

Мир моделей

В.И. Костенко, Ю.С. Столяров



В.И. Костенко
Ю.С. Столяров

Мир моделей

**В.И.Костенко
Ю.С.Столяров**

мир моделей

**Москва
Издательство ДОСААФ СССР
1989**

ББК 75.7
К71

DjVu: AlVaKo
05/08/2024

Рецензент докт. техн. наук *И. В. Стражева*
Редактор *В. Н. Ионов*

Костенко В. И., Столяров Ю. С.
К71 Мир моделей.— М.: ДОСААФ, 1989.— 200 с., ил.
95 к.

Авторы в популярной форме рассказывают об одном из увлекательнейших видов творческой деятельности — техническом моделировании, о той роли, которую играли модели в разные годы при постройке кораблей, самолетов, ракет, об использовании моделей учеными и конструкторами при создании современной техники

Книга содержит немало интересных, малоизвестных фактов из истории техники, любопытные сведения из области спортивного моделизма, в ней даются и конкретные рекомендации по моделированию

Для моделистов, организаторов технического творчества молодежи, а также широкого круга читателей

К $\frac{4204000000-019}{072(02)-89}$ 15-89

ББК 75.7
6Т5.15

ISBN 5-7030-0131-5

© Издательство ДОСААФ СССР, 1989

14 апреля 1910 года в московском манеже проходили конно-спортивные соревнования. Когда они окончились, было объявлено, что после раздачи призов лучшим наездникам в просторном помещении манежа будут проведены соревнования летательных моделей. Это были первые довольно крупные состязания моделей аэропланов у нас в стране. Хотя зрелище оказалось непродолжительным, присутствующие остались им довольны — плавные и устойчивые полеты миниатюрных аппаратов были впечатляющими.

Главный успех выпал на долю воспитанника реального училища Володи Рерберга. Построенная им модель самолета пролетела 36,5 м (1)*. Таков был первый рекорд страны. Приз чемпиону вручал 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 основные летные возможности моделей аэропланов, с тем чтобы в дальнейшем их использовать в опытах на аэродинамике.

История техники сохранила много примеров, когда создание модели помогало появлению на свет разнообразных машин, механизмов, сложных строительных сооружений. Ведь миниатюрную модель-копию будущей машины проще выполнить, чем сам оригинал. На такой модели представляется возможность проверить эффективность разных вариантов машины. Известно, например, что знаменитый русский механик и изобретатель Иван Петрович

* В скобках здесь и далее указан номер источника, из которого взяты приведенные сведения. Перечень литературы помещен в конце книги.

Кулибин, разработав проект удивительного по своему инженерному решению деревянного одноарочного моста через реку Неву в Петербурге, проверил правильность своих расчетов на модели-копии этого моста, выполненной в 1/10 натуральной величины. В конце декабря 1776 года модель хорошо выдержала испытание нагрузкой свыше 55 т.

В 1783 году еще одна модель оказала незаменимую услугу в развитии техники. Было это во Франции. В г. Анноне братья Жозеф и Этьен Монгольфье в июне запустили в полет модель теплового аэростата — бумажного шара, наполненного нагретым воздухом. А спустя несколько месяцев, 21 ноября 1783 года, в Париже при большом стечении публики на тепловом аэростате, изготовленном по образу и подобию модели, в воздух поднялся человек. Первыми воздухоплавателями стали храбрые Пилатр де Розье и д'Арлан. Их полет продолжался 25 мин.

В нашей стране воздухоплавание впервые стало служить научным целям — 30 июня 1804 года академик Я. Д. Захаров совершил в Петербурге полет на аэростате для исследования атмосферы. Полет продолжался 3 ч 45 мин.

Если в воздухоплавании — на летательных аппаратах легче воздуха — человек полетел менее чем через полгода со дня первого запуска модели воздушного шара, то в авиации, где полет происходит на аппаратах тяжелее воздуха, путь от первой летающей модели до

полета самолета был намного длиннее — около 100 лет. Все эти годы летающие модели верно служили ученым и конструкторам.

В успехах судостроения — одной из древнейших отраслей человеческой деятельности — также значительную роль сыграли модели.

В 60-х годах XIX века, когда важной экономической проблемой для Англии стала ускоренная транспортировка чая из Китая, создавались специальные скоростные парусные суда — чайные клиперы. Для выбора их конструктивных форм использовались самоходные модели. Ежегодно в бухте города Саутгемптона в присутствии большого числа публики проводились гонки моделей булдух парусников (2). Длина каждой модели достигала почти 2 м. Основные размерения корпуса и парусного вооружения модели-победительницы использовались затем при проектировании настоящих кораблей.

Самоходные модели судов и сегодня нередко являются помощниками инженера-судостроителя. Например, для того чтобы обеспечить круглосуточную переправу через Татарский пролив (с материка на остров Сахалин), используются морские паромы ледокольного типа. При разработке проекта такого парома горьковские судостроители в 1966 году успешно испытали сначала мореходные качества будущего корабля-исполнителя на его самоходной модели (3).

А вспомните знаменитые

плавания Тура Хейердала! В 1976 году известный норвежский путешественник и археолог-исследователь 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 (4).

Обычно модели делят на два

ли-макеты сохраняют для потомков вид машин своей эпохи, что бывает очень важно для правильного и четкого представления об эволюции техники. Например, в 1922 году в одной из египетских пирамид была открыта гробница фараона Тутанхамона, правившего за тринадцать с половиной веков до новой эры. В этой гробнице среди прочих предметов

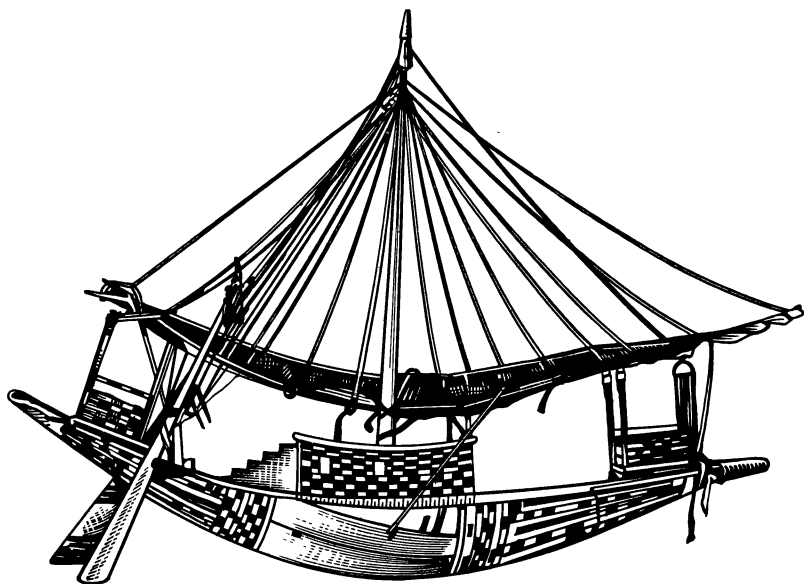


Рис. 1. Модель древнеегипетского корабля из гробницы Тутанхамона (ок. 1350 г. до н. э.)

вида: действующие и недействующие (работающие и неподвижные). Последние обычно называют макетами-нефункционирующими копиями натуральных машин.

Казалось бы, от недействующих моделей пользы мало. Однако это далеко не так. Моде-

обнаружили и модель древнеегипетского парусника (рис. 1), хорошо сохранившуюся и дающую достаточно полное представление об устройстве парусных судов тех лет (5).

Модель-макет позволяет также наглядно изобразить в миниатюре любую машину или

здание завтрашнего дня, сравнить их с предшественниками, представить их размещение на фоне других машин или сооружений. Макетное воспроизведение стало очень распространенным при проектировании новых городов, жилых массивов, при создании гидросооружений.

На макетах зданий инженеры-проектировщики проверяют, например, защищенность от действия ветра и солнечную освещенность жилых домов, их соответствие окружающему архитектурному ансамблю. Модели-макеты построек и сооружений могут иногда представлять собой и своеобразные музейные экспозиции. Так, например, в окрестностях нидерландского города 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. В этом «городе» есть свой действующий железнодорожный вокзал, есть морской порт и аэропорт.

Модуродам очень популярен у туристов, особенно у детей. Но и взрослые посетители этого города не могут не восхищаться талантом его архитекторов, умением моделлистов, искусно изготовивших макеты жилых домов, магазинов, школ, церквей, портовых сооружений, ратуши, вокзала, кораблей, медленно плывущих к причалу, самолетов, всегда готовых к взлету (6).

Действующие модели 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 возможные ситуации боевой обстановки (7). В последние годы в инженерной практике во всем мире широко применяются так называемые электронные модели.

Действие любого аппарата или машины может быть детально изучено не только посредством физического моделирования, когда оригинал геометрически уменьшается в определенное число раз, но и посредством так называемого электронного моделирования (8). Это моделирование осуществляется на специально подобранной электронной схеме, на выходе из которой воспроизводится в виде напряжения в сети изменения во времени основных параметров моделируемого аппарата или машины. При этом отдельные элементы электрической схемы подобраны так, что характеристики их электрических сопротивлений соответствуют изменениям механических свойств отдельных элементов натурального аппарата или машины. Подобный принцип моделирования осуществим благодаря тому, что в электроцепи можно реализовать практически любые математические действия,

в частности — сложение, вычитание, умножение, деление, дифференцирование и интегрирование.

Моделирование механических явлений, происходящих в натуральном аппарате, на его электронной модели основано на том, что как для натурального аппарата, так и для его электронной модели сохраняются одни и те же математические уравнения движения.

В отличие от физически и геометрически подобных моделей, электронная модель не дает возможности оценить внешние контуры моделируемого аппарата. Однако электронное моделирование имеет неоценимое преимущество перед физическим: путем несложных манипуляций в электросхеме представляется возможным менять в достаточно широких пределах как отдельные параметры моделируемого аппарата, так и условия внешних воздействий на него различного рода возмущений.

Этот метод позволяет существенно сократить время, требующееся для предварительного проектирования всякого нового аппарата. К тому же полностью исключаются временные и финансовые издержки на возможные поломки физически или геометрически подобных материальных моделей натуральных аппаратов. Так что в современной инженерной практике электронное моделирование находит все большее применение.

Вместе с тем у физически и геометрически подобных действующих моделей имеется од-

но существенное отличие, дающее известные выгоды. Такие модели представляется возможным использовать с большим успехом там, где необходимы минимальные размеры машины. Например, с помощью радиоуправляемой модели самолета удобно проводить систематические исследования атмосферы на небольших высотах. Разместив на такой модели метеорологическую аппаратуру, ее запускать многократно и в любое время суток. Подобный способ обходится значительно дешевле, чем исследования с помощью радиозондов, которые имеют одноразовое применение и, выполнив свою задачу, практически исчезают вместе с дорогостоящей аппаратурой.

Радиоуправляемую модель для метеорологических исследований первыми в нашей стране построили в 1955 году ленинградские авиамоделисты (9), а в настоящее время их созданием успешно продолжают заниматься сотрудники авиамодельной лаборатории при Казанском авиационном институте совместно с учеными-метеорологами. За рубежом разработаны радиоуправляемые модели самолетов, снабженные соответствующей аппаратурой, которым отводится роль теле- и фоторазведчиков в прифронтовой зоне военных действий.

Имеется еще один вид использования моделей машин: их испытание на специальных лабораторных установках. Разнообразные модели кораблей испытываются в опытовых бассейнах (в закрытом помещении). Модели буксируются в

воде специальной лебедкой; при этом определяются силы, действующие на них. На радиоуправляемых моделях кораблей в опытовых бассейнах проверяется маневренность будущего корабля при разных условиях, то есть при разном ветре и разном состоянии водной поверхности.

В научно-исследовательских учреждениях многих стран специальные модели испытываются в аэродинамических трубах. Среди них есть модели из металла, предназначенные для «взвешивания» действующих на них воздушных сил и моментов, когда воздушный поток в аэродинамической трубе движется со сверхзвуковой скоростью.

Есть модели, выполненные из легкой древесины-бальзы, снабженные специальными управляющими автоматами. Такие модели свободно перемещаются и совершают колебания в вертикально расположенных аэродинамических трубах. С их помощью устанавливается поведение самолета при выходе из штопора, чтобы затем после соответствующей обработки результатов испытаний моделей дать летчикам необходимые рекомендации для пилотирования. Проектирование таких моделей, предназначенных для лабораторных исследований, их изготовление и подготовка самих экспериментов являются особыми разделами инженерной практики для ряда отраслей современной техники.

Все перечисленные сферы использования моделей машин и аппаратов не исчерпывают интереса, который проявляется в

настоящее время к моделям разного рода. Во всем мире любители моделизма строят действующие модели-копии полноразмерных самолетов и кораблей, автомобилей, ракет и космических аппаратов, танков, локомотивов и вагонов. Существует немало энтузиастов, которые проектируют, строят и испытывают экспериментальные модели с применением новых технических идей.

Множество людей разного возраста с увлечением создают демонстрационные модели-макеты всевозможной транспортной техники. Это дело привлекает главным образом молодежь и особенно школьников. Для них часто проводятся конкурсы-выставки моделей по различным разделам техники. У нас в стране, например, ежегодными являются всесоюзные выставки лучших моделей и макетов железнодорожных составов и станционных построек; журнал «Моделист-конструктор» проводит всесоюзный конкурс школьников «Космос» с выставкой оригинальных работ и защитой проектов по космической тематике, а журнал «Крылья Родины» — всесоюзные выставки, на которых выявляются лучшие по исполнению модели-копии советских самолетов периода Великой Отечественной войны. По многим видам моделизма проводятся соревнования самого различного масштаба, на которых определяется, чья модель лучше действует и чья лучше выполнена.

Проектирование, постройка моделей, эксперименты с ними играют очень важную роль в

политехническом образовании, трудовой подготовке детей и подростков, содействуют расширению их научно-технического кругозора, развитию творческих способностей.

Спортивным моделизмом во всем мире руководят авиамодельная комиссия авиационной

федерации (ЦИАМ ФАИ), судомодельная федерация (НАВИГА), автомодельная федерация (ФЕМА). Во все эти международные организации входят как равноправные члены соответствующие всесоюзные федерации, созданные в нашей стране.

В поисках стального сердца

История освоения человеком 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 небольшие 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. Но в связи с интенсивным ростом городов все чаще начинают пробиваться ростки промышленного производства — мануфактуры, представляющие собой первые фабрики по изготовлению продукции широкого потребления.

Жизнь настойчиво требовала новых, более эффективных источников энергии. Тогда-то и появилось на свет стальное сердце мануфактуры — двигатель, в котором работал пар. Над его созданием энтузиасты, одержимые техническими идеями, почти одновременно трудились в различных странах. Взгляните на приводимую ниже хронологию событий, связанных с освоением человеком энергии водяного пара, этот своего рода технический фон, на котором зарождалась ранняя промышленность.

1711—1712 год, 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 паровую машину с вращательным движением, приводившую в действие молот.

1786 год. В Лондоне пускается первая паровая мельница.

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

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

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 Г. Гернием 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 1786 году английский изобретатель Уильям Мёрдок сконструировал, по-

строил и испытал в г. Редрете успешно действующую модель трехколесной тележки, снабженной паровым двигателем (рис. 2). Его работу по этим интересным опытам, однако, никто не поддерживал и в дальнейшем он был вынужден их прекратить. Тем не менее Ричард Тревитик, сын корнвалийского инженера, еще подростком присутствовавший при демонстрации модели У. Мёрдока, очень заинтересовался конструкцией этого талантливого изобретателя и воспроизвел впоследствии в своей первой паровой повозке, предшествовавшей созданию паровоза, многие элементы модели. Р. Тревитик стал создателем первой «паровой кареты» и первого паровоза. «Паровая карета» появилась на дорогах Англии в 1802 году (1).

Итак, в первой трети XIX века паровой двигатель реально помогал человеку ездить по земле и плавать по воде. И в этой сложной изобретательской работе ему помогала действующая модель будущей машины. Однако пытливый человеческий ум уже искал пути использования его и для передвижения по воздуху; исследовалась проблема создания с его помощью управляемого летательного аппарата, ведь аэростаты могли передвигаться лишь по воле ветра.

Двигатель для такого аппарата был уже известен — воздушный винт. Его описание дал еще в 1489 году Леонардо да Винчи (2). В многотомном исследовании англичанина Д. Нидхэма «Наука и культура

в Китае», вышедшем в Кэмбридже в 1965 году (3), упоминается о том, что идея полета посредством воздушного винта была выдвинута в Китае в 320 году нашей эры алхимиком Хо-Хунгом в рукописном труде «Гао-пу-дзы». Документально известно, что английский ученый Д. Кейли, впервые сформулировавший в самом начале XIX века идею полета са-

из рукоятки и отправлялся в свободный полет.

Из дошедших до нас документов следует, что такая игрушка, именовавшаяся «китайским волчком», была известна во Франции в середине XV века. Из упоминавшегося уже нами труда Д. Нидхэма известно также, что в Китае же с давних пор популярна детская игрушка «Ху-Чинг-Тхин» (бам-

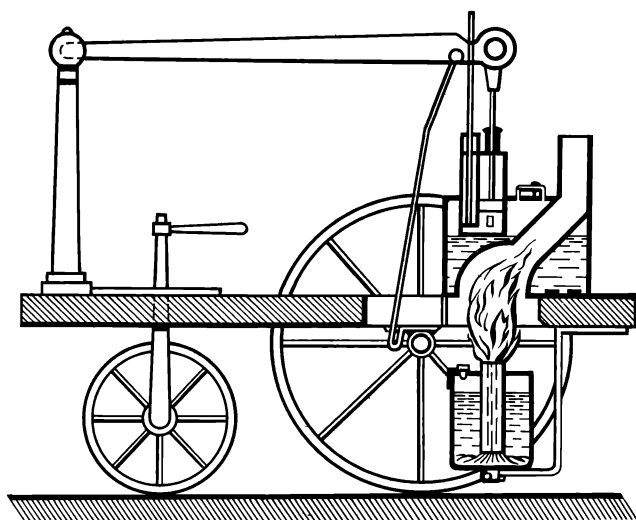


Рис. 2. Схема модели паровой повозки У. Мёрдока (1786 г)

молета, в 1853 году (4) занимался изучением полета миниатюрной инерционной модели вертолета с трехлопастным воздушным винтом — в те годы популярной детской игрушки. Она запускалась благодаря быстрому раскручиванию шнура, намотанного на ось воздушного винта. Ось свободно вращалась в рукоятке и могла легко из нее выниматься. Под влиянием создавшейся подъемной силы воздушный винт, вращаясь по инерции, выскакивал

буковая стрекоза), являющаяся также моделью инерционного вертолета. Не исключено, что она и явилась тем «китайским волчком», который попал в Европу в середине XV века.

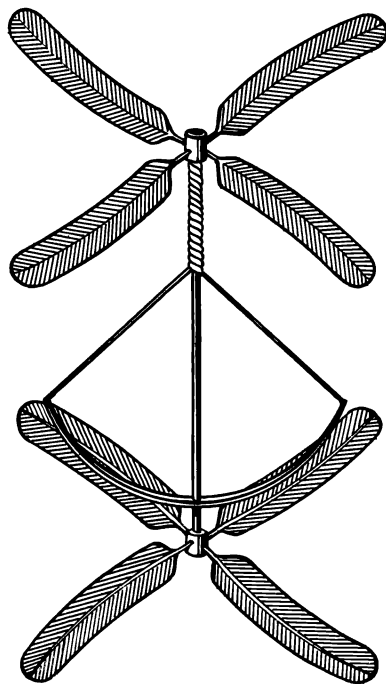
В настоящее время опубликованы сведения о картинах, написанных масляными красками в Европе в XV и XVI веках, где изображены в качестве предметов, дополняющих облик человека, «китайские волчки» (5), иными словами, инерционные модели вертолета.

19 апреля 1784 года, то есть через полгода после первого полета человека на тепловом аэростате братьев Монгольфье, парижская газета «Журнал де Пари» опубликовала письмо, адресованное своим читателям, от двух парижан — физика Б. Лонуа и натуралиста Ж. Бьенвеню — об успешной демонстрации ими полета миниатюрной модели (6) с дву-

Успешные полеты модели вертолета Лонуа и Бьенвеню (7) убедили последующих изобретателей в возможности использования воздушного винта для полета человека. Так, например, на основе опыта с моделью Лонуа и Бьенвеню английский ученый Д. Кейли в 1796 году провел опыты с аналогичной моделью. Об этом Кейли сообщил в статье «О

Рис. 3. Модель вертолета Б. Лонуа и Ж. Бьенвеню (1784 г.)

