператора может тщательно обработать поле кукурузы площадью 100 га.

Модель самолета, построенная студентами МАИ, имеет массу около 6 кг, крыло размахом 1500 мм, поршневой двигатель с рабочим объемом 10 см<sup>3</sup> и мощностью около 1,47 кВт (2 л. с). Оператор запускает модель рукой. Радиоуправление осуществляется на элероны, руль высоты, руль направления, дроссель двигателя и устройство сбрасывания капсул<sup>8</sup>.

Для разбрасывания капсул с трихограммами применялась и модель вертолета. Результаты ее запусков также наглядно подтвердили целесообразность использования летающих моделей при биологических методах борьбы с сельскохозяйственными вредителями.

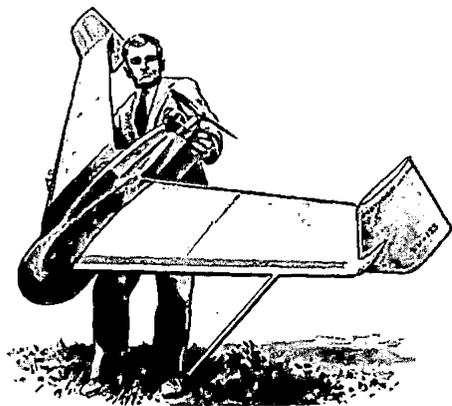
Историки утверждают, что использование летающих моделей в виде воздушного змея для военных целей имело место еще в первом тысячелетии нашей эры. В 907 году русский князь Олег, штурмуя Царьград (Константинополь), для устрашения осажденных в нем приказал поднять в воздух множество воздушных змеев, имевших вид всадников на конях. Невиданное зрелище вызвало в городе панику и содействовало его сдаче. Вот как об этом говорит рукопись первой половины XVIII века, хранящаяся в Государственной библиотеке имени В. И. Ленина: «...И сотворища кони и люди бумажные вооружены и позлащены и пусти на воздух на град. Видев же грепы и убояшася и обещася богу дань давати и выходы на все руские города»<sup>9</sup>.

В конце прошлого и в начале нынешнего веков «поезда» из воздушных змеев использовались во французской и русской армиях, на русском и американском флотах для подъема наблюдателей. Однако такое их применение носило эпизодический характер и большого распространения во время военных действий не нашло.

В годы Великой Отечественной войны коробчатые воздушные змеи нередко использовались в наших войсках для обрасывания агитационных листовок над позициями гитлеровских войск. Об этом убедительно свидетельствует, например, фотография, опубликованная на страницах «Вечерней Москвы» в 1942 году.

Использование летающих моделей самолетов в военных целях стало возможным лишь в результате интенсивного развития электроники и автоматики. Радиоуправление существенно расширило применение модели в качестве летающей мишени для учебных зенитных стрельб. Такую модель выпускала, например, в 1941—1945 годах небольшая авиационная фирма «Радиоплан компани» (США). Модель была обычной схемы, с подкосным крылом размахом 3,75 м, полетной массой 12 кг, двигателем мощностью 4,41 кВт (6 л. с.), вращавшим два соосных воздушных винта в разные стороны. Радиокоманды подавались на руль направления, руль высоты и остановку двигателя с одновременным открытием парашюта, на котором модель спускалась на землю. Старт производился со специальной катапульты<sup>10</sup>.

Совершенствовались возможности радиоуправляемых моделей. Они стали выполнять фигуры высшего пилотажа, соревновались на скорость, дальность и высоту полета. 22 сентября 1954 года был успешно осуществлен перелет такой модели через пролив Ла-Манш. К середине 60-х годов рекорд высоты полета для таких моделей составлял 7000 м, дальности — около 300 км. В 1965 году на национальных соревнованиях авиамodelистов США при помощи радиоуправляемой модели впервые была снята на киноленту панорама соревнований. Затем эта кинолента была показана по американскому телевидению. Ста-



Радиоуправляемая модель самолета-разведчика фирмы «Нортроп».

а фотоаппарат — снимать цели. Преимущество такого беспилотного разведчика прежде всего в том, что небольшая по размеру модель имеет малое радиолокационное сечение и противнику трудно ее обнаружить. Кроме того, потеря модели в случае уничтожения не сравнима с потерей полноразмерной машины и пилота.

Дистанционно пилотируемые летательные аппараты — прифронтовые разведчики — небольшими сериями производятся рядом фирм США и одной фирмой Израиля. Модель американской фирмы «Теледайн-Райан» представляет собой аппарат, выполненный по схеме «летающее крыло». Она имеет поршневого двигателя, толкающий винт, заключенный в трубу. Полетная масса модели около 40 кг. Фирма «Нортроп» выпускает ДПЛА также типа «летающее крыло». При полетной массе 21 кг и скорости 60 км/ч модель может летать 2 ч<sup>12</sup>. Фирма «Филко-Форд» производит ДПЛА, выполненные по обычной схеме, но с толкающими винтами. Их полетная масса 36,5 кг, размах крыла 3,6 м. Модели имеют скорость полета 100 км/ч.

Микросамолет-разведчик, выпускаемый в Израиле, по своему внешнему виду напоминает радиоуправляемую модель начала 50-х годов. Его полетная масса 70 кг, размах крыла 4300 мм, мощность поршневого двигателя 7,4 кВт (10 л. с.). Модель взлетает с обычного колесного шасси и развивает скорость до 150 км/ч<sup>13</sup>.

Наряду с использованием летающих моделей самолетов в качестве прифронтовых разведчиков некоторые зарубежные авиационные фирмы намечают применение для этой же цели также и летающих моделей вертолетов.

В 1976 году на авиационной выставке английская самолетостроительная фирма «Уэстленд» впервые продемонстрировала в полете дистанционно пилотируемый летательный аппарат УОСП. Он был выполнен по вертолетной соосной схеме, имел почти шарообразный фюзеляж. Это давало ему возможность свободно передвигаться в воздухе в любом направлении<sup>14</sup>.

Диаметр фюзеляжа составляет 610 мм, воздушных винтов — 1,52 м, взлетная масса аппарата — 30 кг, максимальная скорость — 100 км/ч, продолжительность полета — 10 ч при массе топлива 2,3 кг. Подготовка аппарата к полету занимает всего 20 мин. Аппарат снабжен четырехколесным шасси и взлетает с грунта.

Микровертолет оборудован телевизионной камерой массой 2,5 кг, обеспечивающей возможность наблюдения за объектами с расстояния до 1000 м с переменным (в диапазоне 15—105°) углом возвышения.

Интересна конструкция малоразмерного ДПЛА «Телекоптер» американской фирмы авиационного оборудования «Атлантик Рисерч». Это вертолетной схемы аппарат с одним несущим винтом диаметром 1,63 м, рулевым хвостовым винтом, взлетной массой 13,5 кг, с запасом топлива на 1 ч полета, снабженный простейшим автопилотом, выполняющим заданную программу полета. Телевизионный передатчик фирмы «Оптелеко» включает в себя телекамеру, передающую изображение, и гибкий стекловолоконный кабель толщиной не более человеческого волоса, имеющий защитную оболочку из тефлона. Масса 1 км такого кабеля составляет 88 г.

«Телекоптер» успешно прошел испытания, показав себя пригодным как для прифронтовой разведки (аппарат не обнаруживают радио- и телесигналы), так и для противопожарного надзора, полицейской службы, обслуживания некоторых строительных работ на высотных сооружениях<sup>15</sup>.

## МОДЕЛЬ В РОЛИ КИНОАКТЕРА

В середине 20-х годов на открытой эстраде одного из московских цирков демонстрировался интересный цирковой аттракцион — радиоуправляемая модель корабля. Ее показывал в действии цирковой артист Г. Джеффрис, приехавший в нашу страну из Германии и уже известный как устроитель совершенно необычных для того времени чудо-аттракционов, в которых участвовали машины, управляемые по радио.

Модель военного корабля Г. Джеффриса длиной около 4 м плавно передвигалась на скрытых в корпусе колесиках по гладкому полу эстрады, имитировавшему водную гладь, выполняла команды, которые ей отдавал «капитан»: из труб валил дым,

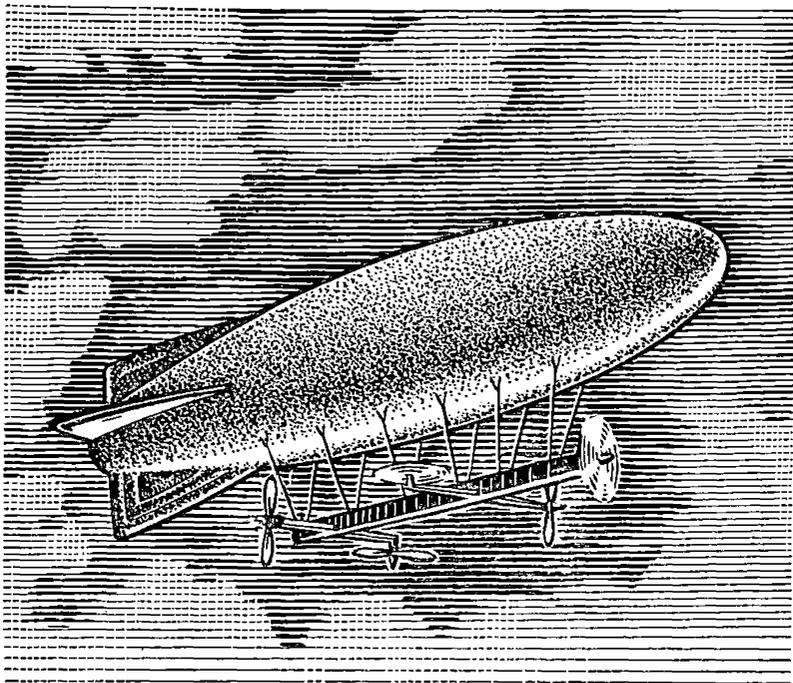
раздавались гудки, по желанию зрителей менялся курс, орудия разворачивались и открывали «огонь». В заключение «капитан» давал команду на подъем сигнальных флагов, и корабль «на всех парах» уходил за занавес.

Вслед за этим аттракционом Г. Джеффрис создал еще более эффектный — с радиоуправляемой моделью дирижабля. Этот воздушный аппарат был выбран не случайно. Дирижабль в те годы имел особую популярность во всем мире. В 1926 году на дирижабле «Норвегия» совместная норвежско-итало-американская экспедиция Амундсена — Нобиле — Эллсворта впервые в мире пересекла Арктику на пути из Европы в Америку, побывав над Северным полюсом. Во время перелета из Италии на Шпицберген «Норвегия» имела промежуточную посадку под Ленинградом, близ города Гатчины. Годом позже У. Нобиле решил повторить перелет на дирижабле «Италия», аналогичном «Норвегии». Однако после того как Северный полюс был достигнут, аппарат потерпел катастрофу. Уцелевшую часть его команды спас советский ледокол «Красин».

Неоднократно Г. Джеффрис демонстрировал свою модель дирижабля в ленинградском кинотеатре «Капитолий» (сейчас «Молодежный») во время дивертисмента, т. е. короткого концерта перед кинофильмом. Модель совершала над головами восхищенных зрителей два полных круга, выполняла повороты, сбрасывала конфетти и в заключение плавно снижалась вблизи пульта управления.

Баллон дирижабля имел каплеобразную форму длиной 3,5 м. Снизу была подвешена на нитях гондола с восемью электромоторами, работавшими от батареек карманного фонаря. Электромоторы вращали воздушные винты, создававшие тягу в разных направлениях. Для выполнения той или иной команды посредством простейшего радиопередатчика включался в работу соответствующий электромотор, и вращение винта от него обеспечивало реализацию команды<sup>16</sup>.

В дальнейшем модели кораблей и самолетов стали использоваться при съемках художественных фильмов. До этого, когда в фильме необходимо было показать машины прошлых времен, постановщикам приходилось идти на создание их макетов в натуральную величину. Такие действующие корабли-макеты могут по-настоящему плавать по волнам, а макеты-самолеты — совершать кратковременные полеты под управлением опытных летчиков-дублеров. Но все это, естественно, требует значительных финансовых затрат. Примерами таких дорогостоящих фильмов могут служить американский фильм 1949 года «Остров сокровищ», советская кинокартина 1975 года Одесской киностудии «Воздухоплаватель», американский кинобоевик 1970 года «Воздушные приключения». Для съемок первой из этих кинокартин старая английская шхуна «Рейнольдс» была полностью переоборудована под парусник XVII века<sup>17</sup>, для



Радиуправляемая модель дирижабля Джеффриса.

второй — ленинградские любители авиации соорудили полноразмерный самолет с двигателем 25,8 кВт (35 л. с.), во многих чертах схожий с самолетом «Фарман IV», для третьей — было построено и «облетано» семь самолетов периода 1909—1910 годов.

Сегодня, в целях сокращения расходов на киносъемки, когда надо запечатлеть морской или воздушный бой или, скажем, взлет или посадку самолета старого образца, используются самоходные модели кораблей или летающие модели самолетов.

Модели парусных, например, судов широко применялись в 50-е годы при съемках фильмов «Корабли штурмуют бастионы» и «Адмирал Сенявин», рассказывающих о героических подвигах русских флотоводцев. Модели русских и турецких кораблей были спроектированы и изготовлены известным художником-маринистом, знатоком парусного флота Д. Л. Сулержицким. Каждая модель имела 4,5 м в длину, была снабжена бегущим парусным такелажем и бортовой артиллерией, открывавшей «огонь» средствами пиротехники. Парусами, ходом модели и «огнем» орудий управлял из ее корпуса оператор.

Парусный «флот» Д. Л. Сулержицкого позволил с предельной достоверностью воспроизвести на киноэкране героические страницы из истории русского военно-морского флота.

В съемках фильма «Жуковский», выпущенном «Мосфильмом» в 1946 году, принимали участие московские авиамоделлисты. На кордовых летающих моделях-копиях самолетов 1912 года они показали те фигуры высшего пилотажа, которые впервые выполнил знаменитый русский летчик Петр Николаевич Нестеров на своем «Ньюпоре» в 1913 году. На экране модели выглядели настоящими самолетами тех далеких времен.

Для двухсерийной киноэпопеи «Балтийское небо», производства «Ленфильма», снимавшейся весной 1957 года и посвященной героической обороне Ленинграда в годы Великой Отечественной войны, все воздушные бои были также сняты на кордовых летающих моделях-копиях. Модели советского истребителя И-16 построил и управлял ими на съемках руководитель авиамodelьного кружка ленинградского Дворца пионеров, мастер спорта СССР Анатолий Кузнецов. Модели имели размах крыла порядка 1,2 м и были снабжены двигателем с рабочим объемом 10 см<sup>3</sup>.

В 1959 году Анатолий Кузнецов обеспечивал съемку полетных эпизодов другого фильма, уже приключенческого жанра, «Черная чайка». Для этой кинокартины авиамоделлистами была сделана кордовая модель-копия чехословацкого пассажирского двухмоторного самолета «Супер-Аэро», отработано ее безупречное пилотирование вблизи водной поверхности, что требовалось по сценарию. Модель имела размах крыла 1,3 м и была снабжена двумя двигателями с рабочим объемом 5 см<sup>3</sup>.

Фильм «Командир счастливой «Щуки», вышедший на экраны в 60-х годах, посвящен героическим подвигам советских подводников в годы Великой Отечественной войны. Все его боевые эпизоды сняты с использованием самоходных моделей судов, которые создали московские судомоделлисты, в частности мастер спорта СССР международного класса А. И. Целовальников.

В 1980 году на наши экраны вышел фильм «Поэма о крыльях». В нем рассказывается о двух выдающихся авиационных конструкторах — А. Н. Туполеве и И. И. Сикорском. По ходу сценария оказалось необходимым показать не только на земле, но и в полете ряд знаменитых самолетов — первый четырехмоторный самолет-гигант «Илья Муромец» постройки 1914 года, созданный И. И. Сикорским в России, пассажирский двухмоторный биплан S-29, построенный им же в 1924 году в США, первую одноместную авиетку АНТ-1, созданную в 1923 году А. Н. Туполевым, его же знаменитый АНТ-25, дважды перелетевший в 1936 году из СССР в США, а также грозный двухмоторный бомбардировщик периода Великой Отечественной войны ТУ-2. Для съемки на земле все эти самолеты

полностью или частично были выполнены в виде макетов в натуральную величину, причем с работающими двигателями, вращавшими воздушные винты. В полете же снимались кордовые модели-копии.

Постройка и пилотирование модели авиетки АНТ-1 с двигателем рабочим объемом 5 см<sup>3</sup>, а также биплана S-29 с размахом крыла 1400 мм и двумя двигателями «Радуга» с рабочим объемом 7 см<sup>3</sup> не представляли каких-либо трудностей. Но сооружение и регулировка модели многостоечного четырехмоторного биплана «Илья Муромец» потребовали от ее создателей серьезных усилий. На модели были установлены только два работающих двигателя ЦСКАМ с рабочим объемом 10 см<sup>3</sup>, два других были макетными.

Сложными как в изготовлении, так и в эксплуатации оказались кордовые модели-копии АНТ-25 и ТУ-2. Обе по замыслу режиссера должны были после взлета убирать в полете шасси. Это требовало применения на них системы уборки шасси, работавшей по радиокоманде. (На спортивных кордовых моделях-копиях радиоуправляемая уборка шасси не допускается.)

Модель-копия АНТ-25 имела размах крыла 2,1 м, на ней был установлен двигатель «Радуга» с рабочим объемом 7 см<sup>3</sup>. Размах крыла модели-копии ТУ-2 составлял 1,8 м. Она также была с двумя двигателями «Радуга».

На съемках все эти модели пилотировали опытные специалисты по кордовым моделям, мастера опорта СССР международного класса Н. Петров, Ю. Сироткин, П. Мальцев. Со стоящей перед ними задачей они справились блестяще.

Зарубежные кинематографисты также с большим успехом используют модели. Например, при съемках в 1978 году югославской картины «Партизанская эскадра» роль самолетов периода второй мировой войны выполняли радиоуправляемые модели-копии с мощными поршневыми двигателями. Те модели, у которых были убирающиеся шасси, стартовали со специальной катапульты при помощи резиновых шнуров<sup>18</sup>.

Модели стали находить применение и при создании документальных фильмов. В 1971 году в качестве носителя кинокамеры при съемках научно-популярного фильма о жизни птиц в болотах Африки была использована модель гидросамолета с размахом крыла 3 м, полетной массой 7 кг и двигателем с рабочим объемом 10 см<sup>3</sup>. Управлялась она по радио с резиновой надувной лодки<sup>19</sup>.

Таким образом, мы убедились, что летающие модели самолетов, вертолетов, дирижаблей, самоходные модели кораблей могут выполнять весьма полезные, важные и необходимые работы. В этом случае они являются, по-существу, миниатюрными машинами, столь же послушными человеку, как и большие. Однако маленькие размеры позволяют им выполнять задания, недоступные большим аппаратам.

## СПОРТ ПЛЮС ТЕХНИКА

### МОДЕЛИ ВЕРТОЛЕТОВ — МОДЕЛИ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ

В каждой области моделизма существуют классы действующих моделей-копий: в авиамоделизме — кордовые и радиоуправляемые модели-копии самолетов, в судомоделизме — самоходные модели-копии кораблей, в автомоделизме — радиоуправляемые модели-копии автомобилей. Существуют также классы экспериментальных моделей, которые не являются моделями-копиями и действуют по какому-то новому принципу. Строительство моделей некоторых из них особенно приветствуется международными федерациями. Это относится, например, к классу радиоуправляемых моделей вертолетов, где фиксируются мировые рекорды, проводятся международные соревнования. Развитие других классов экспериментальных моделей поощряется национальными клубами СССР, Польши, Швейцарии, США, Великобритании, ФРГ. Это касается моделей самолетов и планеров типа «летающее крыло», таймерных моделей вертолетов, моделей судов с новыми типами двигателей. О таких экспериментальных моделях и пойдет дальше наш рассказ.

Модель вертолета осуществила свой первый успешный полет почти 200 лет назад. Однако вертолетный моделизм долгие годы существенно отставал от других видов авиамодельного спорта.