мя воздушными винтами (в современной нам терминологии — летающей модели вертолета с соосными винтами) (рис. 3). Это был первый документально зафиксированный полет искусственного аппарата тяжелее воздуха, созданного человеком. Модель массой 90 г имела два четырехлопастных винта, лопасти которых были выполнены из птичьих перьев. Воздушные винты вращались в разные стороны от раскручивающейся тетивы лука. Изобретатели модели, в частности, писали: «Наш опыт с летающей моделью показал, что кроме полета на аэростате, наполненном горячим воздухом или водородом, возможен полет человека и на аппарате тяжелее воздуха, если этот аппарат снабдить воздушными винтами, приводимыми во вращение».



воздушной навигации», опубликованной в 1809 году в «Журнале натуральной философии, химии и искусств», издававшемся В. Никольсеном в Лондоне (8). Там, в частности, упоминалось: «Если вместо этих малых перьев сделать большие поверхности, имеющие площадь

18 м², аналогично расположенные или еще более целесообразно размещенные и вращаемые человеком или двигателем требуемой мощности, то появится эффект такой же, как у модели...» В этой статье было приведено четкое изображение модели Лонуа и Бьенвеню. Именно после статьи Кейли многие изобретатели летательных аппаратов — дирижаблей и самолетов, и в частности У. Хэнсон (в 1843 году создавший первый инженерный проект самолета), применяют для своих аппаратов в качестве движителей воздушный винт, который оказался вполне эффективным на летающей модели Лонуа и Бьенвеню. Вращая воздушный винт, можно было создать тягу для полета в нужном направлении.

В связи с этим вполне естественными выглядели попытки изобретателей использовать для вращения этого воздушного винта паровую машину. Но создать облегченную паровую машину повышенной мощности долгое время не позволял низ-

кий 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 у крыла 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 удавалось почти до конца XIX века. И это несмотря на все ухищрения конструкторов, пытавшихся применить даже систему водотрубных котлов. Удовлетворительных результатов они добились лишь к концу века. Однако к этому времени уже появились двигатели внутреннего сгорания, у которых отношение мощности к массе было намного больше, чем у паровых.

Дирижабль — первый управляемый летательный аппарат

Дирижабль — управляемый аэростат. В силу этого свойства он и получил свое название, так как в переводе с французского «дирижабль» означает «управляемый».

В 1850 году французский часовщик Жюльен из предместья Парижа Виллежюиф соорудил большую модель дирижабля с двумя воздушными винтами, приводимыми в действие часо-

вым механизмом массой 450 г. Эта модель, имевшая в длину 7 м и массу 1160 г, представляла собой хорошо продуманную конструкцию (9). Форму для нее — удлиненный, утолщенный в передней части баллон — изобретатель выбрал, основываясь на опытах по замеру сил, действующих на деревянные модели в проточной воде.

Корпус баллона был склеен из отдельных кусков тончайшего материала — бодрюша, выделяемого из бычьих кишок. Бодрюшовый баллон опоясывали тонкие деревянные обручи, повторяющие его форму. На переднем обруче, по обеим сторонам баллона, располагались два двухлопастных пропеллера, приводимых во вращение сильной часовой пружи-

жане, заполнившие 6 ноября 1850 года столичный ипподром во время ее запуска, пришли в восторг от увиденного. Модель неоднократно запускалась, держалась в воздухе устойчиво, нередко двигалась даже против сильного ветра (рис. 4).

На следующий день Жюльен повторил свои опыты. Среди многочисленных зрителей оказался Анри Жиффар, молодой

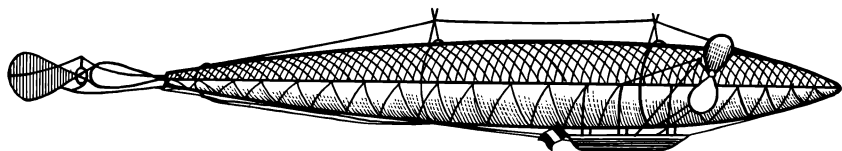


Рис. 4. Модель дирижабля часовщика Жюльена (1850 г.)

ной, размещенной в гондоле. Крутящий момент передавался от пружины на воздушные винты посредством ременной передачи.

К последнему обручу крепились хвостовое оперение, состоящее из двух каплевидных плоскостей. Первая была поставлена горизонтально, вторая — вертикально. Установка перед полетом этих поверхностей под определенными углами позволяла задавать направление и наклон траектории полета модели. Модель дирижабля, наполненная водородом, была сбалансирована так, что общий центр ее масс совпадал с центром аэростатической подъемной силы. Через него также проходила практически и сила тяги воздушных винтов. Все это обеспечивало устойчивый и плавный полет модели. Пари-

талантливый механик, специалист по паровым машинам. Глядя на плавные полеты модели, 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 намеревался использовать хорошо знакомую ему паровую машину.

Уже через год он получил патент на дирижабль, для которого 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 сов-

сем небольшой. В течение года он строит свой первый управляемый аэростат с паровым двигателем.

Публичное испытание в полете первого дирижабля состоялось 24 сентября 1852 года на том же парижском ипподроме. На следующий день в газете была опубликована статья А. Жиффара «Описание первого парового аэростата», позднее перепечатанная в ежегодных отчетах Парижской академии наук (10). 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 острыми концами; длина его 44 м, диаметр в средней части 12 м; он содержит около 2500 м³ газа. Со всех сторон, кроме верхней части острых концов, оболочка 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, укрепленный одной стороной к задней стропе сети. Эта 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 его хода... Машина установле-

на 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 менее двух лет после демонстрации полета модели дирижабля часовщика Жюльена в небо поднялся настоящий дирижабль.

Предшественники самолета

Уже упоминалось, что идея летательного аппарата тяжелее воздуха с неподвижным крылом, служащим для образования подъемной силы, принадлежит английскому ученому Д. Кейли. Первого декабря 1804 года в записной книжке ученого появился рисунок такого аппарата. Это планер,

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

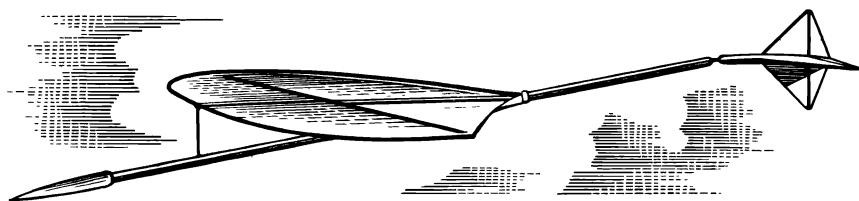


Рис 5. Первая модель планера Д. Кейли (1804 г.). Реконструкция в Национальном британском музее

имеющий вместо крыла плоский воздушный змей (рис. 5). А рядом описание устройства модели и ее первого запуска (11).

Из текста ясно, что бумажный змей, размещенный на деревянном стержне, спереди с помощью специальной стойки был приподнят на угол 6° . На стержне имелся груз для перемещения центра массы модели и хвост из двух взаимно пересекающихся под прямым углом поверхностей, каждая по $0,5 \text{ дм}^2$. Полная масса модели составляла 108 г и при площади змея 10 дм^2 соответствовала скорости полета 4,5 м/с. Размещением центра массы и установкой хвоста относительно стержня можно было регулировать угол наклона траектории полета.

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, требуемую для горизонтального полета. По этому поводу изобретатель в одной из своих рукописных работ сообщал:

«Поверхность крыла составляла 485 дм^2 . Крыло было сделано из хлопчатобумажного полотна, туго растянутого между двух планок, таких же, как реи, 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 имел массу 7,3 кг. Хвост площадью 23 дм² поднят на угол около 8°. Аппарат имел также вертикальный руль для управления. Его площадь 9,3 дм². Скорость менялась от полета к полету, но лучший показатель — 610 м за 6 с. Следовательно, скорость около 10 м/с при угле 7° к линии полета* поддерживает массу 7,3 кг поверхностью размером 485 дм². Эти данные соответствуют измерениям вороны» (12).

В 1853 году во французском «Бюллетене аэростатического и метеорологического общества» ученый приводит данные еще более удачной модели планера. Они следующие: у крыла хорда 0,188 м и размах 1,295 м, что дает площадь 244 дм². Площадь горизонтального руля 55,6 дм², вертикального — 18,69 дм². 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, 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, который к 1842 году завершил проект летной машины с паровым двигателем. С 1844 по 1847 год изобретатель вместе с механиком Д. Стрингфеллоу занимался постройкой и испытанием ее моделей. Одна из них имела массу 12 кг, размах ее крыла достигал 6 м, а площадь 600 дм². Модель была оснащена двумя четырехлопастными винтами, вращавшимися со скоростью 300 об/мин от миниатюрной паровой машины прямого действия, имеющей один цилиндр диаметром 38 мм с ходом поршня 76 мм и снабженной 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 го-

* В современной терминологии — угол атаки крыла.

** В 1973 году к 200-летию со дня рождения Д. Кейли английские авиамоделисты построили такую модель. Она отлично планировала и даже парила.

ду Д. Стрингфеллоу построил модель моноплана — летательного аппарата тяжелее воздуха с одним крылом. Размах крыла модели составлял 3 м, площадь — 130 дм^2 , 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.

0,795 кВт (1,1 л.с.) изобретатель получил премию.

Модель сопровождала работу 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 возмож-

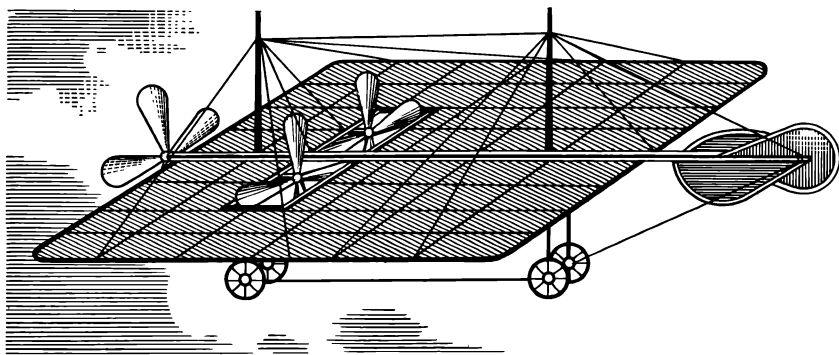


Рис. 6. Модель самолета А. Ф. Можайского (1876 г.)

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 с тремя крыльями, расположенными одно над другим. Модель имела массу 5,4 кг, общую площадь крыльев 260 дм^2 , паровую машину мощностью 0,24 кВт (0,33 л.с.). Она с успехом демонстрировалась на первой в Великобритании выставке по авиации, проводившейся в Лондоне. За эту модель и паровой двигатель мощностью

нность создания летательного аппарата тяжелее воздуха он начал в 60-е годы 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 (рис. 6). Вот как описывал это событие корабельный инженер П. А. Богославский: «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» (13).

Один из организаторов Российского воздухоплавательного общества В. Спичин 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 колесиках. 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 и 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 (20 л.с.) и 7,35 кВт (10 л.с.). Масса двигательной установки с котлом, приходившаяся на 1 кВт, составляла рекордную для тех времен цифру — немногим более 6,8 кг. Во время одного из испытаний самолет А. Ф. Мо-

жайского совершил кратковременный отрыв от земли. Это были первые в мире летные испытания самолета с человеком на борту. К началу 60-х годов 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. Так впервые в 1865 году известный уже нам часовых дел мастер Жюльен (14), будучи членом Авиационного общества, демонстрировал полет свободнолетающей модели самолета с мотором в виде резиновой ленты, работающей на растяжение. Этот резиномотор при раскручивании вращал два двухлопастных воздушных винта, лопасти которых имели прямоугольную форму. Полная длина модели была около 1 м, масса — 26 г. К сожалению, в литературе нигде не приводится изображение этой модели, пролетавшей 12 м за 5 с.

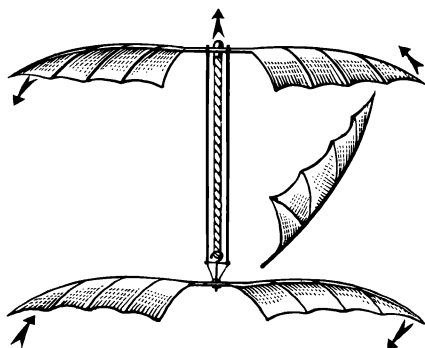
Удачную модель в начале 70-х годов прошлого века построил француз Альфонс Пено, который применил в качестве мотора жгут резины, работающий на скручивание. Пено был сыном адмирала, родители готовили ему блестящую карьеру морского офицера, но юноша предпочел тернистый путь изобретателя. Свой резиномотор он впервые применил на модели вертолета (по современной терминологии — вертолета). По существу, он 86 лет спустя построил модель, аналогичную модели Лонуа и Бьенвеню, снабдив ее резиномотором.

В апреле 1870 года А. Пено демонстрировал полеты своего резиномоторного вертолета известному в те годы французскому энтузиасту полетов на аппаратах тяжелее воздуха де Ла Ланделю. Модель, имевшая два двухлопастных воздушных винта, вращавшихся в разные стороны, поднималась на высоту 15 м, а затем опускалась, описывая большие круги или

решил построить модель аэроплана (так тогда называли самолет).

В своей статье, написанной для московского альманаха «Природа» (книга 4-я за 1875 год), Пено сообщал: «Убедившись над геликоптером в превосходном действии крученого каучука, мы вознамерились применить его к аэропланам... Успех оправдал наши

Рис. 7. Первая хорошо летавшая модель вертолета с резиномотором А. Пено (1870 г.)



же, поднявшись на высоту 7—8 м, держалась там на одном месте. Полет ее длился 15—20 с, а иногда его время увеличивалось до 26 с (рис. 7).

Изучив всю имевшуюся литературу о летательных аппаратах тяжелее воздуха, А. Пено впервые проанализировал силы, которые действуют на аппарат, выполненный по схеме самолета с крылом и оперением, во время горизонтального полета, и установил факторы, влияющие на его продольную устойчивость. Ими оказались площадь горизонтального оперения и его расположение относительно крыла. Для проверки своих теоретических выкладок А. Пено

ожидал... Во время испытания в августе 1871 года аэроплан пролетел быстро и в различных направлениях одной из площадок Тюльерийского сада в присутствии членов Общества воздухоплавания. 27 ноября 1874 года он с таким же успехом исполнил свои эволюции при собрании многочисленной публики в прекрасном зале Общества садоводов в Гренельской улице... Если, закрутив достаточно каучук, выпустить прибор из рук в горизонтальном положении, то он сначала на мгновение опускается, а потом приобретает скорость, вновь поднимается и правильным полетом на высоте 2,1—2,4 метра от земли пролетает расстояние

в 40 метров, оставаясь в воздухе 11 секунд. Некоторые экземпляры пролетали 60 метров в продолжении 13 секунд» (рис. 8).

В журнале «Аэронавт» № 1 за 1872 год А. Пено сообщил об устройстве своей первой модели самолета: размах крыла — 0,45 м, масса — 21 г, скорость полета 4,6 м/с. Это была первая хорошо летавшая модель

же и там продемонстрировал свою летающую модель с резиномотором. В отличие от модели А. Пено, его модель имела два крыла, располагавшиеся одно позади другого, при этом переднее крыло было меньшего размера. Размах большего крыла составлял 1,5 м. За вторым крылом размещались два толкающих винта, вращавшиеся в противоположные стороны, а

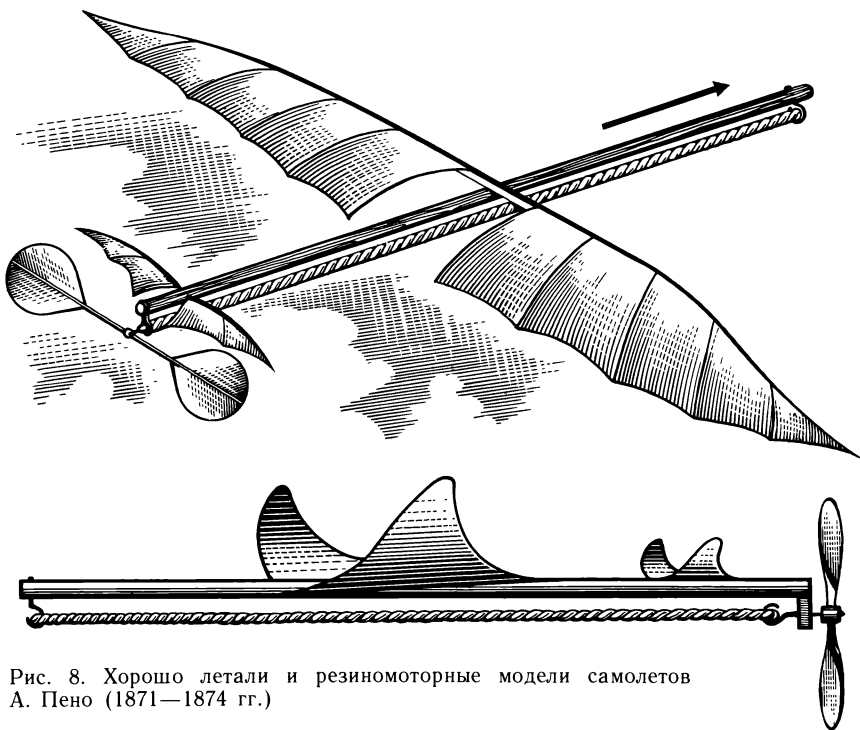


Рис. 8. Хорошо летали и резиномоторные модели самолетов А. Пено (1871—1874 гг.)

самолета. У Пено было много последователей: во Франции — Монтфолле, Петар, Кроче-Спинелли, в Австрии — В. Кресс (родившийся в России). Заинтересовавшись опытами А. Пено, В. Кресс побывал в Пари-

же и там продемонстрировал свою летающую модель с резиномотором. В отличие от модели А. Пено, его модель имела два крыла, располагавшиеся одно позади другого, при этом переднее крыло было меньшего размера. Размах большего крыла составлял 1,5 м. За вторым крылом размещались два толкающих винта, вращавшиеся в противоположные стороны, а

В 1901 году, находясь уже в Австрии, изобретатель по схе-

ме своих летающих моделей построил первый в мире гидросамолет, снабженный двигателем внутреннего сгорания. Однако из-за недостаточной мощности двигателя гидросамолет от воды не оторвался. Тем не менее схема летательного аппарата В. Кресса, отработанная им на моделях, оказала известное влияние на дальнейшее развитие самолетострое-

В 1878 году над созданием летающих моделей самолетов начинает работать французский изобретатель В. Татен. Уже в следующем году в Париже он демонстрирует модель, снабженную двигателем, работающим на сжатом воздухе. Двигатель вращал два тянущих винта, размещенные на крыле по обеим сторонам фюзеляжа. Модель имела размах

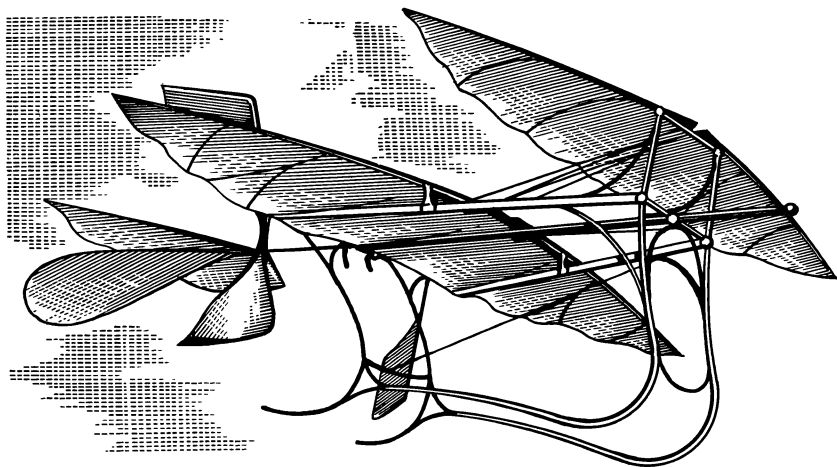


Рис. 9. Модель В. Кресса (1876 г.)

ния. В 1904 году В. Кресс приезжал в Петербург, где читал доклад на тему «Динамическое воздухоплавание» в Русском техническом обществе в зале одного из тогдашних центров научно-технической мысли русской столицы — в Соляном городке, находившемся на берегу реки Фонтанки против Летнего сада. При этом Кресс демонстрировал свои модели в полете. Модели летали хорошо и привлекали внимание многих зрителей.

крыла 1,9 м и массу около 1,75 кг. Она хорошо летала по кругу при запуске на корде, развивая скорость до 17 м/с (16).

Это была первая в мире кордовая модель самолета, хотя в полете она управлялась не так, как современные кордовые модели. Кроме того, модель В. Татена по своей схеме явилась прообразом современного двухмоторного самолета (рис. 10).

Успешными полетами этой модели заинтересовалось воен-

ное ведомство Франции, и изобретатель получил средства на продолжение опытов. В 90-х годах свои дальнейшие опыты В. Татен проводил совместно с Ш. Рише. Они построили модель с паровым двигателем, размах крыла которой составлял 6,6 м, а площадь — 8 м². Полетная масса этой модели достигала 33 кг. Мощность парового двигателя равнялась

точную ее устойчивость — взмыв носом кверху, модель пролетела 70 м, а затем рухнула в воду. Второй запуск, проходивший в июне следующего года, после устранения дефектов конструкции, оказался более успешным: дальность полета составила 114 м при средней скорости 64,8 км/ч. Но устойчивость и на этот раз оказалась недостаточной. Тем не

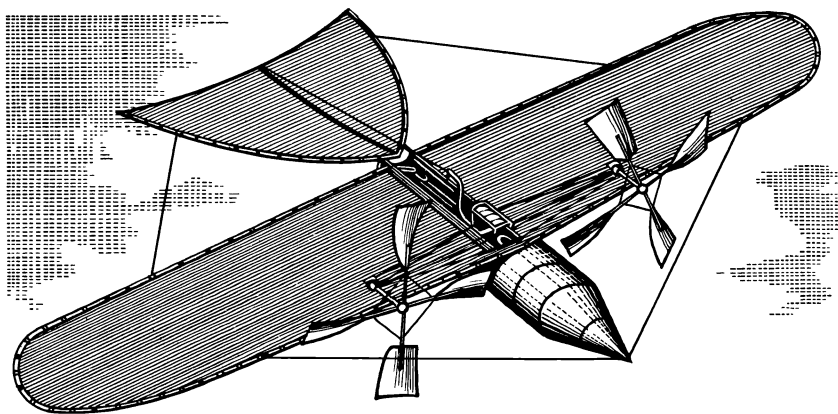


Рис. 10. Модель самолета В. Татена (1879 г.)

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. Однако уже первый запуск выявил недоста-

точно эксперименты В. Татена и Ш. Рише наглядно показали, что в принципе паровой двигатель годится для осуществления полета со скоростью около 65 км/ч. Оставалось, на первый взгляд, сделать еще только один, но решающий шаг — создать более мощную паровую машину, которая поднимала бы в воздух аппарат с человеком на борту.

От воздушного змея — к искусству управлять полетом

Перед пионерами авиации стояла еще одна очень серьезная задача: нужно было научиться управлять самолетом в воздухе.

Создатели первых построенных самолетов — и наш соотечественник А. Ф. Можайский (1885 год), и француз К. Адер (1897 год), и другие — стремились освоить управление своими аппаратами в моторном полете, то есть в полете при работающем двигателе. И хотя мощности двигателей этих первых самолетов с натяжкой, но все же хватало 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.

Немецкий исследователь Отто Лилиенталь впервые применил более безопасный способ эффективного освоения полетов на аппаратах тяжелее воздуха. В 1891 году он создал оригинальную конструкцию безмоторного летательного аппарата — планера. В дальнейшем этот тип планера стали называть балансирным. Пилот располагался в центре крыла. Отрыв от земли осуществлялся при разбеге на ногах против ветра, дующего на склон холма. Приземление происходило также на ноги пилота. В воздухе планерист удерживался упором на локтях, а управлял полетом, отклоняя свое туло-

вище в ту или иную сторону, меняя таким образом расположение центра масс планера.

Чтобы продлить рассказ о поисках О. Лилиенталья и его достижениях, необходимо сделать некоторые отступления и остановиться на опытах замечательного конструктора коробчатых воздушных змеев австралийца Л. Харгрева.

После путешествия в Новую Гвинею (1872—1876 годы) его особенно заинтересовали воздушные змеи и, в частности, японские змеи пространственной конструкции, которые нередко оформлялись в виде рыбы, при этом делались полыми внутри, соответствующим образом раскрашивались и снабжались упругим хвостом, колеблющимся по ветру. Пространственная конструкция некоторых из них представляла собой пустотелый цилиндр или даже коробку (17). Построив цилиндрические и коробчатые змеи, Л. Харгрев убедился в том, что они в воздухе устойчивее плоских, а главное, имея большую горизонтальную поверхность, удерживаются в полете при более слабом ветре, чем плоские змеи. И тогда конструктор решил составить змей из нескольких цилиндрических или коробчатых ячеек, соединив их в продольном направлении единым стержнем. В полете такие змеи оказались весьма устойчивыми, отлично устанавливались против ветра. Однако при увеличении коро-

бок в ширину, что было необходимо для возрастания несущей площади змея, росли воздушные нагрузки, и в результате продольный стержень ломался. Толстый, а значит, и тяжелый стержень Л. Харгрева не устраивал — змей потерял бы в грузоподъемности, тогда как он предназначался для подъема на высоту метеорологических приборов. И изобре-

татель создает воздушный змей нового типа, 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 (рис. 11). Так в 1892 году был создан знаменитый коробчатый змей Л. Харгрева, на котором в дальнейшем с успе-

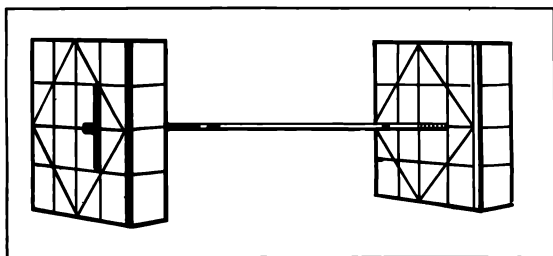
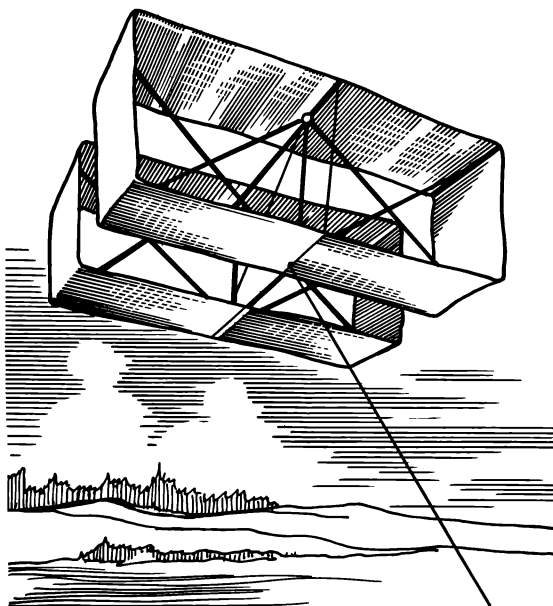


Рис. 11 Так развивался коробчатый змей Харгрева (1892 г.)



хом поднимали метеорологические приборы — самописцы на высоту 1000 м и более, проводя уникальные для того времени исследования (18).

О своих опытах с коробчатыми воздушными змеями изобретатель сделал доклад на Международном конгрессе по аэронавтике в Чикаго в 1893 году.

О. Лилиенталь воспользовал-

ная перегородка переходила в хвостовой киль и заканчивалась птичьим пером, игравшим роль горизонтального оперения (19).

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

О. Лилиенталю открытый им путь освоения полета с по-

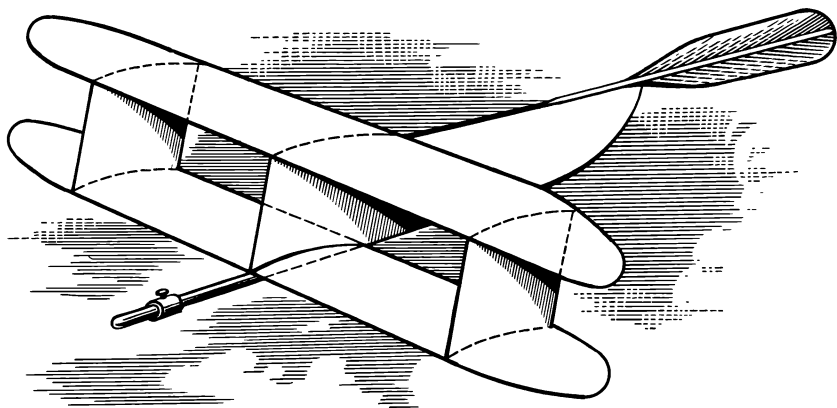


Рис. 12. Модель планера О. Лилиенталья (1895 г.)

ся находкой Л. Харгрева. Чтобы уменьшить размеры планера при том же размахе 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 планера (рис. 12). Модель-биплан имела два крыла общей площадью 50 дм², соединенных тремя вертикальными перегородками. Централь-

ной безмоторного аппарата стоил жизни. 9 августа 1896 года исследователь, совершая полет на планере в сильный порывистый ветер, упал с высоты 15 м и погиб.

Еще при жизни О. Лилиенталья его экспериментами интересовались многие ученые, в частности профессора 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. Лилиентала основоположник русской авиации выступил в Москве 15 сентября 1896 года на ежегодном собрании любителей естествознания с речью о героическом подвиге исследователя во имя науки.

ла крылья площадью 131 дм² и две миниатюрные паровые машины. Обе машины вместе развивали мощность 0,15 кВт (0,2 л.с.) 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 сообщил А. Херринг в своей

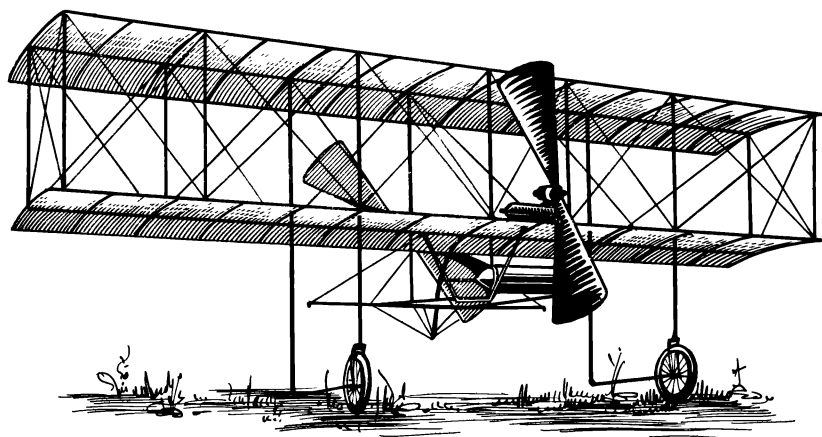


Рис. 13. Модель самолета-биплана А. Херринга (1893 г.)

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-биплана (рис. 13), схема крыльев которой была заимствована у змея Л. Харгрева. Модель име-

статье во французском журнале «Аэронавт» в апреле 1893 года, эта модель неоднократно отрывалась от земли, разбегаясь на двухколесном шасси. Наибольшая дальность полета, ею достигнутая, составляла 73 м. Для тех лет это был значительный результат (20).

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 города Мичигана и на практике постигали искусство планирующего полета.

Первым их летательным аппаратом был планер-моноплан, скопированный с планера О. Лилиенталя. Однако он оказался недостаточно устойчивым в полете. Следующий планер группа О. Шанюта построила с пятью узкими крыльями. Пред-

модели-биплана А. Херринга. Масса планера составляла 11 кг при площади крыла 12,5 м².

Характерными особенностями планеров О. Шанюта были небольшая ширина крыла и вдвое меньшая масса конструкции, чем у аппаратов О. Лилиенталя. Первая особенность давала возможность существенно, почти в 3 раза, сокра-

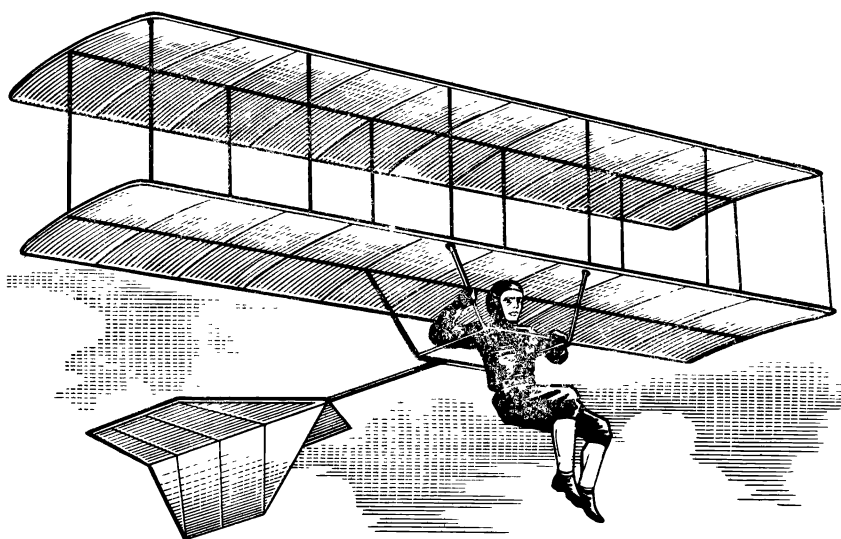


Рис. 14 Балансирный планер О. Шанюта (1896 г.)

полагалось, что для управления таким аппаратом при небольшой ширине крыльев планиристу 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 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 поверхностей оперения относительно крыла.

На балансирных планерах группы О. Шанюта (рис. 14)

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 конструкторы — энтузиасты братья Вильбур и Орвилль Райт совершили первые в истории управляемые полеты на самолете.

Через пять лет после этого знаменательного события братья опубликовали автобиографию. По ней просто проследить истоки их 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 скользнула по нему и, наконец, упала на пол. То была маленькая игрушка, носившая 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, покрытой бумагой, 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» (21).

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

В конце 80-х годов Орвилль и Вильбур увлеклись велосипедным спортом и соорудили велосипед-тандем. Затем, уже приобретая известность среди велосипедистов г. Дейтона, занялись ремонтом велосипедов. Типография была ликвидирована и на ее месте появилась велосипедная мастерская, где оба «хозяина» работали и мастерами, и конторщиками, и

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

«Летом 1896 года,— вспоминали Райты,— мы прочли в газетах о трагической гибели Отто Лилиенталя, потерпевшего катастрофу на планере. Это пробудило у нас интерес к полетам человека. По нашей просьбе Смиттсоновский институт в Вашингтоне прислал нам несколько книг: «Испытания по аэродинамике» Ленгли, «Прогресс летных машин» Шанюта, ежегодники по авиации за 1895 и 1896 годы, некоторые статьи Лилиенталя, 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 полета человека, заразили нас своим пылким энтузиазмом. Пассивное любопытство сменилось творческой заинтересованностью.

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

Наши симпатии были на сто-

роне 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 оправдываемыми. С другой стороны, нас пленил тот необычайный энтузиазм, с которым апостолы безмоторного полета-парения описывали удовлетворение и восторг от планирующих полетов на собственных крыльях» (22).

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 свой корпус вперед или назад, если это требовалось для управления полетом. Такое положение пилота почти в пять раз уменьшило лобовую площадь воздушного аппарата по сравнению с аппаратами О. Лилиенталя и О. Шанюта, где человек располагался вертикально. Соответственно с этим уменьшилась и сила лобового сопротивления планера, а значит,— увеличилась продолжительность его полета.

Второе: управление полетом осуществлялось не только смещением корпуса летчика, а отклонением в полете горизонтального оперения и перекашиванием концов крыльев с

помощью специальных рычагов управления.

Третье: горизонтальное оперение располагалось перед крылом, иначе говоря, перед головой летчика. Это сокращало длину проводки управления от руки летчика до поворачиваемой горизонтальной поверхности оперения и давало возможность летчику непосредственно наблюдать за работой важного органа управления, обеспечивающего изменения продольного наклона аппарата.

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

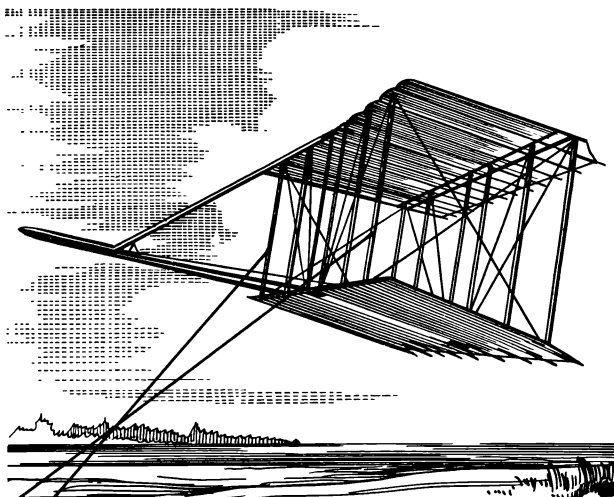
Прежде чем первый планер братьев Райт появился на свет, они в 1899 году построили и испытали его летающую модель. При разработке системы перекашивания крыльев для осуществления поперечного управления большую помощь им оказала летающая модель, запущавшаяся в полет как воздушный змей. Вот как вспоминал об этом Орвилль Райт двадцать с лишним лет спустя:

«Вильбур показал мне способ получения тех же результатов без конструктивных дефектов. Он демонстрировал предлагаемый им метод на небольшой картонной коробке, у которой были устранены передние и задние противоположные поверхности. Орвилль удерживал коробку одним концом между большим и указатель-

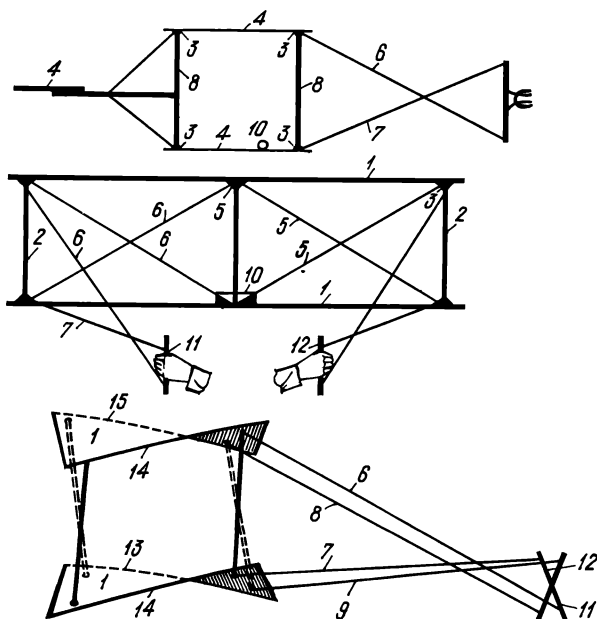
ным пальцами правой руки, располагая их на верхнем переднем и заднем нижнем углах, и таким же образом другим концом между пальцами левой руки, располагая их на заднем верхнем и переднем нижнем углах. Далее он посредством одновременного нажима на все углы придавал верхней и нижней поверхностям коробки винтообразную закрутку, так что обе эти поверхности оказывались под разными углами с правой и с левой стороны. Очевидно, что на летательной машине типа планера Шанюта с двумя парами крыльев можно применять такое искривление. В этом случае левое и правое полукрылья смогут располагаться под разными углами атаки, чем обеспечится разность их подъемных сил, что даст возможность управлять аппаратом в поперечном направлении...

В течение одного-двух дней мы построили модель, воспроизведившую принцип, продемонстрированный на картонной коробке. Эта модель состояла из двух плоскостей, расположенных одна над другой. Каждая из этих плоскостей имела размер от одного конца до противоположного 1500 мм и около 325 мм от передней кромки до задней. Я здесь привожу чертежи общего вида в проекциях этой модели и способа управления ею. На рисунке (здесь рис. 15) крылья помечены 1; вертикальные стандартные стойки, соединяющие обе поверхности, обозначены 2. Эти стойки крепились к поверхностям посредством шарнир-

Рис. 15. Модель-
змей братьев Райт
на привязи:
а — общий вид;
б — схема



а



б

ных соединений 3 так, что верхняя поверхность могла смещаться вперед или назад относительно нижней поверхности без усилий в конструкции. На передней поверхности центрально расположенной вертикальной стойки 2 укреплено горизонтальное оперение или руль высоты 4.