Естественно, что первые спортивные модели вертолетов были резиномоторными. Выполнялись они по соосной схеме, повторяя в разных вариантах модель вертолета Лоннуа и Бьенвеню (см. с. 10). Особенно популярен был вариант соосной схемы, предложенный А. Пено еще в 1872 году. Его особенность состояла в том, что резиномотор вращал верхний пропеллер, а контрпропеллер наглухо соединялся с вращающимся фюзеляжем.

Резиномоторные модели вертолетов, выполненные по соосной схеме, имели минимальную массу, высокий и продолжительный (до нескольких минут) полет. Но со временем интерес к ним спортсменов был потерян. Причиной послужило их слишком отдаленное сходство с настоящими вертолетами. В настоящее время спортивные соревнования по классу резиномоторных моде-

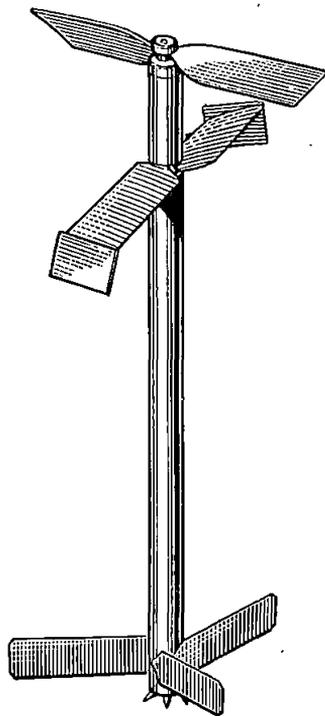
лей не проводятся, а фиксируются лишь мировые и национальные рекорды. Большинство из них принадлежит советским спортсменам. В частности, рекорд скорости — мастеру спорта СССР П. Мотекайтесу, продолжительности полета — мастеру спорта СССР А. Назарову.

Правда, некоторым авиамоделистам удавалось создавать оригинальные модели вертолетов с резиномотором, которые хотя и имели соосную схему, но своими конструктивными формами напоминали полноразмерные машины. Такие модели строили в 40-х годах английские, а в 60-х — польские, японские спортсмены и моделисты США. Известный американский спортсмен Д. Буркхэм успешно испытал в 1971 году свою одновинтовую резиномоторную модель «Пэнни» с хвостовым винтом и миниатюрным автоматом стабилизации Янга<sup>1</sup>.

Юным авиамоделистам было бы полезно, на наш взгляд, продолжить эксперименты по созданию резиномоторных моделей, похожих по своим конструктивным формам на полноразмерные современные вертолеты.

Довольно долго не удавалось создать и хорошей модели с поршневым двигателем. Первый мировой рекорд для таких моделей был установлен только в 1954 году. Обладателем его стал советский спортсмен М. Тищенко. Продолжительность полета составила 2 мин 49 с. Модель М. Тищенко была предельно простой по конструкции, однако ее устройство не обеспечивало перехода несущего винта на авторотацию, т. е. самовращение, которое необходимо для плавного спуска.

Этот недостаток отсутствовал у модели вертолета, созданной в 1953 году авиамоделистом из США Ч. Мак-Кутченом<sup>2</sup>. Ее конструкция была принципиально новой для того времени схемы — с аэродинамическим приводом. Это значит, что однолопастный несущий винт модели приводился в действие тягой пропеллера, вращавшегося в плоскости, перпендикулярной плоскости несущего винта. Пропеллер вращался поршневым двигателем, который находился на штанге, являющейся продол-



Модель вертолета  
П. Мотекайтеса с  
резиномотором.



жением лопасти. Характерной особенностью модели было отсутствие фюзеляжа.

Первое существенное достоинство модели состояло в том, что ее несущий винт после прекращения работы двигателя переходил на авторотацию, и модель начинала плавно снижаться, вращаясь в горизонтальной плоскости. Второе — в том, что не требовалось уравнивать реактивный момент от пропеллера, так как он вращался в плоскости, перпендикулярной вращению несущего винта.

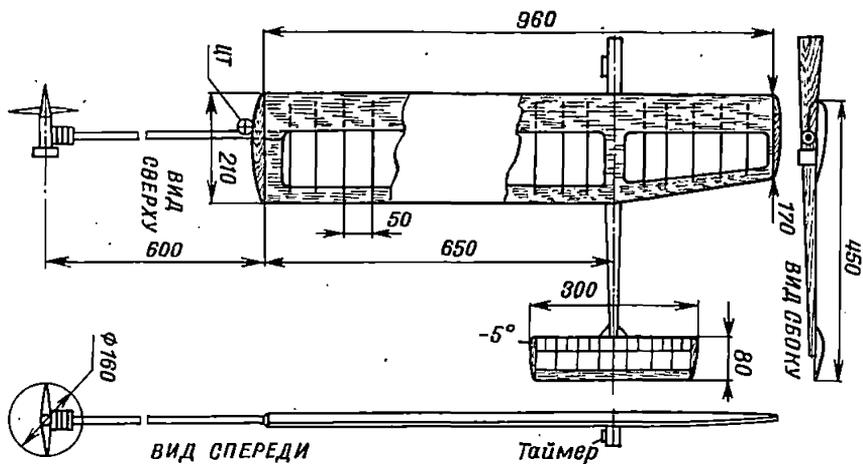
О достижении Ч. Мак-Кутчена довольно быстро стало известно во всем мире. Модели по его схеме начали строить в Англии, Венгрии, Польше, Румынии, во Франции и у нас в стране — в городах Харькове, Казани, Кронштадте, Ленинграде. Советские и румынские авиамоделисты установили на них ряд мировых рекордов в классе свободнолетающих моделей вертолетов с поршневыми двигателями.

Советские, английские и французские авиамоделисты модифицировали затем схему Ч. Мак-Кутчена, снабдив ее либо одним двигателем, укрепленным на специальной балке, расположенной поперек лопасти, либо двумя двигателями, размещенными симметрично на концах лопастей. При такой схеме на модели удавалось разместить под центром вращающегося несущего винта невращающийся в полете фюзеляж, снабдив его колесным шасси.

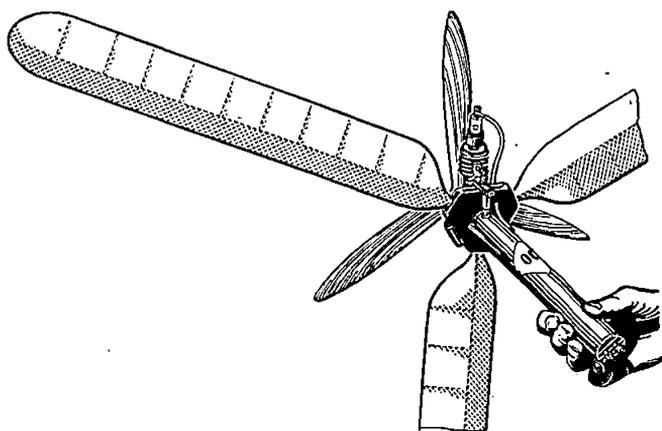
Подобные модели были созданы в 60-х годах ленинградцем С. Воробьевым, кронштадтцем Б. Борисовым, харьковчанином В. Найдовским, москвичами С. Казанковым и А. Давыдовым, школьниками из Москвы В. Трофимовым и В. Буданцевым и рядом казанских авиамоделистов. Советские моделисты не только успешно выступали с ними на соревнованиях, но и устанавливали мировые рекорды<sup>3</sup>.

Следует отметить, что в практике вертолетостроения известен всего один образец реально эксплуатировавшегося полноразмерного вертолета с аэродинамическим приводом. Им был одноместный австрийский аппарат конструкции Наглера, построенный в 1943 году<sup>4</sup>. Однако подобные машины распространения не получили.

Все летающие модели вертолетов с аэродинамическим приводом существенно отличаются по своему внешнему виду и характеру полета от современных полноразмерных аппаратов. Этот существенный недостаток можно было ликвидировать только переходом на соосную схему. При такой схеме модели вертолета с поршневым двигателем основную подъемную силу создает обычный пропеллер, установленный вертикально, а реактивный момент воспринимается несущим винтом. При этом пропеллер, насаженный непосредственно на ось поршневого двигателя, вращается быстрее, чем несущий винт, соединенный



Однолопастная модель вертолета с аэродинамическим приводом  
(г. Казань).



Модель вертолета с поршневым двигателем П. Мотекайтеса  
«Уодес-1» (1949 год).

с картером двигателя, так как диаметр первого меньше диаметра второго. Подъемная сила, создаваемая несущим винтом, сравнительно невелика. Главную работу несущий винт выполняет после остановки двигателя, когда, авторотируя, обеспечивает плавный спуск модели.

Впервые аппарат с поршневым двигателем, выполненный по такой схеме («Уодес-1»), был представлен П. Мотекайтесом из г. Шяуляя Литовской ССР на Всесоюзных соревнованиях авиамodelистов в 1949 году. После того как у подобных моделей стали размещать под несущим винтом объемный невращающийся фюзеляж, они сделались похожими на современные полноразмерные вертолеты с одним несущим и с хвостовым винтами.

В начале 50-х годов на модели, выполненной по такой схеме, спортсмен из ФРГ Г. Майбаум установил устройство самобалансировки лопастей в полете<sup>5</sup>. Вслед за тем его стали широко применять во многих странах. 13 марта 1958 года на модели вертолета с двигателем 1,5 см<sup>3</sup>, выполненной по соосной схеме и имеющей устройство самобалансировки лопастей, советский спортсмен А. Щербаков установил всесоюзный рекорд высоты полета, равный 510 м<sup>6</sup>.