Все передние и задние вертикальные стойки жестко связаны в вертикальной плоскости проволочными расчалками 5. Нити 6, 8, 7 и 9 прикреплены к внешним вертикальным стойкам, к их верхним и нижним окончаниям. Противоположные концы нитей 8 и 9 таким же образом прикреплялись к рукоятке 12, а нити 6 и 7 соответственно к рукоятке 11. Цифрой 10 обозначен балансировочный груз, размещенный на нижней поверхности, между ее серединой и передней кромкой. Управление моделью, запускаемой как воздушный змей, проходило следующим образом. Рукоятки 12 и 11 удерживались в правой и левой руке. При этом, когда на верхние концы обеих рукояток нажимали назад и одновременно на нижние концы — вперед, нижняя поверхность 1 смещалась назад, в то время как верхняя поверхность 1 тянулась вперед. Когда верхняя поверхность смещалась вперед, то рулевая горизонтальная поверхность 4, будучи жестко соединенной с вертикальной центральной стойкой, расположенной сзади нее, поворачивалась передней кромкой книзу. При этом верх поверхности 4 подвергался воздействию потока воздуха, что

приводило к смещению суммарного центра давления модели назад. При нажатии на верхние концы обеих рукояток вперед происходило обратное явление, и горизонтальная поверхность 4 поворачивалась передней кромкой вверх. При этом воздействию потока воздуха подвергался низ поверхности 4, что смещало суммарный центр давления модели вперед.

Когда верхний конец рукоятки 12 передвигался назад, а нижний конец рукоятки 11 смещался одновременно вперед, верхняя и нижняя поверхности 1 перемещались в диагональном направлении. Это создавало винтообразную искривленность обеих поверхностей. При этом, как показано на рисунке, левая сторона поверхностей оказывалась под меньшим углом атаки, чем поверхности, размещенные с правой стороны.

Описанная модель была испытана в последних числах июля 1899 года, в качестве зрителей присутствовала группа школьников. Модель отлично работала. Мы поняли, что эксперимент с моделью продемонстрировал эффективность нашей системы управления.

Через некоторое время мы решили приступить к экспериментам с машиной, предназначенной для полета человека, на которой был использован принцип бокового управления, примененный на нашей модели...» (23).

В 1900 году братья Райт с готовым планером-бипланом, разобранным на части, приехали

в пустынную местность Китти-Хоук на берегу Атлантического океана. Для полета на планере были необходимы ветры со скоростью от 7 до 10 м/с.

Аппарат имел площадь крыла $16,5 \text{ м}^2$ и массу 22 кг. Изменение угла наклона переднего горизонтального оперения осуществлялось рычагом, отклоняемым ручкой, перекашивание крыльев — педалями, от-

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 превзошли других планеристов.

Осенью 1902 года Орвилль и Вильбур привезли в Китти-Хоук новый аппарат — с размахом крыльев 9,75 м. При лет-

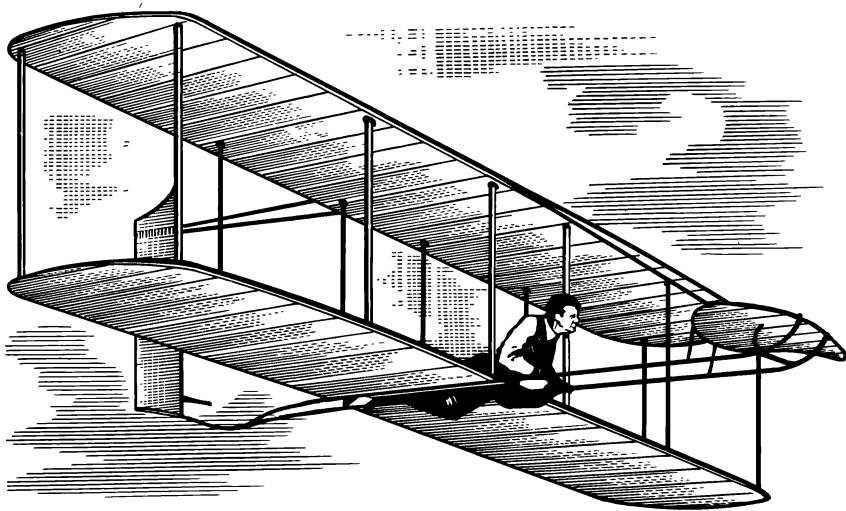


Рис. 16. Планер братьев Райт (1902 г.)

клоняемыми ногами. В начале 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 (рис. 16). После длительной регулировки нового

новых испытаниях его предшественников выявилось боковое перемещение планера — скольжение, возникавшее при перекашивании пилотом крыльев. Для устранения этого недостатка теперь за крылом имела поворотная вертикальная поверхность, отклонение которой было связано с перекашиванием пилотом крыльев. Результат получился отличным.

Освоив новый механизм уп-

равления, Орвилль и Вильбур по очереди выполняли полеты при скорости ветра до 17 м/с. Их продолжительность порой достигала 1 мин. Всего этой осенью было совершено около тысячи полетов и все они прошли без единой аварии.

И тогда конструкторы решили оборудовать свой планер двигателем и воздушным винтом, то есть преобразовать его в самолет.

К началу XX века уже имелись сравнительно 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 (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, 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 длился 12 с. Его осуществил Вильбур Райт. 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.

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 провести первые аэродинамические опыты, ученый изучил имевшиеся к тому времени 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 164 г (вместе с водотрубным котлом — 2,9 кг). Мощность, развиваемая этим двигателем, достигала 0,735 кВт (1 л.с.) при давлении пара 7—11 атм. Двигатель этот был установлен на модели, названной «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 прямоугольных крыла с размахом 4,22 м, имевшие значительный угол поперечного V^* , располагались одно за другим на фюзеляже из тонких стальных трубок. Оперение состояло из стабилизатора и киля. Паровой двига-

Первый запуск состоялся в мае 1896 года на берегу реки Потомак (рис. 17). 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,

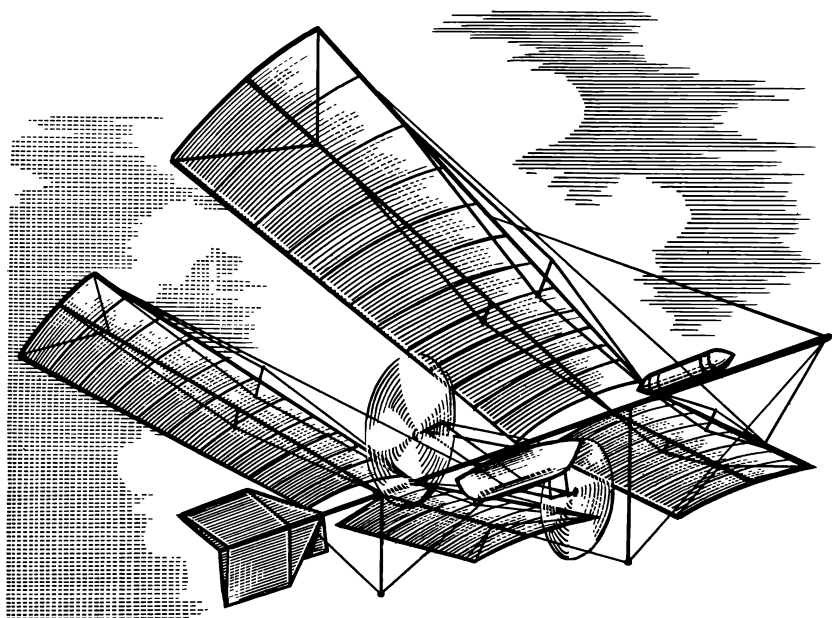


Рис. 17. Модель самолета С. Ленгли с паровым двигателем (1896 г.)

тель, находившийся в фюзеляже, вращал два воздушных винта диаметром 1,22 м с частотой вращения 20 с^{-1} . Длина модели составляла 4,66 м (24).

описывая круги диаметром около 90 м... По истечении приблизительно полутора минут на высоте, которая, как мне казалось, была равна около 30 м,

* Поперечное V — угол между плоскостью крыла и поперечной осью аппарата.

винты остановились, но, к моему удивлению, машина не упала в воду, а мягко скользнула по ней, коснувшись без всякого удара, так, что тотчас же можно было возобновить опыт».

Модель С. Ленгли, информация о которой была опубликована в июльском номере французского журнала «Аэронавт» за 1896 год, привлекла внимание многих. И когда в 1905 году аэроклуб Франции провел впервые 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 завоевали авиамodelисты Полан и Бурден с моделями планеров, крылья которых также были размещены одно за другим.

В те годы 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. Последние три его аппарата были уже самолетами. 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, причем концы крыла были отогнуты назад, Л. Блерио решил построить летательный аппарат по схеме С. Лен-

гли. В помощники он взял Луи Пэйре. 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.) и тянущий четырехлопастный воздушный винт. На этом аппарате конструктор в первый же раз совершил полет длиной 143 м на высоте 12 м. После незначительных усовершенствований аппарат преодолел дистанцию в 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, то есть рулей высоты и направления, элеронов в виде поворотных законцовок крыльев. На своем одиннадцатом по счету летательном аппарате Л. Блерио применил по аналогии с аппаратом братьев Райт систему перекашивания поверхности крыльев вместо элеронов.

Последовательно были построены «Блерио-VIII», «Блерио-VIII бис», «Блерио-XI». На «Блерио-VIII бис» 31 октября 1908 года изобретатель преодолел рекордное расстояние — 14 км, а всего девять месяцев спустя, 25 июля 1909 года, на «Блерио-XI» впервые осуществил перелет уже через такое значительное водное пространство, как 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. На земле дороги, строения, сады появляются и исчезают, как во сне. А на море, куда ни посмотришь, 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 полосу, появившуюся передо 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 приближается 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 трехцветным французским флагом. Опускаясь ниже, узнаю знакомого редактора газеты. Один среди большой равнины, он до хрипоты кричит мне что-то. Я хочу садиться, но порывы ветра треплут аэроплан. Бросаю мельком взгляд на часы. Прошло уже тридцать три минуты, как я в воздухе. Этого больше чем достаточно, нельзя дальше искушать судьбу. Рискую разбиться, я выключаю зажигание и плюхаюсь на землю. Шасси аэроплана трещит и подламывается. Ничего не делаешь!

Зато я благополучно перелетел через Ла-Манш!» (25).

После этого знаменитого перелета «Блерио-ХІ» стал образцом для подражания в творчестве многочисленных конструкторов. К тому же он послужил образцом для первого серийного выпуска самолетов. Подобные ему машины под названием «Траверсе Ла Манш» («Пересекающий 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 м², полетная масса 305 кг, двигатель «Анзани» мощностью 18,4 кВт (25 л. с.), максимальная скорость — 70 км/ч.

Около 20 экземпляров «Блерио-ХІ» были приобретены Россией — военным ведомством, Императорским Всероссийским аэроклубом и частными лицами. На одном из них после доработки в мастерских аэроклуба 23—24 июля 1911 года русский летчик А. Васильев успешно осуществил перелет из Петербурга в Москву. Самолет типа «Траверсе Ла Манш» до-

жил до наших дней. Один из его экземпляров находится в Национальном аэромузее Франции, другой — в музее истории техники Детройта (США). В аэромузее Кракова (Польша) экспонируется «Блерио-ХІ», построенный И. Зотовым.

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

Первые летающие «бесхвостки»

Русский исследователь и изобретатель С. С. Неждановский, ученик Н. Е. Жуковского, создавая еще в конце прошлого века коробчатые змеи разной конструкции, разработал и коробчатый змей со стреловидными горизонтальными поверхностями. Они соединялись друг с другом тремя вертикальными поверхностями, которые играли роль килей для обеспечения путевой устойчивости (рис. 18). Размах поверхностей у такого змея составлял несколько метров. Его продольная устойчивость достигалась надлежащим расположением центра масс в свободном полете. Для обеспечения продольной балансировки концам горизонтальных поверхностей придавалась отрицательная кривизна относительно центральной части. Благодаря

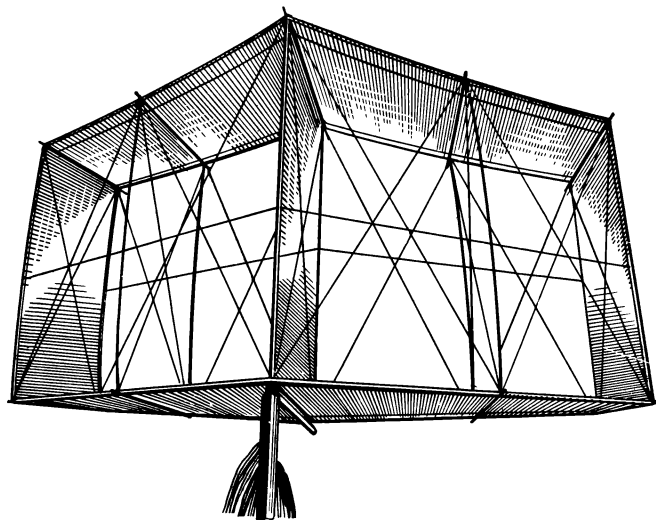
этому змей Неждановского после отцепки от леера совершал продолжительный свободный полет. Опыты с планирующими змеями Неждановского явились первыми демонстрациями в продолжительном полете большой летающей модели типа «бесхвостка».

Интересно, что и через два года после успешных полетов братьев Райт некоторые изобретатели в Европе, не представляя в деталях устройства самолета американцев, шли своими путями в создании аппаратов тяжелее воздуха. Одно из оригинальных направлений было выбрано двумя австрийцами, работавшими совместно, — богатым промышленником И. Этрихом и изобретателем Ф. Велсом. Они использовали для крыла своего аппа-

рата форму летающего семени лианы цанониа, растущей в юго-восточной Азии. Семя представляет собой плоское зерно, окруженное тонкой, усиленной волокнами тканью, образующей листок, концы которого оттянуты назад. Получается стреловидное крыло. Размах крыла летающего семени — 127—203 мм, хорда около 60 мм, а масса порядка 6 г.

в тениях с описанием летных свойств семени цанониа. Позднее Динглер обратил внимание своего друга Ф. Альборна, школьного учителя из Гамбурга, на свойства этого природного планера. После изучения свойств семени Альборн выдвинул идею о том, что крыло самолета должно иметь такую же форму. Эту идею он изложил в брошюре «Об устойчиво-

Рис. 18. Планер-змея типа «бесхвостка» С. С. Неждановского (1899 г.)



В свободном полете концы семени, деформируясь, отгибаются задней кромкой вверх относительно его центральной части, что в комбинации со стреловидностью обеспечивает продольную балансировку в полете, а продольная устойчивость создается передним расположением центра масс. Горизонтальное оперение оказывается излишним.

В 1899 году французский профессор Г. Динглер опубликовал статью о летающих рас-

сти аэроплана», опубликованной в 1897 году. В 1904 году Альборн в Вене сделал научный доклад «Явление сопротивления в жидкостях», в котором подчеркивал, что летающее семя цанониа является идеальным примером планирования в природе.

Этрих и Велс, выбрав для своего аппарата крыло, повторяющее форму семени, прежде чем приступить к изготовлению полноразмерного аппарата для полета человека, строили и

запускали в полет модели, загружая их мешочками с песком. Размах крыльев моделей составлял от 2 до 4 м (26). Убедившись в отличных летных свойствах своих моделей, Этрих и Велс приступают к постройке планера с размахом крыла 12 м и полетной массой 144 кг — громоздкой конструкции из бамбука и полотна с большим количеством расча-

1907 года над аппаратом с крылом, также похожим (в плане) на семя канонии, но имеющим несколько большее удлинение. Задние кромки его концевых участков также были отогнуты вверх. Для проверки летных возможностей принятой им схемы будущего самолета Д. Вейс в течение 1902—1908 годов строит и запускает в полет около 250 летающих мо-

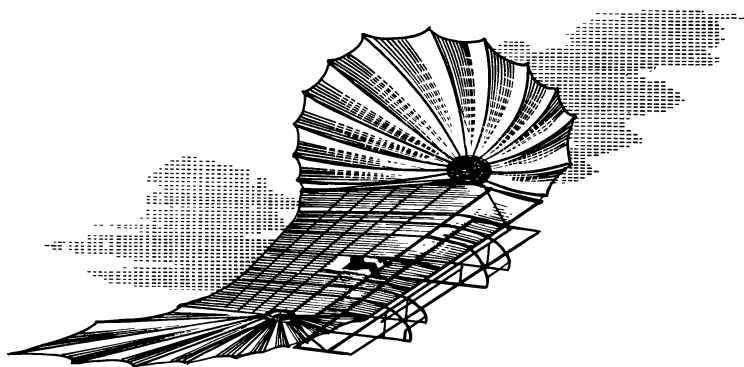


Рис 19. Планер Ф. Велса и И. Этриха (1905 г.)

лок, опиравшейся на шасси в виде салазков.

В октябре 1906 года на этом планере Велсу в местечке Траутенау (современная Чехословакия) удалось осуществить полет длиной 250 м с холма. Для этого были построены стартовая дорожка с рельсами, по которым катилась небольшая тележка с планером. Планер Велса и Этриха не имел органов управления. Летчик управлял полетом стоя, отклоняя свое тело в ту или иную сторону (рис. 19).

Другой изобретатель Д. Вейс — англичанин, родившийся во Франции, работал начиная с

делей планеров. С одной из них он принимает участие в первом конкурсе летающих моделей во Франции и получает бронзовую медаль за плавный полет модели в течение 42 с. Модель планера Вейса, экспонировавшаяся на конкурсе летающих моделей во Франции в 1907 году, показала продолжительность полета 1 мин 40 с (27). При размахе крыла 3,3 м она весила 13 кг и имела нагрузку на крыло 72 г/дм².

На основании опытов с летающими моделями планеров в 1908 году Вейс строит планер для полета человека. Планер

имел размах крыла 8 м, которое при верхнем расположении относительно фюзеляжа крепилось на подкосах. На этом планере в 1909 году Г. Ингленд осуществил планирующий полет дальностью 2,4 км с горы Амберлей в графстве Суссекс (Англия). Долгое время это достижение безмоторного полета считалось рекордным.

В последующие годы успешные полеты на планерах Велса и Вейса, имевших стреловидные крылья и отогнутые вверх задние кромки законцовок, вызвали к жизни появление новых конструкций. В результате

целесообразность применения схемы «бесхвостка» и «летающее крыло» в настоящее время не вызывает сомнений. Так летающие модели в начале XX века помогли созданию принципиально новой схемы летательного аппарата, которая в настоящее время распространена в самолетостроении. Примерами хорошо летавших самолетов типа «бесхвостка» являются первый в мире пассажирский сверхзвуковой самолет ТУ-144 и его аналог, на котором отработывались устойчивость и управляемость сверхзвукового авиалайнера.

От фейерверков — к звездным трассам

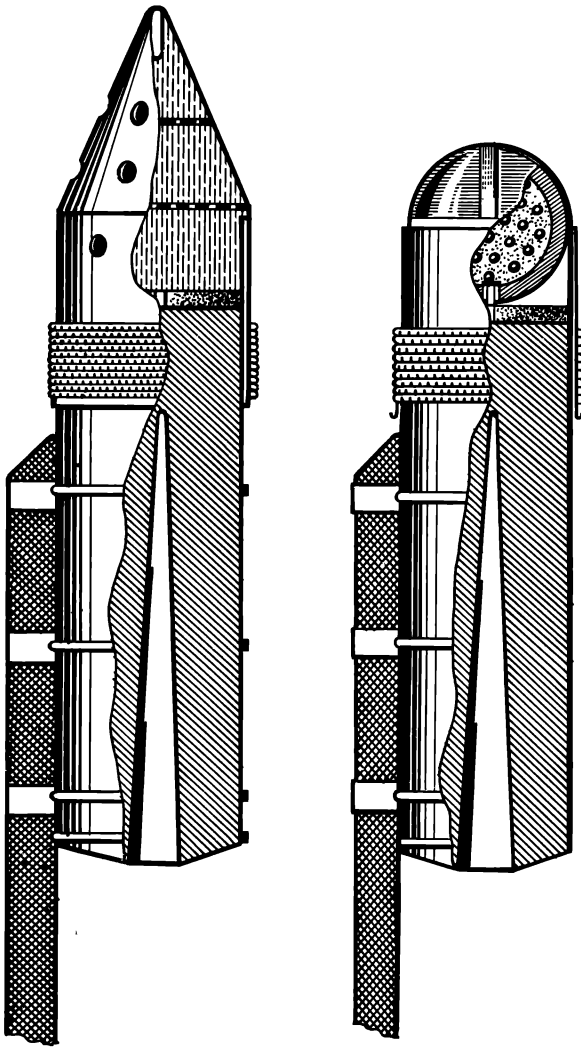
Принцип полета ракеты известен давно, а применение простейшего ракетного оружия относится к XIII веку. Предполагается, что в странах Ближнего Востока фугасные реактивные снаряды использовались еще в середине XIII века во время борьбы с завоевателями-крестоносцами. Не исключено, что применялось и более совершенное оружие. Об этом позволяет судить одна из рукописей турецкого ученого Хасан-ар-Раммаха, датированная 1235 годом. В ней не только говорится о первых ракетных торпедах, но и приводится рисунок трехспальной ракетной торпеды (28).

Позже боевые пороховые ракеты использовались также в западно-европейских армиях. В книге литовца Казимира Семеновича «Великое искусство артиллерия», выпущенной в

Амстердаме в 1650 году, есть глава, посвященная боевым ракетам. В ней приведены рисунки и описание многоступенчатых ракет и ракет с треугольными стабилизаторами. В следующем году в той же типографии книга Семеновича выходит на французском языке, в 1676 году во Франкфурте-на-Майне на немецком, а еще через полстолетия, в 1729 году, в Лондоне на английском (29). Экземпляр первого издания книги Семеновича хранится в библиотеке Вильнюсского университета (30).

В русской армии пороховые 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 армии стали при-

Рис. 20. Боевые ракеты выдающегося русского ученого-артиллериста А. Д. Засядько



менять осветительные ракеты, поднимавшиеся на высоту до 1000 м. Они состояли на вооружении на протяжении последующих 150 лет. В 1828 году, во время войны с Турцией, русские войска успешно использовали зажигательные ракеты при осаде крепости Варны.

Дальность полета таких ракет составляла от 1000 до 2700 м (рис. 20).

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 «хвоста» из стебля тростника. В дальнейшем ракетным опытом индийских войск воспользовались англичане.

Первые ракеты, которые являлись по существу своего рода моделями, очень давно привели к мысли использовать большую ракету для подъема в воздух человека. Например, рукопись турецкого путешественника XVII века, хранящаяся в библиотеке Стамбула, свидетельствует, что в этом городе в 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 (31).

Спустя почти три столетия аналогичный смелый эксперимент повторил в США Р. Лоу. В 1913 году он взлетел на пороховой ракете со специальной площадки, предварительно сооруженной на ферме высотой

10 м. Высота подъема Лоу относительно взлетной площадки была около 12 м, а общая высота подъема составляла 22 м. Затем Р. Лоу благополучно опустился на землю на автоматически полураскрывшемся парашюте (32).

Оба эти эксперимента практического значения не имели. Более того, они убеждали, что взлет человека на ракете, созданной на таком техническом уровне, слишком кратковременен, и никакой пользы, кроме эффекта аттракциона, от него получить нельзя. Вероятно, по этой причине, а также из-за того, что «летчику» при этом приходилось буквально сидеть на бочке с порохом, подобных экспериментов было не много.

Успехи авиации начала XX века, казалось бы, полностью приковали внимание ученых и конструкторов к самолету. Однако уже первые публикации в печати нашего гениального соотечественника К. Э. Циолковского в 1903 году о возможности полета человека 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 земное притяжение.

Приоритет в создании реальной ракеты на жидком топливе принадлежит ученому и изобретателю Роберту Годдарду (США). Первые его мысли о конструкции ракеты на жидком топливе зафиксированы в записной книжке, датированной июнем 1907 года. В 1910 году

Р. Годдард изобразил водородно-кислородную ракету в эскизном проекте, в 1914 получил патент на жидкостный двигатель для ракеты, еще через восемь лет проводит его первые стендовые испытания, а 16 марта 1926 года запускает свою первую модель на жидком топливе. Модель достигла высоты 13 м при дальности полета 56 м и продолжительности 2,5 с.

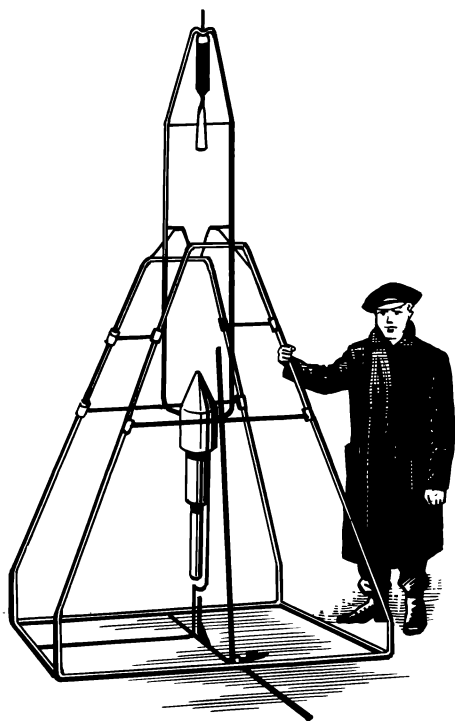


Рис. 21. Модель ракеты с жидкостным ракетным двигателем Годдарда (1926 г.)

Запускалась она под углом к горизонту (33).

Первая модель Р. Годдарда была схематической: она не

имела корпуса, ее камера сгорания и сопло располагались спереди, 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 (рис. 21). Лишь в середине октября 1931 года 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 ракета с двигателем, работающим на жидком топливе (с индексом «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 кгс. Ракета впервые была испытана 17 августа 1933 года. Она достигла высоты около 400 м (34). Предназначенная для целей сугубо экспериментальных, эта ракета по роду выполняемых функций являлась, по существу, также моделью (рис. 22).

Важным этапом в развитии ракетной техники был успешный запуск 31 мая 1935 года большой модели жидкостной ракеты Р. Годдарда, на которой впервые была применена система гироскопической ста-

билизации. Модель достигла высоты 2300 м. Масса ее топлива составляла 38 кг.

Работа над 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 конкретного назначения. Именно от них начала свою

предысторию космическая эра. За годы, минувшие со дня запуска в СССР первого искусственного спутника Земли, человек добился огромных успехов, ставших возможными благодаря применению многоступенчатых ракет-носителей массой в сотни тонн, ракетных двигателей огромной мощности, сложнейшей электронной аппаратуры (рис. 23).



Рис. 22. Ракета «09»
М. К. Тихонравова

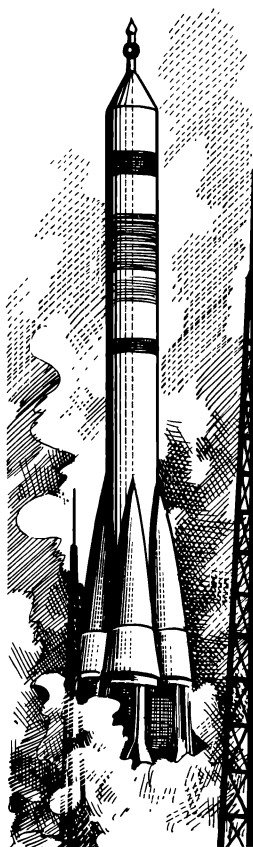


Рис. 23. Первые метры полета советской ракеты-носителя космических аппаратов

Кораблики в бассейне

После первого полета Жиффара на своем дирижабле работы по созданию управляемого аэростата продолжали многие изобретатели. В 1865 году немец П. Генлейн построил дирижабль длиной 50 м с газовым двигателем мощностью 2,65 кВт (3,6 л.с.). Известный французский кораблестроитель А. Дюпюи де-Лом в 1871 году строит дирижабль длиной 36,12 м с воздушным винтом, который вращало 8 человек команды. В 1883 году его соотечественник Г. Тисандье строит дирижабль длиной 28 м с маломощным электрическим двигателем. Хотя все эти воздушные корабли имели скорость полета в безветрие всего от 2,5 до 4 м/с и не могли летать против ветра, то есть выполнять управляемый полет, сам факт их постройки свидетельствовал об актуальности проблемы создания управляемого аэростата — одной из важнейших в те годы задач техники летания.

В 1884 году французский изобретатель Ш. Ренар создает дирижабль «Франция» длиной 50 м с мощным электродвигателем, вращавшим воздушный винт. На этом воздушном корабле брат изобретателя вместе с капитаном Кребсом 9 августа 1884 года совершает, наконец, первый в истории воздухоплавания полет по замкнутой кривой на расстоянии 7 км за 25 минут (1).

Интенсивная инженерная деятельность по созданию управляемого аэростата оказала влияние и на развитие научной мысли у нас в стране. Великий русский химик Д. И. Менделеев, будучи разносторонним ученым, интересовался всеми путями развития современной ему науки и техники, в том числе и воздухоплаванием. Отдавая должное роли, которую играет снижение силы лобового сопротивления воздуха в деле создания управляемого аэростата, Д. И. Менделеев подвергает научному анализу все

имеющиеся материалы по определению силы сопротивления тел при движении их в воздухе (2). В своем капитальном научном труде 1880 года «О сопротивлении жидкостей и о воздухоплавании» он пишет: «...Задачи дальнейшего развития воздухоплавания тесно связаны с решением задач, относящихся до сопротивления воздуха, или вообще до сопротивления среды, потому что сущность вопроса о сопротивлении среды не позволяет делать какого-либо разграничения между сопротивлением капельных и упругих жидкостей. Это заставляет нас в дальнейшем изложении не отделять вопроса о сопротивлении воздуха от вопроса о сопротивлении воды». Далее ученый подробно анализирует результаты основных теоретических и экспериментальных работ, посвященных сопротивлению среды. Анализ свой он начинает с изучения теоретической работы Исаака Ньютона о сопротивлении движению тел в воздухе. Одним из важных выводов этой работы было установление зависимости силы лобового сопротивления от квадрата синуса угла подхода струй воздуха, набегающих на тело, с той плоскостью тела, которая встречает этот поток.

Долгое время эта зависимость считалась незыблемой истиной.

Важными для науки, как замечает Менделеев, были эксперименты, проведенные французским физиком Ш. Борда в 1763 году. Они проводились с моделями геометрических тел,

испытываемых на коловратной машине с двуплечим рычагом, вращающимся в вертикальной плоскости. По концам такого рычага укреплялись две одинаковые модели, он вращался под влиянием опускающегося груза (рис. 24). По массе этого груза при заданной скорости вращения рычага определялась величина лобового воздушного сопротивления двух испыты-

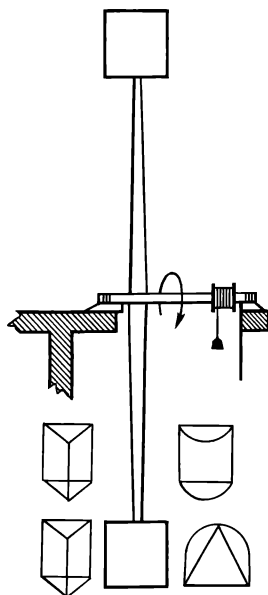


Рис. 24 Экспериментальная установка с вращающимися моделями Ш. Борда (1763 г.)

ваемых тел. Затем эта величина делилась на два и, таким образом, получалась сила лобового сопротивления одной модели. Результаты опытов Борда с моделями пластинки, треугольной призмы и полу-

цилиндра показали, что теория Ньютона нуждается в уточнениях.

Далее Менделеев в своей работе обращает внимание на весьма важные, как он пишет, «исторические» опыты с плавающими моделями геометрических тел разной формы, проведенные в период 1775—1777 годов знаменитым математиком и физиком д'Аламбе-

рвления движения в воде (рис. 25). Каждая модель перемещалась в бассейне с водой под влиянием массы опускаемого груза, который вращал шкив. Шкив был связан с испытываемой моделью посредством троса. Масса опускаемого груза при заданной скорости движения определяла силу лобового сопротивления модели.

Результаты проведенных экс-

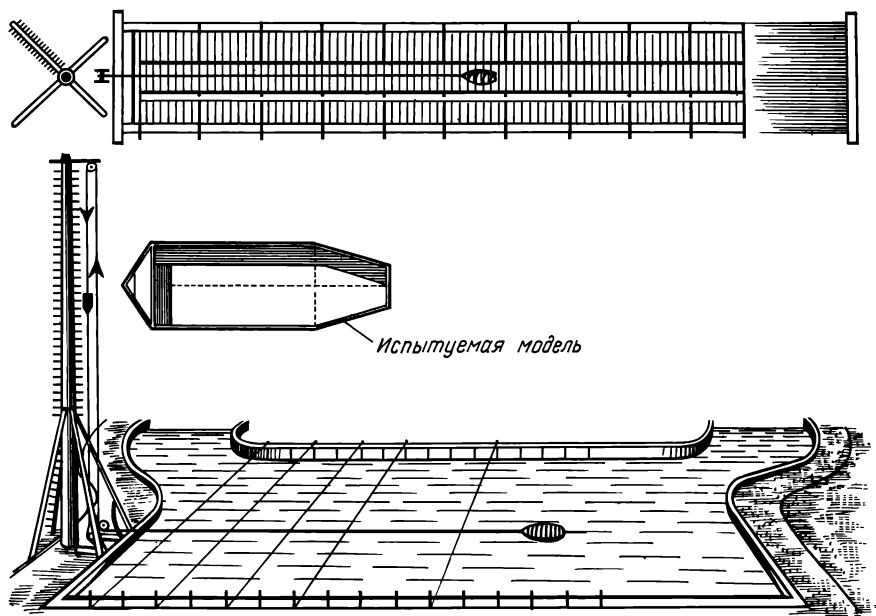


Рис. 25. Схема эксперимента с моделями в воде Д'Аламбера, Кондорса и Боссю (1776 г.)

ром совместно с Кондорсом и Боссю. Модели представляли собой полые внутри геометрические фигуры, спаянные из тонких листов металла с сечением одинаковой площади, ориентированным поперек на-

perimentов так комментирует один из авторов исследования Боссю: «Из приведенных результатов видно, что в действительности сопротивление изменяется иначе, чем изменяются квадраты синусов углов па-

дения*: опытные числа отличаются от теоретических тем более, чем меньше становится угол падения» (3).

Таким образом, было убедительно показано, что теоретические расчеты лобового сопротивления при движении тел в воде и воздухе, произведенные по формулам Ньютона, неверны.

Результаты, полученные французскими академиками на моделях, подтвердили необходимость проведения специальных экспериментальных исследований в большом объеме. Поэтому дальнейшая работа многих ученых и была направлена на более глубокое экспериментальное изучение сил сопротивления движению тел в воде и воздухе на моделях. Этого настоятельно требовало развитие кораблестроения и воздухоплавания во многих странах.

Многочисленными экспериментами с разнообразными моделями, движущимися в воде, в том числе со схематизированными моделями судов, занимался, как об этом пишет Д. И. Менделеев, английский исследователь Бофуа в 1793—1795 годах. Однако наибольшего успеха в подобного рода исследованиях достиг английский ученый У. Фруд, работавший во второй половине XIX века. Основные его исследования были закончены к середине 70-х годов прошлого столетия и опубликованы в 1876 году (4).

Свои эксперименты У. Фруд проводил в покрытом навесом бассейне воды длиной 85, глубиной 30,5 и шириной 11 м. Над поверхностью воды были укреплены рельсы, не имевшие подпорок снизу, которые бы влияли на состояние поверхности воды. По этим рельсам катилась тележка. К ней была прикреплена испытываемая модель, приводимая в движение посредством нити, соединенной с измерительной аппаратурой. Эта аппаратура записывала изменение силы сопротивления, действующей на модель, и скорость движения модели с тележкой. Схема тележки, применявшейся У. Фрудом для своих экспериментов, показана на рис. 26. На основании результатов такого эксперимента Фруду удалось путем соответствующего пересчета определить силу сопротивления воды, действующую на полноразмерный корабль.

Испытанные им модели корпусов кораблей имели длину от 1840 до 4900 мм, ширину от 455 до 760 мм и массу 90,5, 272, 317 и 362 кг. Модели изготавливались из парафина, который оказался отличным материалом, хорошо поддающимся точной обработке. После изготовления модель загружалась до требуемой массы. Основанием для перехода от силы сопротивления воды, воспринимаемой моделью, к силе сопротивления воды, действующей

* Так называет Босю угол набегания потока на фронтальную плоскость испытываемой модели.

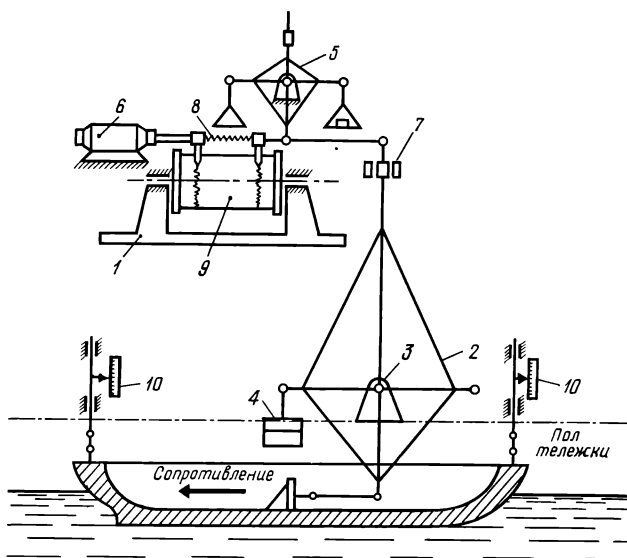
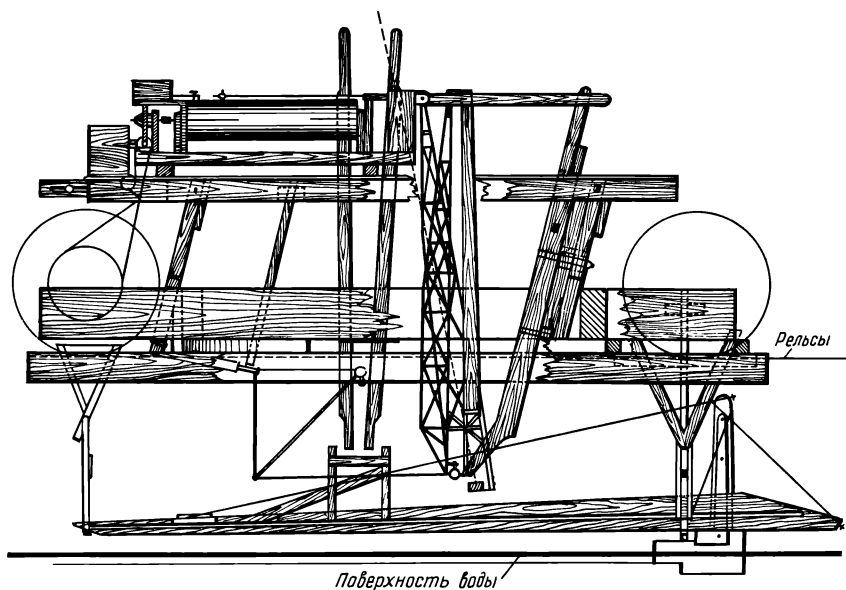


Рис. 26. Схема экспериментальной тележки для протаскивания моделей судов, использованная У. Фрудом (1876):

1 — станина барабана, 2 — механизм фиксации модели, 3 — станина оси механизма фиксации модели, 4 — контргруз, 5 — механизм фиксации звеньев, передающих нагрузки на измерительные устройства; 6 — мерительный инструмент; 7 — фиксатор нейтрального положения; 8 — демпфирующая пружина; 9 — записывающий барабан; 10 — фиксаторы крена

на полноразмерный корабль, служила зависимостью, выявленная Фрудом, которую он формулировал так: «Полные сопротивления подобных кораблей при соответственных скоростях относятся между собой, как кубы их размерений».

Надо сказать, что методика экспериментального определения сопротивления воды кораблю по результатам испытания его модели в гидроканале за более чем 100-летний период, отделяющий нас от работ Фруда, мало чем изменилась. Современный гидроканал оснащен только более совершенной тележкой, более точными средствами измерения и имеет не только потолок сверху, но и мощные стены помещения, где

находится современная гидродинамическая лаборатория. Даже методика изготовления моделей кораблей из парафина, применявшаяся Фрудом, сохранилась до наших дней. Основываясь на опытах Фруда, первые строители дирижаблей выбирали форму баллонов своих аппаратов с наименьшим лобовым сопротивлением. При этом они полагали, что законы сопротивления воды и законы сопротивления воздуха отличаются друг от друга так же, как отличаются друг от друга плотности этих сред. В книге Д. И. Менделеева приведен чертеж дирижабля французского кораблестроителя Дюпюи де-Лома с таким газовым баллоном.