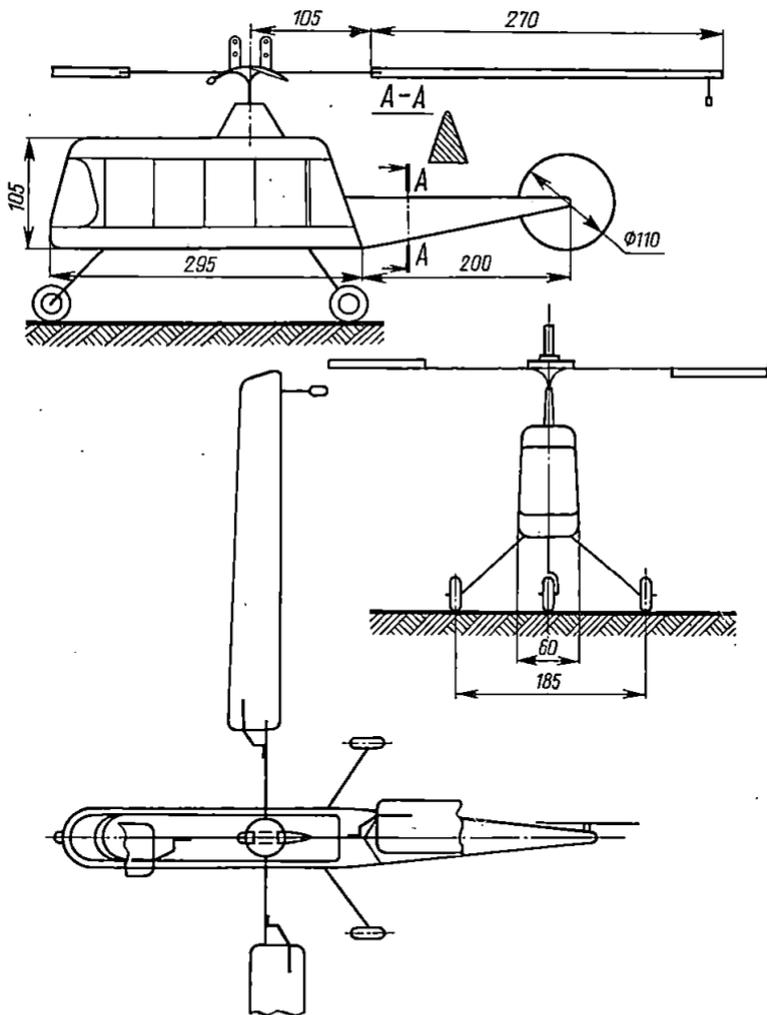
В дальнейшем усовершенствование соосной модели вертолета с поршневым двигателем пошло по линии увеличения количества лопастей несущего винта. В 1962 году Ф. Вюллнер из ФРГ создал модель с несущим винтом, имевшем четыре самобалансирующиеся лопасти. Она отлично летала. В 1965 году аналогичный микровертолет построил Б. Хорстенке из ФРГ. Его модель на соревнованиях показала столь стабильные результаты, что ею заинтересовались спортсмены не только ФРГ, но и Франции, Бельгии, Италии, Швейцарии.

В нашей стране соревнования таймерных моделей вертолетов проводятся с 1961 года. Модели соревнуются в наибольшей продолжительности полета при ограниченном времени работы двигателя. Сначала это были личные первенства московских спортсменов, затем матчевые встречи команд Москвы и Ленинграда. С 1964 по 1981 год проведено также девять матчевых встреч на личное первенство модельистов Москвы, Ленинграда, Казани, Харькова и других городов.

На соревнования в первые годы допускались модели любых схем, но позднее, когда их результативность сравнялась, было отдано предпочтение соосной схеме, как наиболее полно воспроизводящей характер полета полноразмерного вертолета и его внешний вид.

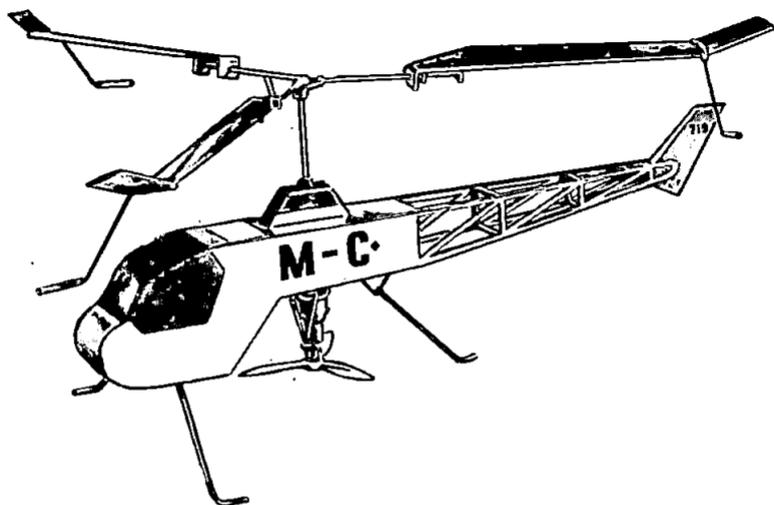
До 1966 года состязания проводились в три тура, с 1966 — в пять туров. Продолжительность работы двигателя до 1977 года составляла 60 с, с 1971—30 с. К участию допускаются в настоящее время модели, имеющие под несущим винтом невращающийся фюзеляж, площадь миделя которого составляет не менее 0,3 % от омегаемой площади винта. Максимально допустимая площадь последнего — 300 дм<sup>2</sup>. Строго ограничивается полетная масса модели. Она определяется умножением рабочего объема двигателя в см<sup>3</sup> на 300.

Большая заслуга в достижениях советских спортсменов, выступающих с таймерными моделями вертолетов, выполненных

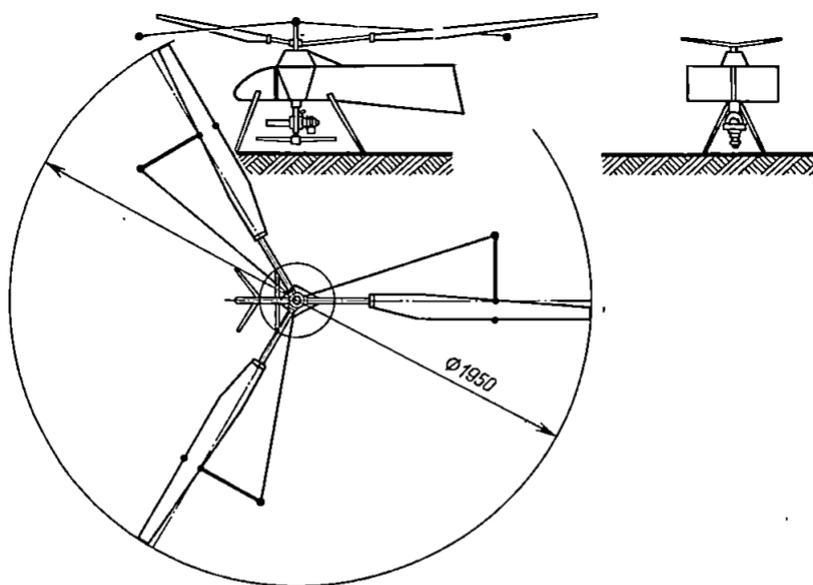


Модель вертолета с поршневым двигателем А. Щербакова (1958 год).

по соосной схеме, принадлежит ленинградцу мастеру спорта СССР, кандидату технических наук В. Слепкову, создавшему еще в 1961 году удачную модель такого типа. Благодаря ему, а также другим моделистам, взявшим на вооружение его конструктивную схему, от соревнований к соревнованиям росла средняя продолжительность полета модели в одном туре при времени работы двигателя 60 с. В результате, начиная с 1971 года, это время пришлось снизить до 30 с. Есть все основания полагать,



Модель вертолета с поршневым двигателем Ф. Вюллнера (ФРГ).



Модель вертолета В. Слепкова (1972 год).

что возможности конструктивной схемы В. Слепкова далеко не исчерпаны, что модели, построенные по ней, значительно улучшат результаты сегодняшнего дня.

Кроме таймерных есть еще один интересный класс моделей вертолетов — радиоуправляемые.

Первой в мире радиоуправляемой моделью вертолета, осуществившей демонстрационный полет по программе, заранее объявленной спортсменом, явилась модель с аэродинамическим приводом советского спортсмена С. Воробьева. Она была показана на Всесоюзных соревнованиях авиамodelистов в 1961 году.

Однокомандное радиоуправление было направлено на то, чтобы сместить центр тяжести модели вбок, вследствие чего создавался момент подъемной силы несущего винта относительно общего центра тяжести и происходил разворот модели.

Для перемещения центра тяжести применялось несложное устройство. На левом борту фюзеляжа размещался электромотор РУМ-2 с небольшим воздушным винтом на оси, укреплявшийся на рычаге шарнирно. При выключенном электромоторе между рычагом и плоскостью фюзеляжа образовывался угол порядка  $20^\circ$ , а центр тяжести модели располагался в середине фюзеляжа со смещением вперед на 65 мм. При таком его положении модель совершала поступательное движение вперед. Чтобы она развернулась, включался электромотор. При вращении его по часовой стрелке сила тяги воздушного винта перемещала рычаг в направлении к фюзеляжу. Это приводило к смещению центра тяжести модели влево и вызывало ее левый разворот. При вращении электромотора в обратную сторону модель совершала правый разворот. К сожалению, управлять моделью удавалось лишь при скорости ветра не более  $5 \text{ м/с}$ <sup>7</sup>.

В 1962 году мастер спорта СССР из города Кронштадта Б. Борисов построил трехкомандную радиоуправляемую модель вертолета с аэродинамическим приводом. Несущий винт этой модели приводился в действие двумя пропеллерами, вращавшимися двумя поршневыми двигателями. Под несущим винтом располагался объемистый фюзеляж, вмещавший в себя систему радиоуправления и снабженный шасси. Для управления моделью на несущем винте был применен автомат-перекос. В 1969 году американец Д. Буркем установил первый рекорд США по продолжительности полета радиоуправляемой модели вертолета. Он составлял 5.56 с. Однако настоящий спортивный успех подобных аппаратов начался в 1970 году, когда инженер Д. Шлюттер из ФРГ применил на модели вертолета предельно упрощенный автомат стабилизации системы Белла.

К своему успеху Д. Шлюттер пришел не сразу, а после упорного труда. Первую модель он испытал еще в 1967 году. Модель в основном повторяла схему известного вертолета «Фокке-Ахгелис-61», созданного еще в 1939 году. Это была ма-

шина с двумя двухлопастными несущими винтами диаметром 1 м и с самолетным оперением на фюзеляже. Радиоуправление обеспечивало возможность изменять шаг обеих несущих винтов одинаково или дифференцированно. Модель была явно перегружена, ее полетная масса составляла 4750 г. Из-за этого она поднималась на высоту не более 0,75 м.