Эксперименты, опередившие время

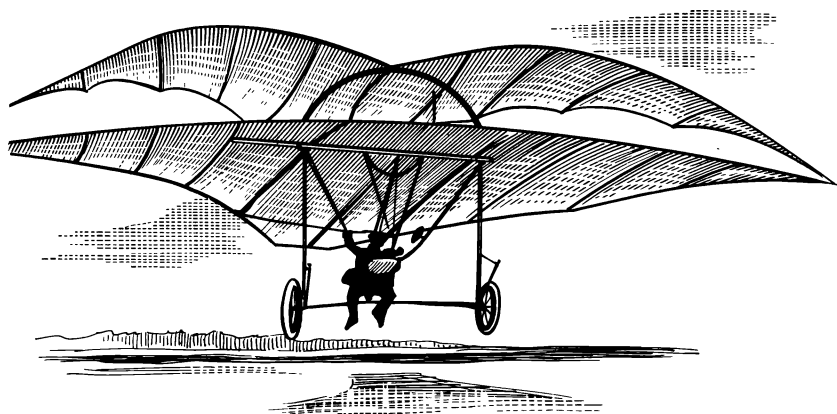
В первом десятилетии XX века авиация, по сути дела, была больше рискованным видом спорта, заключавшимся в демонстрационных полетах на продолжительность, скорость, высоту и, главным образом, дальность, а ее энтузиасты являлись одновременно и конструкторами, и строителями, и пилотами своего летательного аппарата.

В Европе одними из первых самолетостроителей, аппараты которых совершали кратковременные полеты, были датчанин Х. Элехаммер и бразилец, живший во Франции, Сантос-Дюмон. Оба изобретателя в качестве прототипов для своих самолетов выбрали конструкции воздушных змеев.

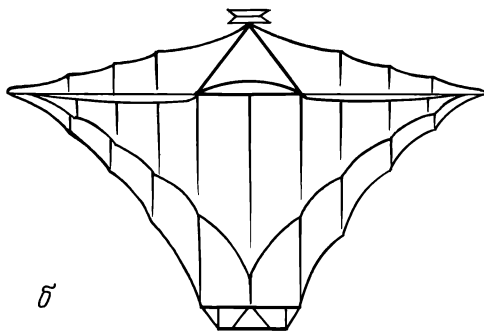
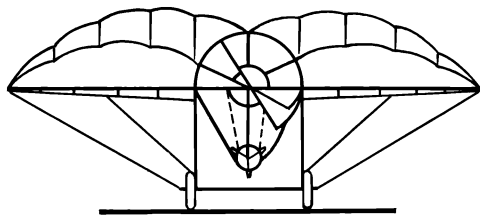
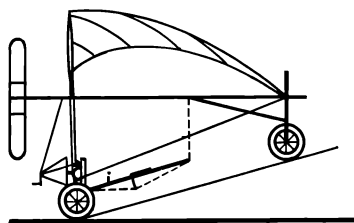
Элехаммер подобрал для крыла конфигурацию обычного всем известного плоского змея, имеющего форму несимметричного ромба. При этом он отрезал нижний конец поверхности, расположив там отклоняющийся руль высоты. К продольному стержню, который являлся силовым элементом конструкции, сверху крепилось крыло, а снизу — шасси и гондола с двигателем и летчиком (рис. 27). Сиденье летчика было так подвешено к продольному стержню, что при изменении продольного угла наклона аппарата летчик, как маятник, перемещался в соответствующую сторону и, будучи связан посредством рычагов и тросов с рулем высоты, вызывал его

отклонение. Это способствовало устранению возникшего угла наклона самолета. Самолет этот был «бесхвостым», так как специального оперения у него

не было, а руль высоты представлял собой заднюю кромку центрального участка крыла. Самолет Элехаммера — биплан с тянущим винтом, вращав-



a



б

Рис. 27. Самолет Х. Элехаммера (1906 г.):
a — общий вид; *б* — схема

шимся двигателем внутреннего сгорания мощностью около 13 кВт (18 л. с.). Нижнее, основное крыло, имевшее в плане форму ромба, было дополнительно расчалено к стойкам шасси. Верхнее крыло крепилось к нижнему на расчалках с помощью дугообразной поверхности, составляющей одно целое с центральной частью нижнего крыла. Это крыло вследствие деформации мягкой конструкции поверхности напоминало своей формой крылья чайки. Двигатель с тянущим винтом размещался впереди основного крыла так, что поток от винта устремлялся под дугообразную поверхность центральной части крыла.

В 1905 году Элехаммер проводит предварительные эксперименты с летающей моделью своего будущего аппарата в масштабе 1/20 с механическим двигателем, работавшим на сжатой углекислоте (5). На модели были проверены несущие возможности системы крыла. После нескольких успешных запусков модели изобретатель приступил к постройке своего первого самолета. Вслед за неудачей, связанной с плохой работой двигателя, он внес ряд изменений в конструкцию самолета и установил на нем более мощный двигатель.

В сентябре 1906 года Элехаммер совершил первый успешный полет на своем втором самолете, поднявшись над землей на высоту около метра, и выполнил благополучную посадку. Самолет был сфотографирован в этом полете.

Аппарат Элехаммера явился

первым самолетом типа «бесхвостка», кратковременный полет которого был документально зафиксирован. При его создании изобретателю существенно помогли опыты с летающей моделью, а форма крыла была выбрана по аналогии с простейшим воздушным змеем. Схема самолета — «бесхвостка», который впервые облетал Элехаммер, в настоящее время широко применяется в самолетостроении.

Бразилец Альберто Сантос-Дюмон в период с 1898 по 1902 год во Франции успешно освоил создание и пилотирование легких дирижаблей с двигателями внутреннего сгорания. После этого он решил заняться аппаратами тяжелее воздуха — самолетами. Узнав об успешных опытах братьев Райт в США, Сантос-Дюмон выбрал райтовскую схему своего первого самолета — с передним расположением горизонтального оперения. Кроме того, при постройке своего аппарата он учел опыт Л. Харгрева, о коробчатом змее которого было тогда широко известно по материалам воздухоплавательного отдела Всемирной выставки 1900 года в США. Крылья первого самолета Сантоса-Дюмона представляли собой комбинацию из шести коробок, а стабилизатор, являвшийся и рулем высоты, имел одну коробку воздушного змея типа змея Харгрева.

Молодой и решительный бразилец, располагавший значительными средствами, поскольку был владельцем больших кофейных плантаций, вод-

рузил на свой самолет мощный по тем временам двигатель внутреннего сгорания — 37 кВт (50 л. с.). На аппарате, именованном «Сантос-Дюмон-14 бис», он с 13 сентября по 12 ноября 1906 года последовательно совершал полеты дальностью 60 и 220 м. Полеты проходили публично, последний из них на высоте 6 м в течение 21 с. Это были первые полеты человека на самолете, официально зарегистрированные Аэроклубом Франции. Так коробчатый змей Л. Харгрива и в Европе оказал существенное влияние на конструкцию одного из первых самолетов. «Сантос-Дюмон-14 бис» был выполнен по схеме «утка»*. После первых десяти лет развития авиации схема эта была забыта конструкторами. В настоящее время она снова привлекает внимание авиаторов, особенно при создании легких одно- или четырехместных самолетов.

Начиная с 1910 года в небо начали подниматься машины и русской постройки — конструкторов Е. 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, а иногда проводились и летные эксперименты по использованию самолета для перевозки почты, нетяжелых грузов и пассажиров. 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 заключается в поисках оптимального варианта взаимодействия крыла и потока воздуха. Так родилась аэродинамика — наука, которая изучает законы движения газовой среды и ее силовое воздействие на движущиеся в ней твердые тела.

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 как средства эксперимента. Николай Егорович Жуковский еще в 1889 году начал собирать в кабинете прикладной механики Московского университета раз-

* Название схемы «утка» связано с тем, что аппараты этого типа в полете из-за вытянутого перед крылом фюзеляжа напоминают летящую утку.

личные летающие модели птиц, бабочек, helicopters, с помощью которых исследовались проблемы полета на миниатюрных аппаратах тяжелее воздуха (6).

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

Обратимся к воспоминаниям по этому вопросу Дмитрия Ивановича Менделеева.

«В конце истекшего февраля (1895 года. — *Прим. ред.*), — писал знаменитый ученый 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 столоначальника 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 посреди 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 говорилось 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 эти экземпляра самолетов летают очень плавно и очень легко сами уравниваются в воздухе, то есть опрокинутые и отпущенные перевертываются, летят далее прямо, повернувшись вогнутой спиной кверху. У одного из таких самолетов при общей поверхности около 80 см^2 вес равен 6 дгг, а скорость около $1,2 \text{ м/с}$. У другого — поверхность около 285 см^2 , вес около $1,9 \text{ г}$ и скорость полета 2 м/с (рис. 28).

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

1 мая 1896 года В. В. Котов

* 1 вершок равен 4,45 см.

сделал на заседании воздухоплавательного отдела Императорского русского технического общества доклад, текст которого с большим числом иллюстраций был опубликован в «Записках» этого общества (7). В. В. Котов первым продемонстрировал на летающей модели основные принципы продольной балансировки самолета или планера типа «летающее

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, используя при этом миниатюрные летающие модели.

В начале 1894 года на соб-

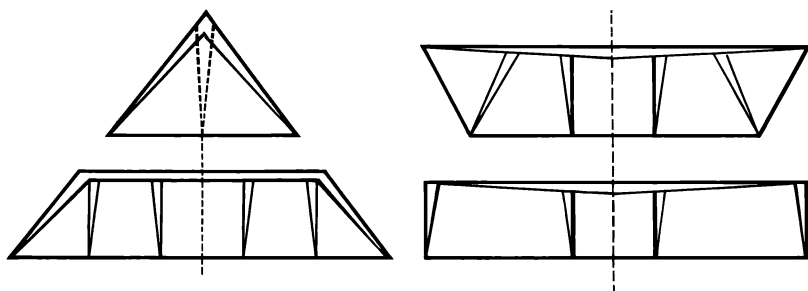


Рис. 28. Модели планеров В. В. Котова — вид сверху (1895 г.)

крыло». Он установил путем опытов со своими моделями, что обеспечение продольной устойчивости достигается размещением центра масс изолированного крыла перед его аэродинамическим фокусом*, а продольная балансировка — загибом тыльного тонкого края крыла кверху.

Таким образом, еще в конце прошлого века на простейших моделях была продемонстрирована возможность полета самолета типа «бесхвостка» или «летающее крыло».

рании общества естественной истории и философии Бирмингема 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» (8). Первый том назывался «Аэродинамика», второй — «Аэродонетика» (последнее название следует пони-

* Фокус крыла называется такая 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.

мать, в соответствии с современной терминологией, как «динамика планирующего полета»). Из большого числа опытов, которые описывает ученый, остановимся на первых.

Опыты с летающими моделями планеров-монопланов Ланчестер провел в июне — июле 1894 года. Масса каждой из шести одинаковых моделей из дерева достигала 650 г. Крыло,

собой рейку треугольного сечения из пихты. Оперение состояло из хвостового горизонтального стабилизатора, имевшего при виде сверху треугольную форму, и двух килей — хвостового и переднего. Так как у крыла не было угла поперечного V , то передний киль обеспечивал поперечную устойчивость. Стабилизатор и кили были изготовлены из пихты.

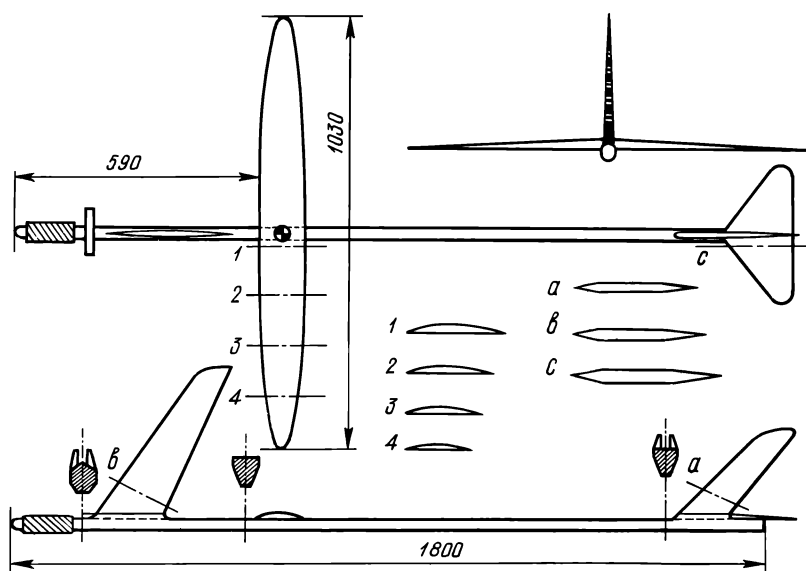


Рис 29. Большая модель планера Ф. Ланчестера «Аэродон» (1894 г.)

изготовленное из хорошо высушенной сосны, было сплошным и имело форму эллипса в плане. Размах крыла составлял 1000 мм, ширина в центре 75 мм. Нагрузка на крыло модели была значительной — от 98 до 110 г/дм². Это определило довольно большую скорость полета — 25 м/с.

Фюзеляж модели представлял

Площадь крыла составляла 5,9 дм², горизонтального стабилизатора 1,8 дм², переднего кия 2,8 дм², хвостового кия 1,9 дм². Центр масс модели находился позади передней кромки крыла на расстоянии 25 мм. Такое его размещение обеспечивала свинцовая пластина, спиралеобразно огибающая носок фюзеляжа (рис. 29).

Старт модели осуществлялся с помощью катапульты. Для этого перед носовым килем имелаcь деревянная пластинка, служившая опорой при запуске. Катапульта состояла из двух деревянных направляющих стержней длиной по 3,3 м с расстоянием между ними 25 мм. Впереди стержней на 0,5 м выступала рейка. На ее переднем конце были укреплены 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 проволочной скобой, скользящей в промежутке между стержнями катапульты. Для фиксации скоба устанавливалась в зарубках на верхних кромках стержней. Резиновые ленты при этом вытягивались, развивая усилие около 25 кгс. Скоба упиралась также и в специальную зарубку в кормовом окончании фюзеляжа. Для запуска модели в полет было достаточно с помощью вилкообразного рычага освободить проволочную скобу из зарубок на направляющих стержнях, и резиновая лента, сокращаясь, выбрасывала модель в воздух.

Ф. В. Ланчестер провел четыре запуска 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 четвер-

тый запуски осуществлялись при слабом ветре и модели пролетели расстояние 183 и 137 м. Скорость во всех четырех полетах колебалась незначительно — от 24 до 25 м/с.

Пятый раз была запущена модель самолета, названная Ланчестером «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 к фюзеляжу тонкими рояльными струнами. Два воздушных винта Ф. В. Ланчестер разместил позади горизонтального оперения, то есть сделал их толкающими. Воздушные винты диаметром 440 мм имели по две лопасти из дюралюминиевых пластин толщиной 0,75 мм. Лопасти были насажены на проволочные стержни диаметром 2,5 мм так, что устанавливались под углом около 40° к плоскости вращения и создавали необходимую тягу. Когда же энергия мотора иссякала, они переходили во флюгерное положение, становясь по потоку, и создавали 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 кгс·м (рис. 30). Модель эта выполнила 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.

Опыты с летающими моделями подтвердили правильность теоретических расчетов Ф. В. Ланчестера, и ученый сделал вывод, что по предложенной им схеме в будущем можно будет строить натурный аппарат для подъема человека, не прибегая

убедиться в том, что он правильно выбрал параметры, в частности форму крыла в плане, для обеспечения наибольшей дальности полета. Эллиптическая форма, как известно, дает минимум так называемого индуктивного лобового сопротивления крыла и чем уже крыло, то есть чем больше его удлинение, тем это сопротивление меньше. У моделей Ланчестера

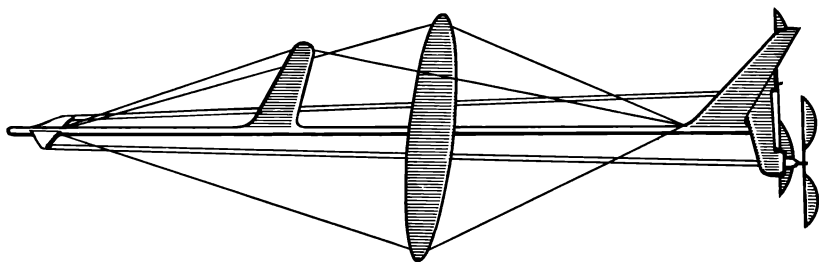


Рис. 30. Резиномоторная модель самолета Ф. Ланчестера «Аэродром» (1894 г.)

при этом к каким-либо механическим устройствам, самобалансирующим этот аппарат в полете, или к другим автоматическим механизмам.

Присмотревшись к конструктивным формам летающих моделей Ланчестера, которые были построены за 10 лет до первого управляемого полета человека на самолете, можно

удлинение крыла составляло 18. Первые самолеты и планеры начали строить с таким удлинением крыла лишь в середине 20-х годов XX века. Так посредством летающей модели ученый смог предугадать направление конструкторской мысли самолетостроителей еще за три десятилетия до создания самолета.

Аэродинамика и простейшие модели планеров

В начале XX века Ф. В. Ланчестер поставил перед собой цель проводить систематические эксперименты по аэродинамике самолета-моноплана. У него не было в распоряжении аэродинамической трубы, и он

решает использовать для своих экспериментов миниатюрные летающие модели планеров, крылья которых выполнялись из тонкой слюды. Одновременно с опытами по аэродинамике Ланчестер на таких моделях

собирался проводить некоторые исследования и по динамике полета.

Свои эксперименты ученый начал с простейшей модели, названной им балласт-аэропланом. Модель представляла собой прямоугольную пластину слюды размером 200×50 мм и толщиной от 0,1 до 0,06 мм. Середина передней кромки пластины была вклеена в щель, прорезанную в крупной свинцовой дробице. Благодаря такой загрузке центр тяжести балласт-аэроплана располагался на расстоянии $1/4$ — $1/5$ 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:

для каждой модели существуют свойственные ей естественная скорость полета и естественный угол планирования;

естественная скорость полета модели определяется ее массой и расположением центра массы по хорде (ширине) крыла;

чем нагрузка, создаваемая массой модели, на площадь ее крыла больше и чем ближе центр масс модели к носу крыла, тем выше естественная скорость полета;

при полете балласт-аэроплана обнаруживается аperiоди-

ческое спиральное неустойчивое движение, устранить которое удается двумя способами: либо разместив впереди модели небольшую вертикальную поверхность, либо отогнув кверху концевые части передней кромки крыла (пользуясь современной терминологией, придав крылу угол поперечного V);

для всякого материала существует некоторая минимально допустимая толщина пластины, используемой в качестве крыла, при которой не теряется ее жесткость, необходимая для полета. Такая наименьшая допустимая толщина для слюды определяется по формуле

$$t = \frac{l^{3/2}}{40\,000}, \quad (1)$$

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

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

На основании проведенных экспериментов с простейшими балласт-аэропланами Ф. В. Ланчестер в период 1905—1907 годов разработал детальную методику проведения опытов с моделями более сложной конструкции — с фюзеляжем и оперением. Крылья моделей изготавливались из слюды, фюзеляж из сосновой рейки. В качестве загрузки в носке ученый для малых моделей использовал пластилин и сургуч, для больших — свинец.

Для всех летающих моделей, построенных Ланчестером, характерно отсутствие поперечного V крыла. Его действие заменял мощный киль, разме-

щенный перед крылом. При первой серии экспериментов ставилась цель определить сопротивление воздуха при полете модели. Эксперименты основаны на том, что модель запускалась в планирующий полет в закрытом помещении. При этом модели придавались строго естественная скорость и естественный угол планирования. Использовалась модель

имел суммарную площадь $S_{в.01} = 0,009 \text{ дм}^2$, а второй $S_{в.02} = 0,077 \text{ дм}^2$. Как крыло, так и горизонтальная и вертикальные поверхности были выполнены из тонкой слюды. Масса модели составляла 0,6 г (рис. 31). Во время эксперимента измерялась начальная высота планирования H и дальность планирования L . Кроме того, фиксировалось время t ,

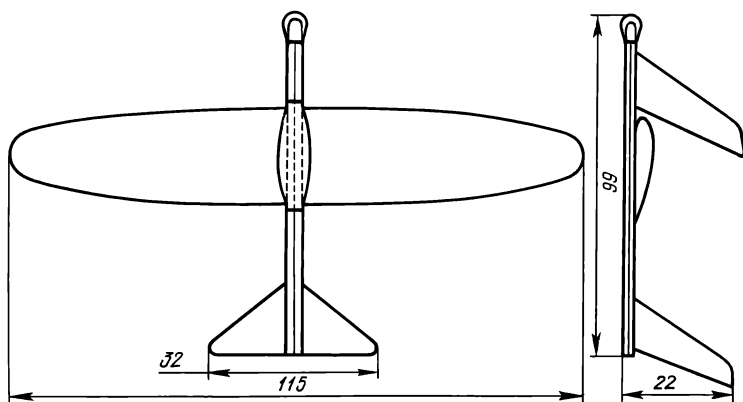


Рис. 31. Малая модель планера Ф. Ланчестера «Аэродон» (1906 г.)

планера длиной 66 мм, ее крыло имело размах 115 мм с хордой в центре размером 19 мм и площадью $0,171 \text{ дм}^2$. Площадь треугольного стабилизатора равнялась $0,032 \text{ дм}^2$.

Для определения силы лобового сопротивления, вызванной трением поверхности модели о воздух, имелось два комплекта вертикальных поверхностей. На модели последовательно устанавливались эти комплекты. В каждый комплект входила передняя и задняя килевые поверхности. Первый комплект

за которое преодолена дистанция L . Таким образом, можно было определить тангенс угла планирования (рис. 32):

$$\operatorname{tg} \Theta = \frac{H}{L}. \quad (2)$$

Так как в установившемся режиме планирования масса модели 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 под-

считать величину лобового сопротивления:

$$Q = \frac{H}{L} \quad (3)$$

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

Первая серия запуска дала средние значения дальности

$$Q_2 = 0,6 \frac{2,13}{9,6} = 0,133 \text{ г.}$$

Среднее значение скорости полета модели во второй серии запусков составило $V_2 = 3,49 \text{ м/с}$.

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

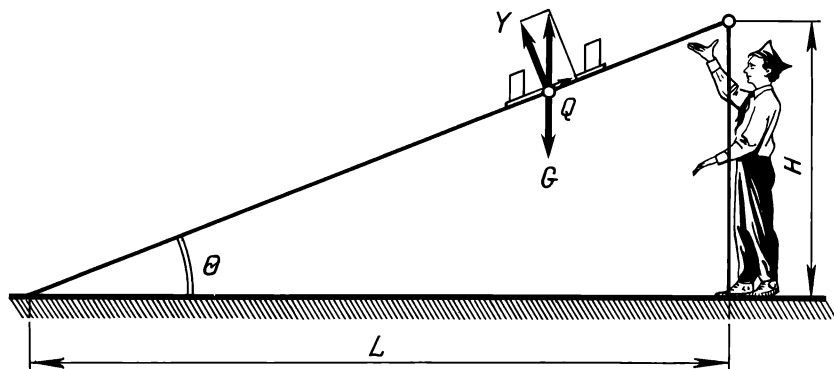


Рис. 32. Схема эксперимента Ф. Ланчестера с малой моделью «Аэродон»

планирования $L_1 = 10,9 \text{ м}$ при высоте запуска $H_1 = 2,13 \text{ м}$. При этом сила лобового сопротивления модели составляет

$$Q_1 = 0,6 \frac{2,13}{10,9} = 0,1173 \text{ г.}$$

Среднее значение скорости полета в первой серии запусков составило $V_1 = 3,5 \text{ м/с}$.

Вторая серия полетов модели с дополнительной вертикальной поверхностью показала среднее значение дальности планирования $L_2 = 9,6 \text{ м}$ при высоте запуска $H_2 = 2,13 \text{ м}$. При этом сила лобового сопротивления модели

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

Это дополнительное сопротивление вызвала увеличенная площадь килей, равная

$$\Delta S_{\text{в.о}} = S_{\text{в.о}2} - S_{\text{в.о}1} = 0,077 - 0,009 = 0,068 \text{ дм}^2.$$

Далее ученый определил силу лобового сопротивления трения, развиваемую одним квадратным дециметром поверхности модели:

$$\Delta Q = \frac{\Delta Q}{\Delta S_{\text{в.о}}} = \frac{0,0157}{0,068} = 0,231 \text{ г/дм}^2.$$

Зная площадь всех поверхностей модели, ученый смог определить величину силы лобового сопротивления модели, вызванную трением о воздух этих поверхностей. Кроме крыла, стабилизатора и килей, рейка-фюзеляж также оказывает трение о воздух. Ее суммарная площадь равна 0,016 дм². Тогда вся площадь поверхности модели, трущейся о воздух, в варианте меньших по размеру килей, составит величину:

$$S_{\Sigma} = S_{кр} + S_{ст} + S_{в.о} + S_{ф} = 0,171 + 0,032 + 0,009 + 0,016 = 0,228 \text{ дм}^2,$$

где $S_{кр}$, $S_{ст}$, $S_{в.о}$ и $S_{ф}$ — площади крыла, стабилизатора, вертикального оперения и фюзеляжа. Отсюда сила лобового сопротивления, действующая на модель за счет трения о воздух, будет равна:

$$Q_{тр} = \Delta \bar{Q} \cdot S_{\Sigma} = 0,231 \cdot 0,228 = 0,0526 \text{ г.}$$

Вихревое и индуктивное лобовое сопротивление, действующие на модель, Ф. В. Ланчестер получил, вычтя из общего лобового сопротивления Q_1 силу лобового сопротивления трения $Q_{тр}$:

$$\begin{aligned} Q_{вихр} &= Q_1 - Q_{тр} = \\ &= 0,1173 - 0,0526 = 0,0647 \text{ г.} \end{aligned}$$

Ученый на основе своего эксперимента впервые определил опытное значение коэффициента трения для своей модели.

Часть силы лобового сопротивления, которая определяет-

ся трением воздуха о поверхность модели, вычисляется по формуле

$$Q_{тр} = C_f \cdot S_{\Sigma} \frac{\rho V^2}{2}, \quad (4)$$

где C_f — коэффициент трения, ρ — плотность воздуха в нормальных атмосферных условиях ($\rho = 0,125 \frac{\text{кгс} \cdot \text{с}^2}{\text{м}^4}$).

Разделив обе части этого выражения на S_{Σ} , преобразуем его в равенство:

$$\frac{Q_{тр}}{S_{\Sigma}} = \frac{C_f \cdot S_{\Sigma} \cdot \rho V^2 / 2}{S_{\Sigma}} = C_f \cdot \frac{\rho V^2}{2}. \quad (5)$$

Величина $Q_{тр}/S_{\Sigma}$ есть удельная сила лобового сопротивления, вызванная трением. Так как она уже была определена ранее путем эксперимента ($\Delta \bar{Q} = 0,231 \text{ г/дм}^2 = 0,0231 \text{ кг/м}^2$), осталось только вычислить коэффициент трения:

$$\begin{aligned} C_f &= \frac{0,0231}{\frac{\rho V^2}{2}} = \frac{0,0231 \cdot 2}{0,125 \cdot (3,5)^2} = \\ &= 0,0302. \end{aligned}$$

Эксперименты с простейшими летающими моделями, проводившиеся Ф. В. Ланчестером в 1905 году, на наш взгляд, представляют интерес и сегодня. Его вполне могут воспроизвести даже юные авиамodelисты. Разумеется, сегодня нет необходимости использовать для крыла обязательно слюду. Ее могут заменить древесный шпон, тонкие листы жесткой пластмассы, дюралюминия или другие аналогичные материалы.

Вязкий воздух

Кроме тех экспериментов и расчетов, о которых рассказано выше, авиамоделисту небыл интересно будет определить так называемое число Рейнольдса (Re), 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 или скоростью движения среды относительно неподвижного тела, линейными размерами тела (средней шириной крыла или оперения, для фюзеляжа — его длиной), 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 вещества зависит и от температуры. У воздуха, так же как и у других веществ, она растет с ее увеличением. А так как температура воздуха с высотой падает, то вязкость более высоких слоев атмосферы меньше, чем низких.

Как проявляется сила вязкости, можно представить себе 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. При этом движение частиц относительно ножа у самой его поверхности 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 среды, в частности жидкости или газа, в котором скорость среды относительно тела меняется в зависимости от близости к поверхности этого тела 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 тела воздухом сильно зависит от характера измерения 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 чис-

лом Рейнольдса, которое подсчитывается по формуле

$$Re = \frac{V \cdot b}{\nu}, \quad (6)$$

где V — скорость, м/с; b — ширина (хорда) крыла, мм; ν — модуль вязкости для воздуха (при 15 °С и 760 мм рт. ст. $\nu = 0,0000145 \text{ м}^2/\text{с}$).

Для подсчета числа Рейнольдса летающих моделей, которые чаще всего движутся вблизи земли, можно пользоваться формулой

$$Re = 69 \cdot V \cdot b. \quad (7)$$

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. Критическое число Рейнольдса у каждого обтекаемого тела свое. Например, для плоской пластинки, расположенной по потоку, оно равно 500 000.

Форма распределения скорости в пограничном слое существенно влияет на величину сопротивления трения поверхности о воздух. Сила трения в пограничном слое как с ламинарным, так и с турбулентным течением 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, то есть 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 (рис. 33) показано изменение коэффициента трения в диапазоне чисел Рейнольдса от 1000 до 100 000 000, как при ламинарном течении в пограничном слое, так и при турбулентном. Этот график — результат исследований в период с 1918 по 1926 год ученых-аэродинамиков, и в первую очередь — немецкого профессора Л. Прандтля. Данные получены теоретическим путем и на основе кропотливых экспериментов в аэродинамических трубах. На график нане-

сена точка, соответствующая результатам экспериментов Ф. В. Ланчестера с простейшими летающими моделями планеров. Величина коэффициента трения, определенного ученым еще в 1905 году, вполне соответствует более точным позднейшим исследованиям.

Убедимся в этом сами.

Для модели Ф. В. Ланчестера, средняя ширина крыла и

предложенной профессором Л. Прандтлем в 1920 году, для пограничного слоя с ламинарным течением, то есть

$$C_f = 2,656 \frac{1}{\sqrt{Re}}, \quad (8)$$

определим коэффициент трения модели Ф. Ланчестера теоретическим путем:

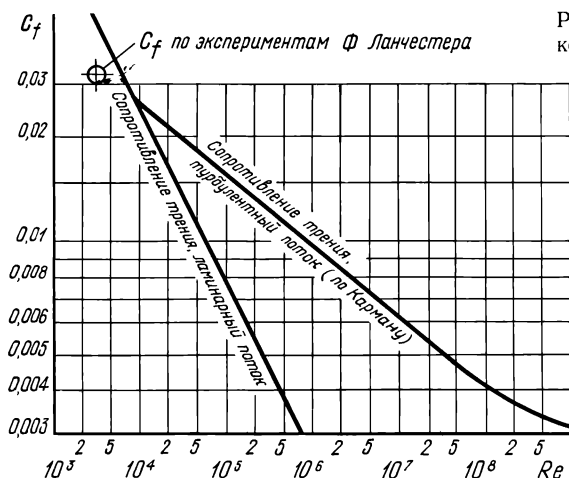


Рис 33 График зависимости коэффициента C_f от числа Re

оперения которой была 13 мм, число Рейнольдса составляло при скорости 3,5 м/с по формуле (7) величину

$$Re = 69 \cdot V \cdot b = 69 \cdot 3,5 \times 13 = 3140.$$

Учтем, что именно при этом числе Рейнольдса коэффициент трения C_f , экспериментальным путем полученный Ф. В. Ланчестером, составляет величину 0,0302. Теперь, пользуясь формулой для коэффициента C_f ,

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

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, некоторые ученые пытались представить себе пути дальнейшего развития авиации и решить связанные с ней задачи.

Теоретически расчеты показывали, что самолет сможет 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 плавал 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 наука располагала 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. Муйяр. В его книге «Царство воздуха» на одном из рисунков четко показан периодический характер колебаний моделей во время некоторых запусков.

Другой исследователь Е. Марей в книге «Полет птиц», написанной им в начале 90-х годов прошлого века, также под-

робно рассказал об экспериментах с бумажными моделями планеров. Меняя положение центра масс, он запускал свои модели носком книзу и фиксировал их полет через определенные промежутки времени с помощью моментальной фотографии. Это были первые научные эксперименты с летающими моделями, при которых производилась четкая фиксация результатов, позволяющая 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. По своей схеме модели были аналогичны той, которая изображена на рис. 31.

Моделям задавались скорости полета несколько больше их естественных скоростей. Это вызывало длиннопериодические колебания, параметры которых и измерял 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 путем 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 без горизонтального оперения имел продольную устойчивость, его центр масс должен быть размещен перед фокусом крыла. Расстояние от центра масс аппарата до его фокуса, выраженное в процентах от хорды крыла, называется запасом продольной устойчивости. Если хорда 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 массы 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 (9).

Для экспериментов были выбраны две модели планеров без горизонтального оперения типа «летающее крыло»: одна — со стреловидным крылом, другая — с крылом, имеющим в

плане форму треугольника. Крылья обеих моделей имели симметричный профиль и рулевые закрылки на концах. Нагрузка на крыло у моделей менялась от 50 до 250 г/дм². 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° (задняя кромка поднята вверх) до $+15^\circ$ (задняя кромка опущена вниз). При каждом отклонении закрылков путем пробных запусков подбиралось наиболее выгодное размещение центра масс. Результаты каждого запуска фиксировались на графике. Координаты точки определялись углом отклонения закрылков δ_z^0 и расстоянием от носка центральной хорды до центра масс модели S.

Точки на графике обозначались по-разному, в зависимости от характера полета модели: если модель летала по плавной, слегка наклоненной прямой — контурным кружком; если резко снижалась вниз — сплошным кружком с чертой, направленной вниз; если интенсивно взмывала вверх, а затем резко устремлялась к земле — сплошным кружком с чертой, направленной вверх.

Когда все запуски были сделаны, модель переворачивалась 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 (рис. 34). В результате на графике были получены две серии разнородных точек — вверх и вниз. Используя соответствующие точки, исследователи получили интерполяционные кривые. Те из них, которые были ориентированы на контурные кружки, получились близкими к прямым и почти симметричными относительно горизонтальной оси графика. Точка пересечения этих кривых дала расположение аэродинамического фокуса крыла относительно носка центральной хорды. Для крыла треугольной формы в плане такая точка оказалась удаленной от носка центральной хорды на расстояние, равное 17% средней аэродинамической хорды.

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 немногим отличался от результатов, полученных позднее с помощью современных аэродинамических труб.

Эксперимент, о котором мы только что рассказали, в упрощенном виде под силу почти любому авиамodelьному кружку. Для эксперимента кроме моделей надо изготовить еще направляющую ползьев с резиновыми лентами, которые, сокращаясь, выстреливают модель в воздух подобно камню из рогатки. Так как модель

большой киль должны быть как снизу крыла, так и сверху его. Крыло должно иметь только симметричный профиль. Закрутка концов крыла относительно центральной хорды не допускается. Рулевые закрылки должны быть обязательно с жесткой фиксацией, чтобы обеспечить строго симметричное отклонение.

Заметим, что для простоты

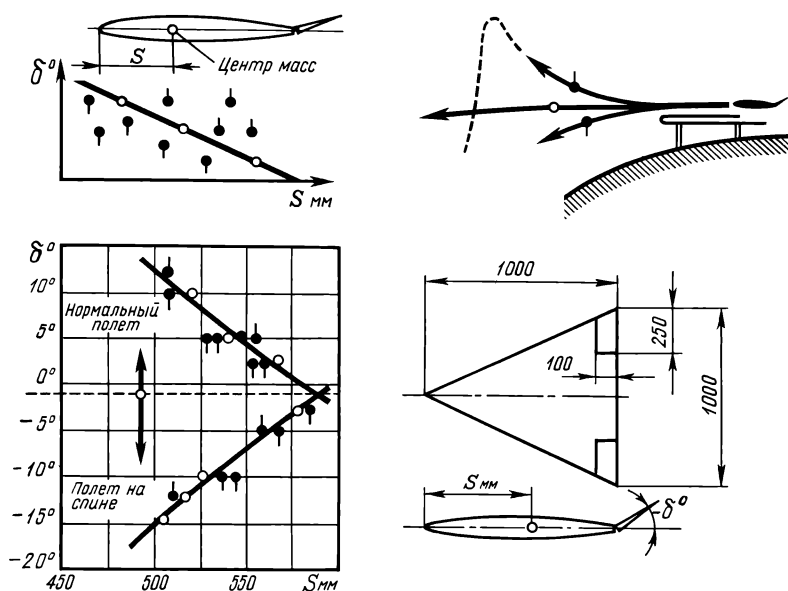


Рис. 34. Схема эксперимента по определению положения фокуса на треугольном крыле

должна представлять собой «летающее крыло», то она не может иметь горизонтальное оперение и объемистый фюзеляж. Допускается лишь миниатюрный плоский фюзеляж и небольшое вертикальное оперение. При этом фюзеляж и не-

запуска моделей их размах не следует делать большим 1,2 м, а нагрузку более 50 г/дм². При каждом запуске модели необходимо следить за тем, чтобы натяжение резиновых лент было строго одинаковым слева и справа.

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 — наше отечественное изобретение. И хотя идея подъема человека в воздух посредством воздушного винта принадлежит гениальному художнику и ученому эпохи Возрождения флорентийцу Леонардо да Винчи, реализовали ее русские ученые и инженеры.

При создании вертолета существенную роль сыграли эксперименты с летающими моделями. Первые опыты 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 вращаемого воздушного винта; выявить, как обеспечить простым способом горизонтальное движение геликоптера; установить возможность плавного спуска геликоптера после того, как мотор, вращающий осно-

вной несущий винт, прекратил свою работу.

При решении всех этих задач ученики Н. Е. Жуковского с успехом использовали простейшие летающие модели, выполненные из сосновых реек и бумаги. Решить первую стоявшую 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 важный вывод, что для геликоптера уравнивать реактивный момент от воздушного винта крыльчатыми устройствами нецелесообразно.

Широко использовали ученики Н. Е. Жуковского в своих исследованиях так называемые инерционные модели. Эти модели запускались в полет либо посредством раскручивания деревянной оси воздушного винта, зажатой между ладонями запускающего, путем быстрого относительного смещения этих

ладоней, либо с помощью специального станочка из катушки. На таких моделях, казалось бы игрушечных, удалось решить вторую задачу — выявить, как обеспечить простым способом горизонтальное движение геликоптера. Оказалось, для этого достаточно наклонить ось вращения воздушного винта несколько вперед, в сторону требуемого движения аппарата.

Третья задача — обеспечение плавного спуска геликоптера — также была решена с помощью этих винтокрылых моделей. Вот что пишет по этому поводу академик Б. Н. Юрьев в статье «История вертолетов» (10): «Опыты над простейшими моделями с перых же шагов показали, что винты способны хорошо планировать. Для изучения этого мы запустили нашу «летающую палочку» с третьего этажа аэродинамической лаборатории. Моделька взлетала и затем, имея большой запас высоты, падала вниз. Обычное 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... 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 с гиростабилизатором. 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 перебалансировались на малые углы. Гироскопический стабилизатор изготавливался довольно просто — поперёк обеих лопастей размещалась спица с укрепленными на концах грузами из свинца (рис. 35). Грузы создавали при вращении мощный гироскопический момент, способствовавший устойчивому полету модели. Модель прекрасно летала и, достигнув наибольшей высоты, свободно переходила на авторотацию. Следует заметить, что анало-

* Авторотация — здесь свободное вращение воздушного винта под действием набегающего потока воздуха.

гичное устройство с инерционными грузами с большим успехом было применено через 40 лет, в 1950 году, на несущем винте вертолета фирмы «Белл» в США. Поскольку опыты с простейшими моделями геликоптеров показали, что уравнивание реактивного момента от вращения несущего винта с помощью крыльчатых устройств нецелесообразно,

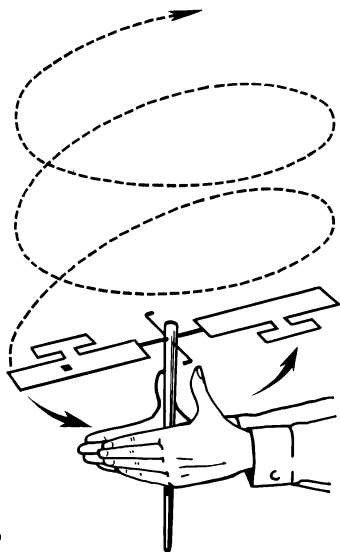
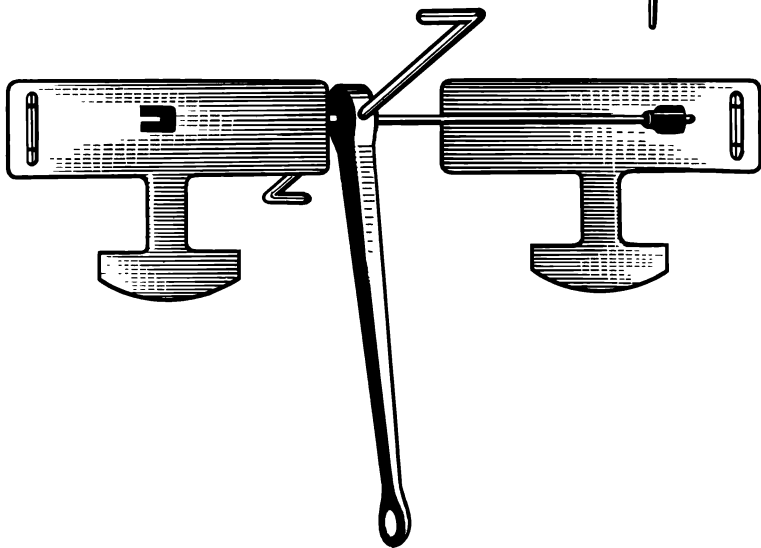


Рис. 35. Модель геликоптера Б. Н. Юрьева (1910 г)



Б. Н. Юрьев в поисках другого способа уравнивания пришел к идее вертолета с одним несущим и рулевым хвостовым винтами. Простейшие опыты подтвердили ее правильность. Запуски моделей показали, что несущий винт, который дает вертикальную силу, обеспечивающую подъем аппарата

вверх, может при уменьшении углов установки лопастей гарантировать плавный спуск на режиме авторотации после того, как двигатель прекратил работу. При наклоне несущего винта вперед возникает горизонтальное движение аппарата.