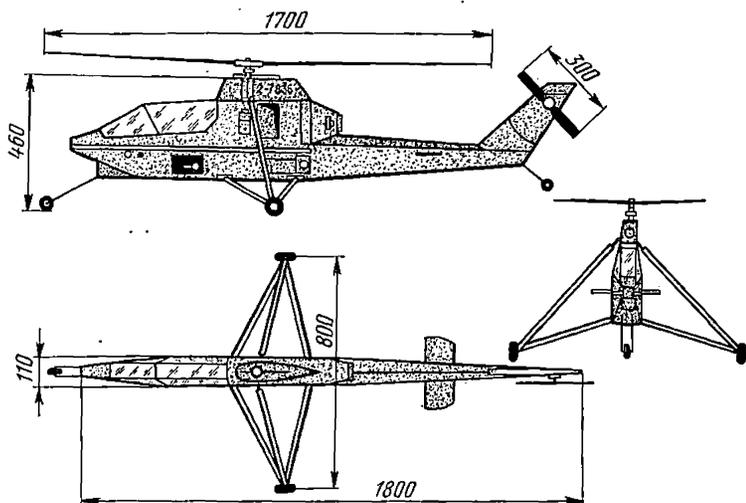
В начале 1968 года Д. Шлюттер завершил радиоуправляемую модель-копию одновинтового вертолета с рулевым хвостовым винтом «Хьюз-269А». Полетная масса модели составляла 4875 г. Для улучшения устойчивости в полете законцовки трехлопастного несущего винта диаметром 1,4 м были утяжелены. Радиоуправление осуществлялось на автомат-перекос, а также на рулевой винт с целью изменения его шага. Модель совершала полет продолжительностью до 1 мин на высоте около 6 м. Она с трудом переходила на режим авторотации и разбилась во время одной из посадок.

В том же году авиамodelист испытывал еще одну радиоуправляемую модель-копию (вертолета Сикорского S-58). Ее полетная масса составляла 4077 г, диаметр четырехлопастного несущего винта равнялся 1,2 м. Радиоуправление было аналогичным предыдущему. С этой моделью в середине сентября 1968 года ее автор выступил на первых международных соревнованиях по радиоуправляемым моделям вертолетов, проводившихся в ФРГ. Микровертолет выполнял два зачетных полета. Первый из них имел продолжительность в 3 с при высоте полета 1,8 м, второй — 4 с при высоте 2 м. И хотя второй полет, как и первый, закончился аварией с крупной поломкой, Д. Шлюттер на этих соревнованиях (в них состязалось 13 спортсменов) занял первое место. Второе место завоевал Ф. Бистерфельд со своей моделью-копией вертолета «Белл ОН-D-I», имевшей автомат стабилизации системы Белла. Модель эта устойчиво держалась в воздухе, но наибольшая «высота» ее полета не превышала... 1 см над землей<sup>8</sup>.

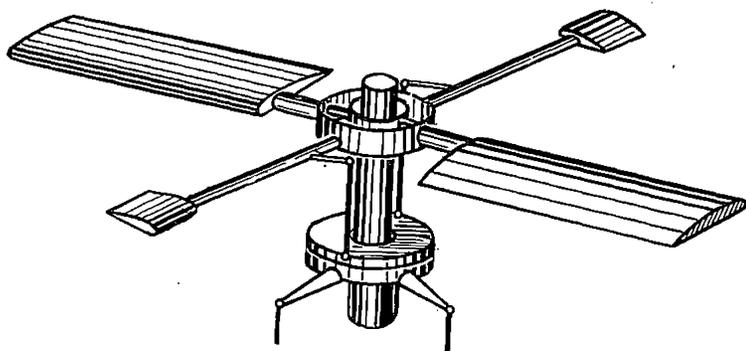
Соревнования, несмотря на низкие результаты, способствовали дальнейшему развитию вертолетного моделизма. Именно благодаря им Д. Шлюттер воспользовался опытом Ф. Бистерфельда и использовал на четвертой своей модели автомат стабилизации системы Белла, упростив его до предела.

Его новая модель представляла собой полукопию вертолета Белла «АН-16 G Хьюэ Кобра». Она имела сильно разнесенное трехколесное шасси с носовым колесом. Диаметр ее несущего винта равнялся 1,72 м, полетная масса 4970 г. Двигатель «Супер-тигр G-10» с рабочим объемом 10 см<sup>3</sup> развивал мощность около 0,74 кВт (1 л. с.). Радиокомандами осуществлялось продольное управление, управление креном, дросселем двигателя и общим шагом рулевого хвостового винта.

20 июня 1970 года модель Д. Шлюттера, публично продемонстрировав свои замечательные летные качества, установила



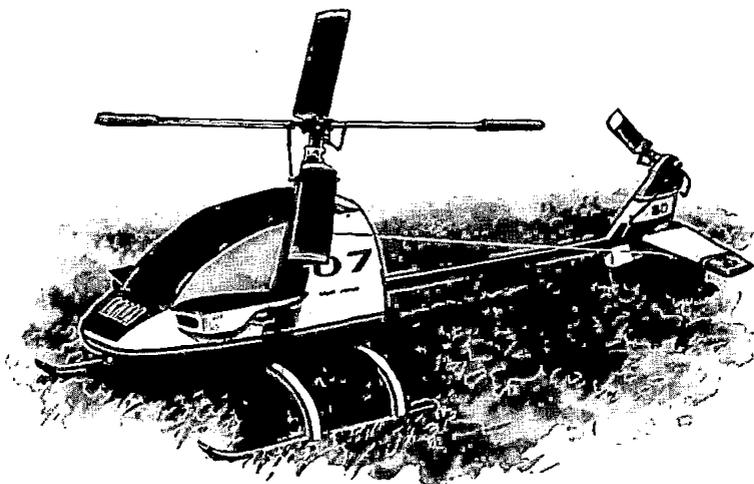
Радиоуправляемая модель вертолета Д. Шлюттера (1968 год).



Автомат устойчивости Д. Шлюттера.

два мировых рекорда: продолжительности полета — 27 мин 51 с и дальности по замкнутой кривой — 11,5 км.

В нашей стране первые успешные запуски радиоуправляемой модели вертолета осуществил московский авиамоделист В. Саломыков на матчевой встрече авиамоделистов-экспериментаторов в 1978 году. В 1981 году на таких же соревнованиях эффектные полеты радиоуправляемой модели вертолета продемонстрировал мастер спорта В. Макеев, за что ему был присужден приз памяти М. Л. Миля.



Радиоуправляемая модель вертолета В. Макеева (1979 год).

Весной 1979 года В. Макеев установил первый всесоюзный рекорд по этому классу моделей: продолжительность полета равнялась 6 мин 20 с. Летом того же года мастера спорта В. Макеев и И. Цыбизов установили еще один всесоюзный рекорд — на дальность полета по прямой. Она составила 2683 м. Модель летела со средней скоростью 55 км/ч на высоте 90 м. Управление производилось из следовавшего за нею автомобиля.

В 1973 году в Италии состоялись вторые международные соревнования по радиоуправляемым моделям вертолетов. К этому времени были уже разработаны и утверждены ФАИ типовые схемы выполнения моделями фигур высшего пилотажа. Наиболее сложным для исполнения оказалось упражнение «горка», включающее в себя поворот вокруг вертикальной оси и последующую посадку в центре круга диаметром 0,5 м. Первое место на соревнованиях занял швейцарский моделист Сунэ.

Авиамodelисты добиваются все новых успехов в создании радиоуправляемых моделей вертолетов. 17 июня 1974 года Д. Циглер из ФРГ осуществил перелет такой модели через пролив Ла-Манш. Модель представляла собой копию вертолета «Белл-212», выполненную по схеме Д. Шлюттера и собранную из набора, выпускаемого западногерманской фирмой «Граупнер». Во время перелета спортсмен управлял ею с борта вертолета. Перелет длился 67 мин. При этом двигатель модели с рабочим объемом 10 см<sup>3</sup> израсходовал 1,5 л горючего.

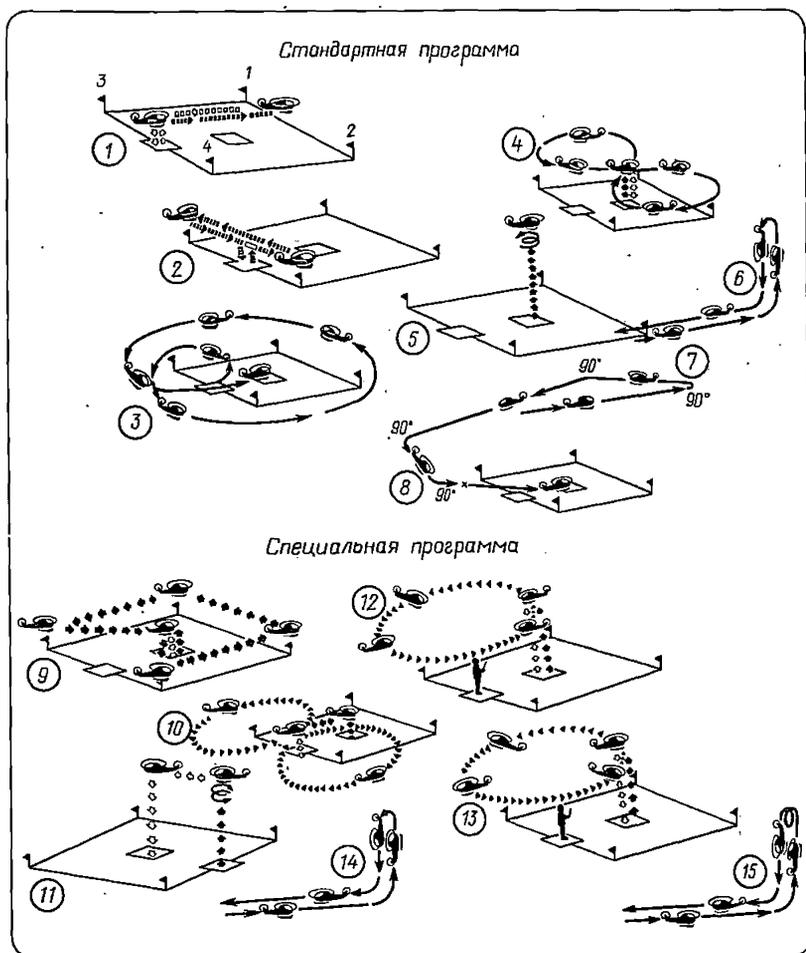


Схема упражнений для радиоуправляемых моделей вертолетов, утвержденных ФАИ.

Результаты, достигнутые в последние годы в классе радиоуправляемых моделей вертолетов, убедительно показали их перспективность, а также большие возможности для творчества при их усовершенствовании.

### НА СТАРТЕ — «ЛЕТАЮЩИЕ КРЫЛЬЯ»

В книге уже рассказывалось о моделях самолетов и планеров типа «летающее крыло», которые создавали ученые и энтузиасты авиации в поисках летательного аппарата будущего.

Сегодня такие самолеты и планеры являются действительностью. Наиболее характерными примерами сверхзвуковых самолетов, построенных по схеме «летающее крыло», служат советский пассажирский авиалайнер Ту-144, совершавший рейсы между Москвой и Алма-Атой, Москвой и Хабаровском со скоростью 2200 км/ч, «Локхид SR-71» — обладатель мирового рекорда скорости на дистанции 15 км (3331 км/ч) и французский одноместный истребитель «Мираж-2000», рассчитанный на скорость полета около 2500 км/ч.

Наряду с большой авиацией в малой также возрастал интерес к «летающему крылу». Первые спортивные модели такого типа создали советские авиамоделисты. В 1925 году киевский спортсмен И. Бабюк построил простейшую модель планера, повторяющую геометрические и аэродинамические особенности планера Б. И. Черановского «Парабола БИЧ-2». Модель И. Бабюка прекрасно летала, и подобные копии начали создавать многие любители авиамоделизма (см. с. 64).

В первой половине 30-х годов наши спортсмены не раз устанавливали для моделей самолетов и планеров типа «летающее крыло» всесоюзные рекорды. Приведем несколько примеров. В 1933 году на IV Всесоюзном слете юных авиамоделистов среди спортсменов до 16 лет рекорд для резиномоторных моделей самолетов типа «летающее крыло» установил Н. Трунченков из Западной Сибири. Его результат: дальность полета — 315 м, продолжительность — 1 мин 40 с. В следующем году на V Всесоюзном слете авиамоделистов среди спортсменов до 16 лет рекорда для моделей планеров типа «летающее крыло» добился В. Голубев из Ленинграда (дальность полета — 596 м, продолжительность — 2 мин 5 с). На этих же соревнованиях в старшей возрастной группе показал рекордное достижение для моделей планеров типа «летающее крыло» Н. Петров из Ленинграда (дальность полета 5510 м, продолжительность 2 мин 55 с).

В середине 30-х годов модели самолетов и планеров типа «летающее крыло» стали строить во всем мире, и федерация авиационного спорта начала фиксировать по ним рекорды.

С 1946 по 1949 год во Франции, в городе Лионе, регулярно проводились международные соревнования по свободнолетающим моделям планеров и моделям самолетов типа «летающее крыло» с поршневыми двигателями. Кроме французских авиамоделистов в них участвовали спортсмены Англии, ФРГ, Швейцарии и Нидерландов. На первых соревнованиях наибольшую продолжительность полета показала модель планера со стреловидным крылом швейцарца Х. Рустерхольца — 214 с. На последних значительного успеха достиг нидерландаец М. Отто — его модель планера со стреловидным крылом летала в течение 8 мин 45 с. На этих же соревнованиях французский моделлист Б. Порт добился первых успешных полетов таймерной модели самолета типа «летающее крыло». Его модель, имеющая прямое нестреловидное

крыло резко выраженного S-образного профиля, тянущий винт и двигатель с рабочим объемом 0,9 см<sup>3</sup>, при времени работы двигателя 16 с показала суммарное время полета 4 мин 42 с.

Несмотря на интерес, который проявляли спортсмены многих стран к моделям самолетов и планеров типа «летающее крыло», в 1955 году авиамодельная комиссия ФАИ приняла решение не регистрировать больше мировые рекорды по классу этих моделей, ссылаясь на то, что они не имеют достаточного принципиального отличия от моделей обычной схемы. Необходимо заметить, что ко времени принятия комиссией решения 18 из 23 рекордов принадлежали советским спортсменам.

Прекращение регистрации рекордов для моделей самолетов и планеров типа «летающее крыло» не снизило к ним интереса. В 1956 году проведение ежегодных международных соревнований по таким моделям было возобновлено. В 1956 и 1957 годах их организовал Аэроклуб Нидерландов. Участвовали в основном спортсмены Нидерландов, ФРГ, Англии. Преобладали модели планеров.

Соревнования 1959 года проводил Аэроклуб ФРГ, а в 1960 году они снова состоялись в Нидерландах. В двух последних встречах участвовали только команды из ФРГ и Нидерландов.

Все перечисленные состязания проводились в пять туров. Для моделей планеров длина леера составляла 50 м. Конструктивные формы моделей допускались самые разнообразные. Наряду с крыльями обычной стреловидности были крылья комбинированной стреловидности, а также переходящие в центральной части в обратную стреловидность.

В 1961 году соревнования проходили в ФРГ. Приехали спортсмены Югославии, Нидерландов, ФРГ и Швейцарии. Наилучших показателей среди таймерных моделей добился Нейхаузер из ФРГ, модель которого за пять туров показала суммарную продолжительность полета 376 с (97+69+110+46+54 с). Второе место — 372 с, третье — 268 с.

Первый результат для моделей планеров оказался у Хинтермана из Швейцарии. Суммарное время полета его модели равнялось 711 с (180+180+111+67+173 с). Второе место — 555 с, третье — 553 с.

С 1961 года международных соревнований по моделям самолетов и планеров типа «летающее крыло» не было. Однако в отдельных странах они организуются довольно регулярно. При чем в каждой есть специфические особенности их проведения.

В Польше, например, начиная с 1959 года, такие соревнования проводятся ежегодно, устраиваются аэроклубом города Гливицы по нормам ФАИ для свободнолетающих моделей: длина леера для моделей планеров — 50 м, масса резиномотора 50 г, продолжительность работы двигателя таймерной модели — 15 с. Состязания проходят в пять туров. С 1970 года в этой стране

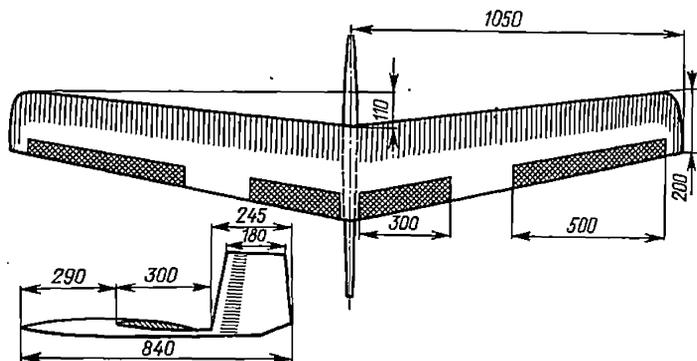
начали также ежегодно проводиться соревнования на приз памяти известного спортсмена М. Паздиорека.

Модели самолетов и планеров типа «летающее крыло» охотно строят английские спортсмены. Для них, начиная с 1960 года, на национальных соревнованиях авиамоделлистов Великобритании регулярно разыгрывается Кубок леди Шэлли. Этот кубок был учрежден за наибольшее суммарное время полета в течение трех туров при максимальной продолжительности каждого полета 3 мин. С 1975 года число туров снижено до двух. Единственное ограничение для моделей, участвующих в розыгрыше кубка,—отсутствие горизонтального оперения, длина леера для моделей планеров не более 76 м, продолжительность работы двигателя таймерной модели не более 30 с. Наибольшего успеха на этих соревнованиях добиваются, как правило, резиномоторные модели. В частности, в 1968 году модель К. Аттивелля со стреловидным крылом и толкающим винтом показала суммарную продолжительность полета 519 с, модель А. Броклехерста со стреловидным крылом и тянущим винтом —360 с.

Спортсмены ФРГ, начиная с 1977 года, проводят весьма интересные соревнования по радиоуправляемым моделям планеров типа «летающее крыло». Они устраиваются в окрестностях города Кальтенкирхей в дюнах при ветре, дующем на склоны. Модели, имеющие нагрузку на крыло от 22 до 35 г/дм<sup>2</sup> и размах крыла от 2 до 4 м, должны выполнить десять беспосадочных полетов дальностью 100 м с наибольшей высотой и максимальной скоростью. Модели летают между двумя рейками, установленными друг от друга на расстоянии 100 м. Максимальная высота полета замеряется теодолитом всякий раз, когда модель поравняется с рейкой, а затем определяется как арифметическое среднее одиннадцати замеров. Каждый участник соревнований имеет право выполнить три зачетных полета.

Модели на эти соревнования были представлены самых разнообразных конструктивных форм: с прямым крылом, с крылом обратной стреловидности, обратной стреловидности, с центральным размещением одинарного или двойного кия, с вертикальным оперением в виде концевых шайб. Первое место в 1977 году завоевал Й. Ландскрон с моделью, имевшей размах крыла 2,1 м, обратную стреловидность около 10°, нагрузку на крыло 34 г/дм<sup>2</sup> и раздельное радиоуправление на элероны и рулевые закрылки, расположенные в центроплане и выполнявшие функции руля высоты. Модель показала скорость 54,36 км/ч при высоте 28,5 м<sup>9</sup>.

Первыми зарубежными соревнованиями радиоуправляемых моделей, где модель самолетов типа «летающее крыло» заняла первое место, были швейцарские соревнования 1955 года. Модель победителя А. Бюкеля имела стреловидное крыло сравнительно небольшого удлинения, толкающий винт и двухкилевое оперение. В носовой части фюзеляжа размещался передний



Модель — победитель западногерманских соревнований радиоуправляемых моделей планеров типа «летающее крыло» (1978 год).

киль с рулем направления, который отклонялся с помощью системы радиоуправления (в те годы в авиамоделизме были распространены одноканальные системы). Аппарат А. Бюкеля в дальнейшем занял призовое место на международных соревнованиях в 1960 году в Бельгии.

В нашей стране до середины 50-х годов всесоюзные соревнования авиамоделистов были направлены на побитие международных рекордов, которые, как уже упоминалось, до 1955 года регистрировались ФАИ. После 1955 года соревнования моделей самолетов и планеров типа «летающее крыло» не проводились и были возобновлены лишь в 1967 году благодаря исключительно большому интересу к ним со стороны спортсменов города Серпухова Московской области. В 1967 и 1968 годах в Серпухове состоялись соревнования этих моделей на приз газеты «Комсомольская правда». Туров было пять. Для таймерных моделей время работы двигателя ограничивалось 60 с при объеме двигателя 2,5 см<sup>3</sup>. На этих соревнованиях неплохие результаты показала таймерная модель ученика седьмого класса В. Щербы: суммарное время полета составило 320 с (55+52+66+67+80 с). Модель имела стреловидное крыло со значительным сужением, небольшое центрально расположенное вертикальное оперение. Его действию помогали концевые ласты крыла, отогнутые книзу. Тяга создавалась тянущим винтом. Успеха добился и школьник А. Батанин из поселка Протвы Калужской области, выступивший с моделью планера. Ее суммарная продолжительность полета составила 327 с (156+31+40+52+48 с). Модель отличалась прямой центральной частью крыла, занимавшей половину его размаха. Ее консоли имели угол стреловидности 30°, закрылки, размещенные по их концам, были сильно отогнуты вверх, верти-



Модель планера типа «летающее крыло» эстонского спортсмена А. Роотса, показавшая суммарную продолжительность полета за пять туров — 687 с (1976 год).

кальное оперение укреплялось на хвостовой части фюзеляжа со значительным плечом.

После 1968 года соревнования моделей самолетов и планеров типа «летающее крыло» проводятся один раз в два года и носят характер матчевых встреч ряда городов. На таких соревнованиях 1969 года первое место по классу таймерных моделей занял Ю. Сипягин из города Казани. Его модель имела крыло необычной формы — со стреловидностью концами вперед. Суммарная продолжительность ее полета составила 382 с ( $51 + 60 + 60 + 131 + 80$  с).

Так как модели совершенствовались и их результаты на соревнованиях, естественно, росли, в 1971 году время работы двигателя таймерных моделей самолетов типа «летающее крыло» было уменьшено с 60 до 30 с.

Больших спортивных успехов в матчевых встречах 1972 и 1976 годов достигли авиамodelисты Эстонской ССР.

Последние годы на соревнованиях разыгрывается приз памяти генерального конструктора А. Н. Туполева и приз журнала «Моделист-конструктор». Они вручаются за личное первенство по каждому классу — по моделям планеров, резиномоторным и таймерным.

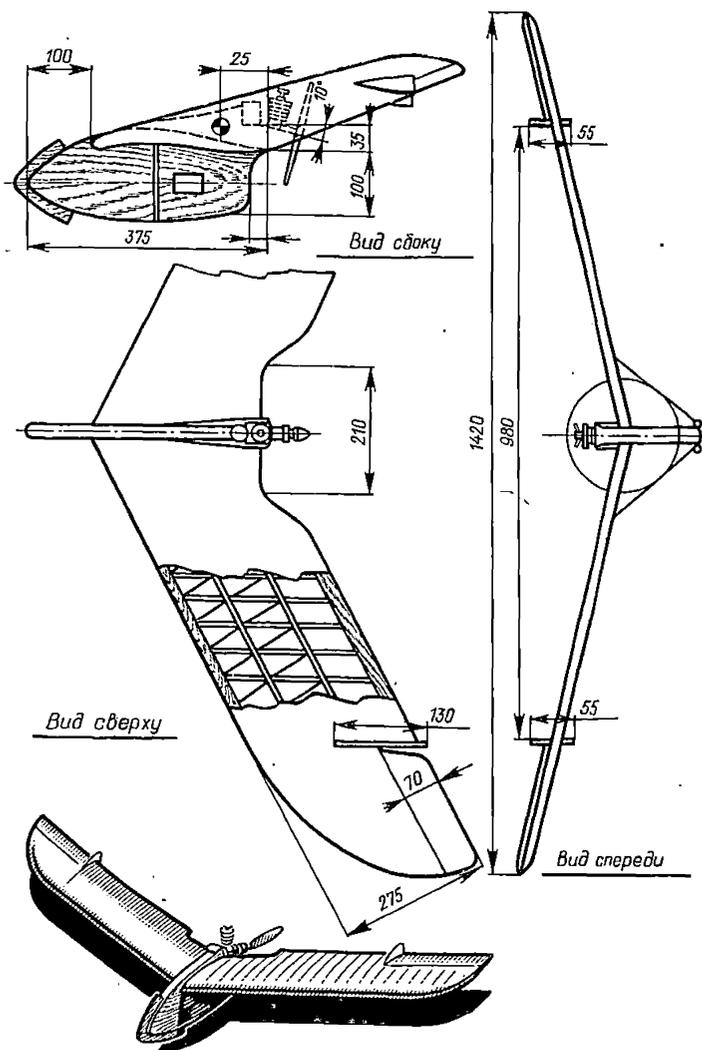
За рубежом (в Швейцарии) ежегодно проводятся национальные соревнования по моделям планеров типа «летающее крыло».

## ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЙ МАЛЫЙ ФЛОТ

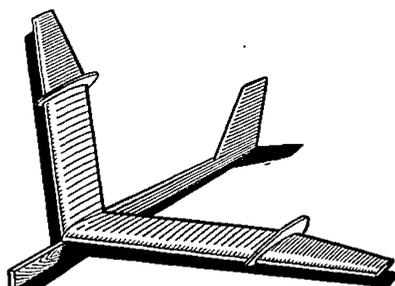
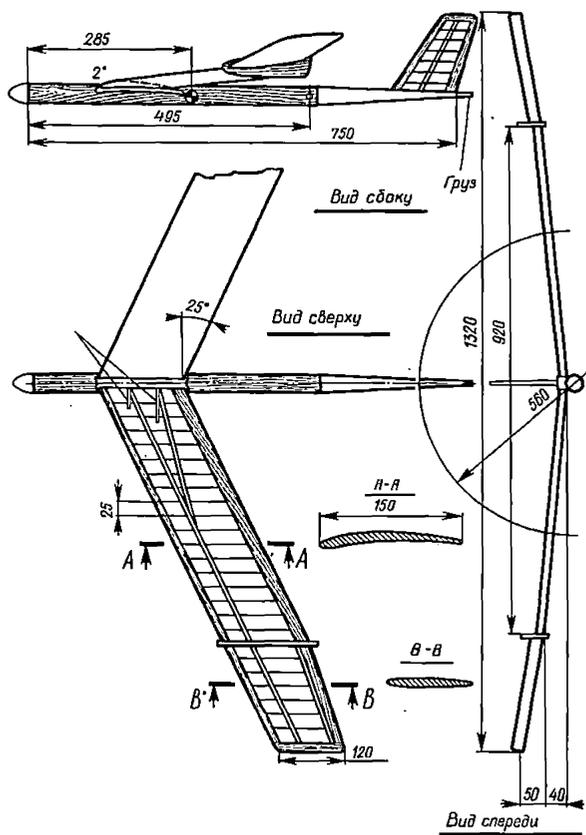
В судомоделизме одним из классов экспериментальных моделей является класс так называемых «поисковых моделей» — моделей яхт. Единственное ограничение для моделей яхт такого типа относится к площади паруса — она должна быть не более  $5000 \text{ см}^2$ . Этот класс, обозначаемый индексом *DX*, пользуется широкой популярностью во всем мире. У нас в стране первенство по нему ежегодно разыгрывается на городских, республиканских,

зональных и всесоюзных соревнованиях. Соревнования заключаются в проведении гонок на заданную дистанцию.

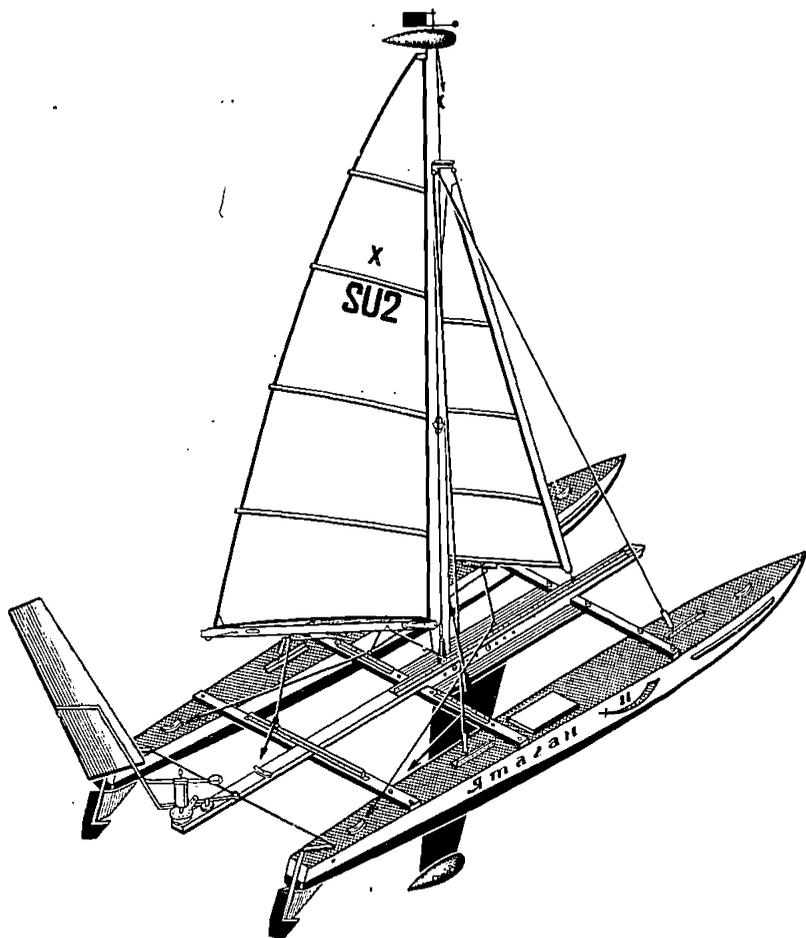
Работа судомodelистов в классе моделей *DX* по разработке целесообразных конструктивных решений моделей яхт и созда-



Таймерная модель самолета типа «летающее крыло» эстонского спортсмена А. Сильда, показавшая суммарную продолжительность полета за пять туров — 792 с (1972 год).



Резиномоторная модель самолета типа «летающее крыло» харьковчанина С. Клименкова, показавшая суммарную продолжительность полета за пять туров — 424 с (1972 год).



Модель яхты-катамарана «Ятаган» — призер ряда соревнований  
1970—1978 годов.

нию принципиально новых схем имеет прямую практическую пользу, так как их достижения могут в дальнейшем быть использованы в большом флоте. Ведь в настоящее время в ряде стран самым серьезным образом рассматривается вопрос о возрождении парусного торгового флота.

Судомоделисты-экспериментаторы создали уже немало интересных моделей. Это, в частности, яхты-катамараны, яхты на подводных крыльях, яхты с механизированными парусами-крыльями.

**МИР МОДЕЛЕЙ**

- <sup>1</sup> Библиотека воздухоплавания. 1910, № 7—9, с. 54—55.
- <sup>2</sup> Winter. Die Katalonische NAO von 1450.—Magdeburg, 1956.
- <sup>3</sup> Смена.—1973, № 7, с. 16—17.

**МОДЕЛЬ ПРОКЛАДЫВАЕТ ДОРОГУ**

- <sup>1</sup> Lecornu. La navigation aérienne.—Paris, 1903, p. 175—176.
- <sup>2</sup> Gibbs—Smith C. H. Sir George Cayley's aeronautic. 1796—1855.—London, 1962, p. 17.
- <sup>3</sup> Там же, p. 138—139.
- <sup>4</sup> Кронштадтский вестник.—№ 134, 1877, 5 января.
- <sup>5</sup> Dollfus E.-H. Petits modèles d'aéroplanes.—Paris, 1912, p. 21.
- <sup>6</sup> Там же, p. 22—23.
- <sup>7</sup> Самолет.—1932, № 8—9, с. 53.
- <sup>8</sup> Lecornu J. Les cerfs-volants.—Paris, 1902, p. 60—61.
- <sup>9</sup> Dollfus E.-H. Petits modèles d'aéroplanes.—Paris, 1912, p. 29.
- <sup>10</sup> Там же, p. 26—27.
- <sup>11</sup> Вейгелин К. Е. Очерки по истории летного дела.—Оборонгиз, 1940, с. 343.
- <sup>12</sup> Там же, с. 345.
- <sup>13</sup> Langley S. Memoir on mechanical flight.—Washington, 1911.
- <sup>14</sup> Труды XIII международного конгресса по истории науки: Секция XII.—М., 1974, с. 248—249.
- <sup>15</sup> Там же, с. 253—254.
- <sup>16</sup> Вечернее время.—№ 405, 1913, 16 марта.
- <sup>17</sup> Бубнов И. Н. Роберт Годдард.—М., 1978.
- <sup>18</sup> Вегчинкин В. П., Глушко В. П., Королев С. П., Тихонравов М.К. Пионеры ракетной техники: Избранные труды (1929—1945 гг.).—М., 1972.

**ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ**

- <sup>1</sup> Аэродинамическая лаборатория при кабинете прикладной механики императорского Московского университета: Труды отделения физических наук О. Л. Е., 1911, т. XV, вып. I.
- <sup>2</sup> Записки императорского русского технического общества 1896 г.—№ 10, с. 49—54.
- <sup>3</sup> Lanchester F. W. Aerial flight. Vol. I. Aerodynamics. Vol. II. Aerodynamics.—London, 1908.
- <sup>4</sup> Zeitschrift für Flugwissenschaft.—1957, № 1, s. 23—26.
- <sup>5</sup> Юрьев Б. Н. Избранные труды.—М., 1961, т. 2, с. 190—195.
- <sup>6</sup> Стражева И. В., Буева М. В., Борис Николаевич Юрьев.—М., 1980.
- <sup>7</sup> Миклашевский Г. В. Летающие модели.—М., 1946, с. 225—229.
- <sup>8</sup> Самолет.—1940, № 23—24, с. 24—25.
- <sup>9</sup> Letectivi + kosmonautika.—1976, № 6, с. 32—33.
- <sup>10</sup> Luftwissen.—1938, № 2, s. 5—39.
- <sup>11</sup> Letectivi + kosmonautika.—1975, № 11.
- <sup>12</sup> Техника — молодежи.—1956, № 2, с. 78—79. Мурычев Л. В. Летающие модели вертолетов.—М., 1955, с. 67.
- <sup>13</sup> Бесхвостые самолеты. Сборник переводов.—М., 1946.
- <sup>14</sup> Aircraft engineering.—1944, № 190, p. 340; 1945, № 191, p. 8; 1945, № 192, p. 41.
- <sup>15</sup> Flug+modelltechnik.—1962, № 6, s. 168.

- <sup>16</sup> Miller R. Without visible means of support.—Los-Angeles, 1967, p. 47—51.
- <sup>17</sup> Model aircraft.—1955, № 1, p. 9.
- <sup>18</sup> Journal of aeronautical science.—1946, № 7, p. 335—345.
- <sup>19</sup> Aviation week.—1948, № 22, p. 22—23.
- <sup>20</sup> Skrzydlata Polska.—1972, № 13.
- <sup>21</sup> Radiocontrol Manual-3. Herts, p. 70—81.
- <sup>22</sup> Model airplane news.—1976, April, p. 48.
- <sup>23</sup> Там же, 1976, November, p. 46.
- <sup>24</sup> Flicht.—1977, № 3572, p. 620.
- <sup>25</sup> Skrzydlata Polska.—1977, № 26.
- <sup>26</sup> Skrzydlata Polska.—1963, № 19.
- <sup>27</sup> Там же, 1979, № 2.
- <sup>28</sup> Gillis C., Mitchell I., d'Alutolo C. NASA technical report R.—65.—Washington, 1960.
- <sup>29</sup> Wilcock A. Vane steering gears.—Herts, 1965.
- <sup>30</sup> Катера и яхты: Сборник.—1971, № 3, с. 35—43.
- <sup>31</sup> Там же, 1967, № 9; 1968, № 14.

### МОДЕЛЬ—МАШИНА

- <sup>1</sup> Oeuvres de Franklin. T. 1, p. 63.
- <sup>2</sup> L'illustration.—№ 3616, 1912, 19 Juin.
- <sup>3</sup> Святский Д. О. и Кладо Т. Н. Занимательная метеорология.—Л., 1934, с. 136—149. Хахалин В. Советские радиозонды.—М., 1959.
- <sup>4</sup> Flugsport.—1925, № 1, s. 17, 18; № 3, s. 58—60; № 5, s. 124—125.
- <sup>5</sup> Воронцов П. А., Михель В. М., Эрлер А. А. Использование радиоуправляемых авиамodelей для аэрологических исследований нижних слоев атмосферы.—Л., 1958.
- <sup>6</sup> Крылья Родины.—1978, № 10, с. 43.
- <sup>7</sup> Skrzydlata Polska.—1979, № 4, 19.
- <sup>8</sup> Правда, 1980, 9 января.
- <sup>9</sup> Труды по истории техники: Вып. I.—М., 1952, с. 130.
- <sup>10</sup> Flying models.—1966, № 6, p. 20.
- <sup>11</sup> Красная звезда, 1976, 14 января.
- <sup>12</sup> Letectvi + kosmonautika.—1976, № 15, 21. Flieger revue.—1977, № 10.
- <sup>13</sup> Letectvi + kosmonautika.—1976, № 3.
- <sup>14</sup> Skrzydlata Polska.—1979, № 9. Letectvi + kosmonautika.—1976, № 12. Interavia airletter.—№ 8583, 1976, 7 Sept.
- <sup>15</sup> Interavia airletter.—№ 8402, 1975, 15 Dec.
- <sup>16</sup> Самолет.—1931, № 1, с. 46.
- <sup>17</sup> Morge.—1964, № 4.
- <sup>18</sup> Skrzydlata Polska.—1979, № 3.
- <sup>19</sup> Там же, 1972, № 44.

### СПОРТ ПЛЮС ТЕХНИКА

- <sup>1</sup> Modelarz.—1972, № 3, с. 12—14.
- <sup>2</sup> Aero modeller.—1954, № 7, p. 350—352.
- <sup>3</sup> Крылья Родины.—1959, № 2, 8; 1968, № 8. Юный моделист-конструктор.—1963, № 6, с. 14, 15; 1964, № 7, с. 15—17; 1965, № 13.
- <sup>4</sup> Камов Н. И. Винтовые летательные аппараты.—М., 1948, с. 120—122.
- <sup>5</sup> Zaic F. Model aeronautic veair work.—1957—1958, p. 171.
- <sup>6</sup> Новости авиамоделизма: Инф.-техн. материалы.—М., 1958, с. 18.
- <sup>7</sup> Юный моделист-конструктор.—1964, № 10.
- <sup>8</sup> Aeromodeller annual: 1969—1970. Herts.
- <sup>9</sup> Там же, 1978—1979. Herts.

## СОДЕРЖАНИЕ

МИР МОДЕЛЕЙ . . . . .	3
МОДЕЛЬ ПРОКЛАДЫВАЕТ ДОРОГУ . . . . .	8
ИНСТРУМЕНТ ПОЗНАНИЯ . . . . .	35
МОДЕЛЬ — МАШИНА . . . . .	92
СПОРТ ПЛЮС ТЕХНИКА . . . . .	105
Примечания . . . . .	126

*Вадим Игоревич Костенко,  
Юрий Степанович Столяров,*

### МОДЕЛЬ И МАШИНА

Заведующий редакцией *А. В. Островский*  
Редактор *З. П. Корягина*  
Художник *Е. И. Селезнев*  
Художественный редактор *Т. А. Хитрова*  
Технический редактор *З. И. Сарвина*  
Корректор *И. С. Судзиловская*

---

ИБ № 1168 .

Сдано в набор 13.03.81. Подписано в печать 30.11.81. Г-40279. Формат 60×90/16. Бумага офсетная № 1. Гарнитура литературная. Печать офсетная. Усл. п. л. 8,0. Уч.-изд. л. 8,19. Тираж 80 000 экз. (2-й завод 40 001—80 000 экз.). № заказа 1-160. Цена 60 к. Изд. № 3/п—14. Ордена «Знак Почета»

Издательство ДОСААФ СССР. 129110, Москва, Олимпийский просп., 22.  
Харьковская книжная фабрика «Коммунист». З10012, Харьков-12, Энгельса, 11.