Сопоставляя все эти факты, Б. Н. Юрьев пришел в 1911 го-

ду 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 надо было менять рычагами управления. Поставив перед собой такую задачу, ученый пришел к идее создания специального механизма, который получил название автомата перекоса.

Так опыты с простейшими летающими моделями создали научно-технические предпосылки для двух крупных нововведений в авиационной технике — к схеме вертолета с одним несущим и рулевым хвостовым винтами и устройству автомата перекоса (11).

В конце 20-х годов в ЦАГИ развернулась интенсивная деятельность по созданию первых советских вертолетов. Проводились многочисленные опыты с резиномоторными одновинтовыми моделями вертолетов, которые строил молодой, но уже опытный авиамоделист Георгий Миклашевский. Вскоре ему стал помогать Олег Гаевский. Сейчас Г. В. Миклашевский — кандидат технических наук, известный специалист по проектированию экспериментальных установок, а мастер спорта СССР по авиамоделизму О. К. Гаевский проработал много лет руководителем цеха на одном из ведущих предприятий авиапромышленности.

На моделях, построенных авиамоделистами, была отработана система курсового управления вертолетом с помощью рулевых хвостовых вин-

тов, выявлена необходимость установки двойных рулевых винтов — спереди и сзади, что и было применено на первом советском вертолете ЦАГИ-1-ЭА.

Резиномоторные модели, созданные Миклашевским, использовались также и для исследования динамики перехода несущего винта вертолета с моторного полета на режим авторотации. Уже в послевоенные годы Г. В. Миклашевский дал детальный проект резиномоторной модели вертолета, в основу которой была положена конструкция экспериментальных моделей, строившихся в конце 20-х годов в ЦАГИ (12). 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, только туго натянутых и натертых канифолью. Лопасть несущего винта после окончания работы резиномотора автоматически переходили на малый угол установки и при этом включался свободный ход несущего винта. Все это давало возможность ему авторотировать, и модель могла планировать при посадке (рис. 36).

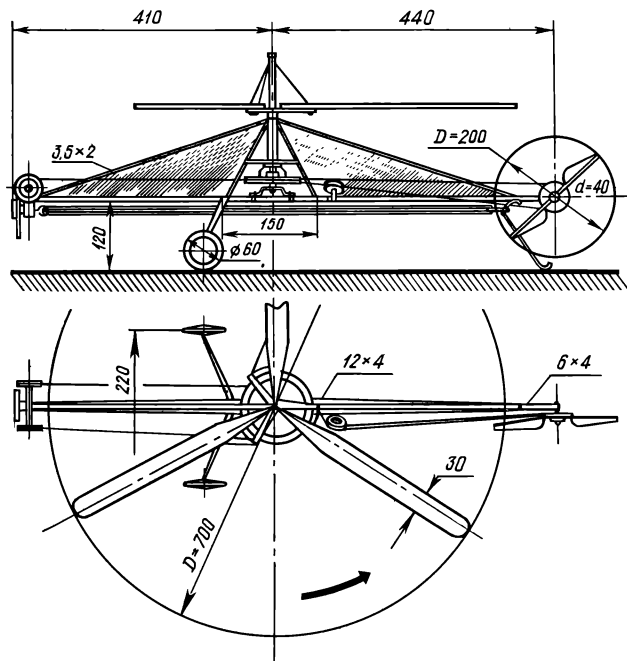
В 1932 году вертолет ЦАГИ-1-ЭА, построенный по схеме Б. Н. Юрьева с применением автомата перекоса, впервые в мире выполнил продолжительные управляемые полеты. 14 августа один из строи-

телей 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

речь о устойчивости такой схемы на летающей модели. В геликоптерной лаборатории Военно-воздушной академии имени Н. Е. Жуковского, на кафедре аэродинамики, которой руководил Б. Н. Юрьев, инженером Г. Герляхом и авиа-моделистом Л. Берсом была построена летающая модель вертолета с приводом на оба трехлопастных несущих вин-

Рис. 36. Резиномоторная модель вертолета Г. Миклашевского (1930 г)



в стране под руководством главного конструктора И. П. Братухина была начата работа по созданию вертолетов так называемой поперечной схемы, то есть машин с двумя несущими винтами — слева и справа от фюзеляжа. В связи с этим возникла необходимость прове-

та. Силовой установкой этой модели служил одноцилиндровый поршневой двигатель АММ-1 (13) (рис. 37).

Модель имела четырехгранный фюзеляж, набранный из шпангоутов и стрингеров и обтянутый папиросной бумагой. Лопасти несущих винтов были

вырезаны из липы, снабжены облегчительными прорезями и также оклеены папиросной бумагой. В центре фюзеляжа размещался двигатель, укрепленный на мотораме, представляющей собой два дюралюминиевых кронштейна. На его валу был установлен деревянный шкив и дюралюминиевый маховик для заводки, а перед двигателем располагался

20 мин. При нормальной работе двигателя вертикальная сила обоих винтов составляла 1300 г.

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

12 марта 1948 года на праж-



Рис. 37. Модель вертолета Г. Герляха и Л. Берса (1938 г.)

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 равнялась 830 г при емкости бака с горючим 53 см³. Такой запас горючего гарантировал продолжительность работы двигателя в течение

ском военном аэродроме чехословацким летчиком был поднят в воздух вертолет. Полет проходил на 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 немецкой конструкции, построенных опытной серией в 1940 году, попавший в Чехословакию как трофейное имущество (14). 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 «Фокке-Ахгелис FA-61». Ее первый успешный полет состоялся в 1937 году (через 5 лет после рекордных стартов советского вертолета ЦАГИ-1-ЭА). Устойчивость вертолета в полете, динамика парашютиро-

вания 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 (15) (рис. 38).

Начиная с 1943 года и особенно в послевоенное время широкое распространение во

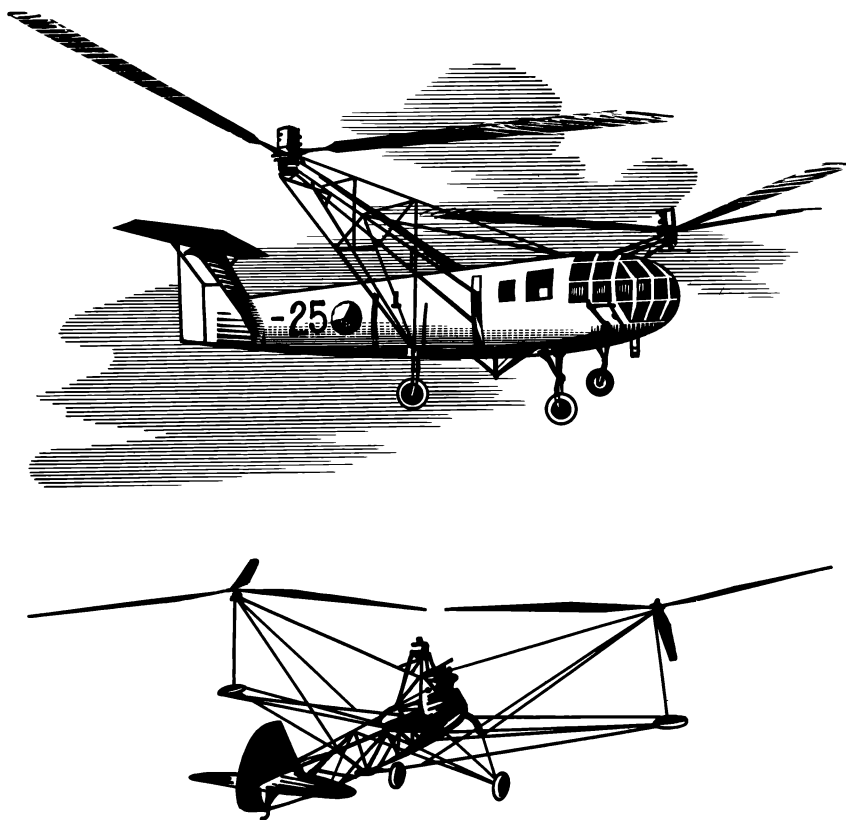


Рис. 38. Вертолет поперечной схемы и модель «Фокке-Ахгелис» с поршневым двигателем (1935 г)

всем мире получили вертолеты, выполненные по схеме Б. Н. Юрьева, то есть с одним несущим и рулевым хвостовым винтами. Летающая модель неоднократно помогала инженерам в решении важных проблем конструкции несущего винта таких аппаратов.

В 1950 году инженер А. Янг, сотрудник вертолетной фирмы «Белл» (США), предложил применять для двухлопастного несущего винта простейший автомат устойчивости. Принцип действия такого автомата, как мы знаем, впервые проверил на простейших летающих моделях Б. Н. Юрьев еще в 1910 году. 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 легких двух- и четырехместных вертолетах, но особенно широкое применение нашел в вертолетном моделизме. В 1969 году немецкий авиамodelист В. Шлюттер использо-

вал его на радиоуправляемой модели вертолета, имеющей двухлопастный несущий винт диаметром 1720 мм, рулевой хвостовой винт, плоский схематизированный фюзеляж, шасси с сильно увеличенной колесой и вынесенным вперед носовым колесом и двигатель внутреннего сгорания рабочим объемом 10 см³. Модель хорошо вела себя как в радиоуправляемом, так и в свободном полетах. С тех пор аналогичные модели получили широкое распространение во всем мире. Строят и испытывают их и в нашей стране.

Начиная с 1978 года на ежегодно проводимых матчевых встречах ряда городов по экспериментальным авиамodelям регулярно принимают участие спортсмены с радиоуправляемыми моделями вертолетов. В частности, в 1985 году на матчевой встрече «Эксперимент-85» было четверо участников с такими моделями, которые успешно выполняли заявленные упражнения (рис. 39).

Автомат устойчивости Янга настолько хорошо показал себя на радиоуправляемых моделях, что инженеры-вертолетостроители охотно их используют, 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 в 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 при этом и сможет ли экипаж покинуть падающую машину. Для исследования этих вопросов в 1975 году западно-

тать 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

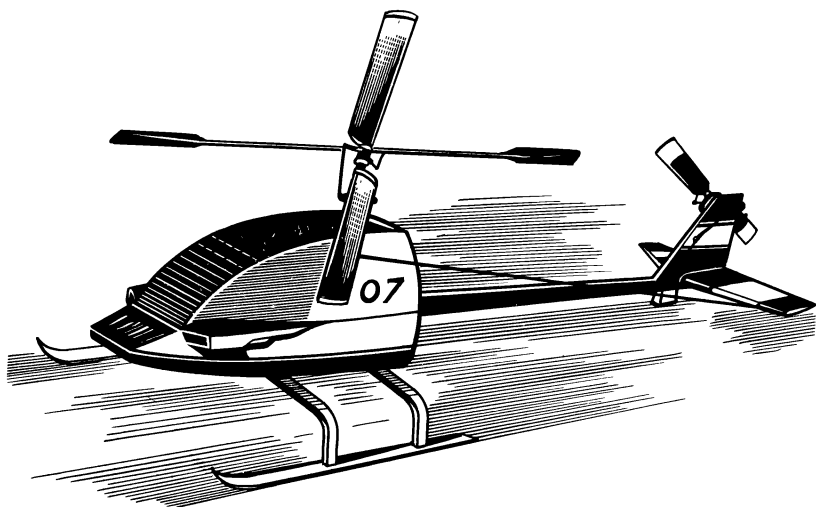


Рис 39. Спортивная радиоуправляемая модель вертолета В Makeева (1979 г.)

германской фирмой DFVLR были использованы радиоуправляемые модели вертолетов. Результаты экспериментов, снятые на киноленту, послужили основой для проектирования средств спасения экипажа (16).

С начала 50-х годов пытливая конструкторская мысль упорно работала и над проблемой конвертоплана. Конвертоплан, или самолет вертикального взлета,— это такой аппарат, который может взле-

та на горизонтальный, то есть 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 тогда руководил академик Б. Н. Юрьев. В эксперимен-

тальной лаборатории по исследованию вопросов динамики конвертоплана с энтузиазмом работали и многие студенты МАИ — любители авиамоделизма. Для своих опытов они выбрали свободнолетающие модели как с резиномоторами, так и с поршневыми двигателями. Запуски конвертопланов выявили возможные формы траекторий полета этих необычных аппаратов.

Наиболее интересными ока-

зались две модели — одна с поршневым компрессионным двигателем К-16 с рабочим объемом $2,5 \text{ см}^3$, другая с резиномоторами. На модели с поршневым двигателем, создателем которой был студент М. Н. Тищенко, ныне Генеральный конструктор вертолетов (17), все отдельные части — четыре крыла из тонкого дюралюминия, бачок для горючего, двигатель и воздушный винт небольшого шага — соединялись на моторной раме (рис. 40). Этот аппарат 12 апреля 1954 года установил первый мировой рекорд продолжительности полета модели вертолета, равный 2 мин 49 с.

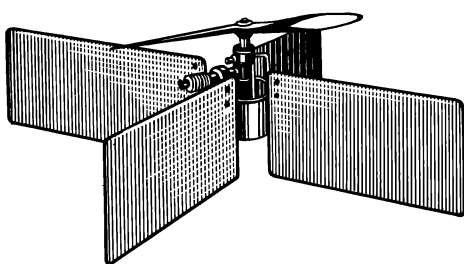


Рис. 40. Модель вертолета свободного полета с поршневым двигателем М. Тищенко (1954 г.)

зались две модели — одна с поршневым компрессионным двигателем К-16 с рабочим объемом $2,5 \text{ см}^3$, другая с резиномоторами. На модели с поршневым двигателем, создателем которой был студент М. Н. Тищенко, ныне Генеральный конструктор вертолетов (17), все отдельные части — четыре крыла из тонкого дюралюминия, бачок для горючего, двигатель и воздушный винт небольшого шага — соединялись на моторной раме (рис. 40). Этот аппарат 12 апреля 1954 года установил первый мировой рекорд продолжительности полета модели вертолета, равный 2 мин 49 с.

Резиномоторная модель имела четыре одинаковые винтомо-

укреплялись на клею БФ-2 деревянные шкивы-катушки, которые охватывались одним витком связывающей нити (рис. 41).

Резиномоторы заводились с хвостовой стороны специальной заводной ручкой. Для запуска одновременно всех четырех винтов применялась стартовая крестовина, удерживавшая винты от преждевременного 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 тихую, безветренную погоду составляла 90—100 м. Модель была построена студентом А. В. Васильевым

(позднее — доцент МАИ). Благодаря многочисленным запускам экспериментальных моделей удалось установить

зависимость изменения некоторых наиболее важных параметров их движения от конструктивных данных.

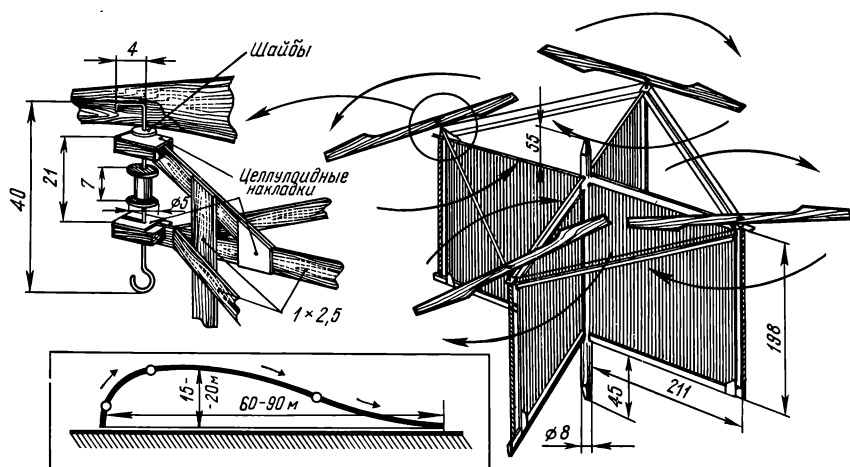


Рис 41. Резиномоторная модель конвертоплана и траектория ее полета

Летающие «параболы», «треугольники» и «стрелы»

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 символическим запуском авиамоделей. 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 каждой модели было написано: «Привет участникам IX съезда ВЛКСМ от советских авиамоделистов». В зале долго не смолкали аплодисменты.

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

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» (рис. 42), и самолет-моноплан «БИЧ-3» изобретатель Борис Иванович Черановский. Он выбрал для своих аппаратов крыло, имеющее при виде сверху

форму параболы, что обеспечивало наибольший внутренний объем крыла и позволяло разместить в его толще полезный

груз, а значит — обойтись без фюзеляжа, который увеличивает не только сопротивление воздуха, но и массу конструк-

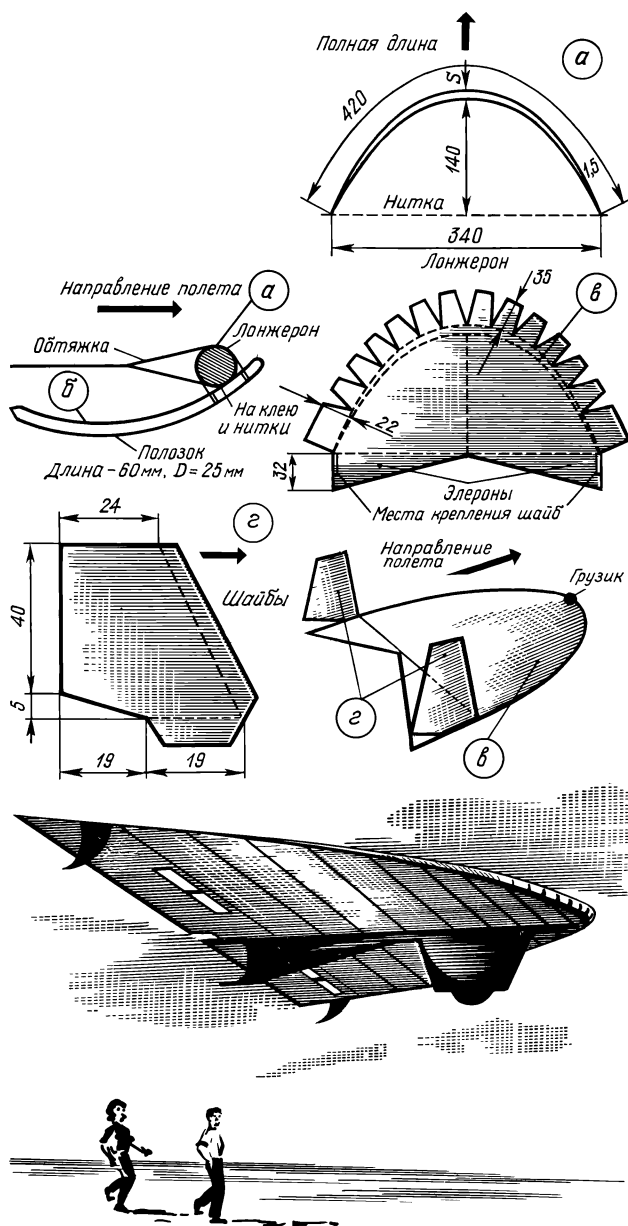


Рис 42. Модель планера «Парабола» (1925 г.) и планер «БИЧ-2» в полете

ции летательного аппарата.

На самолете «БИЧ-3» с мало-мощным мотором «Блекберн» мощностью 13,2 кВт (18 л. с.) пилот Б. Н. Кудрин в 1926 году осуществил несколько полетов. Продолжительность одного из них составила 8 мин. В 1932 году Б. И. Черановский создал двухместный самолет «Парабола БИЧ-7А» со звездообразным двигателем мощностью 73,5 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.

Б. И. Черановский проектировал «летающие крылья» самых разнообразных очертаний — параболические, треугольные, треугольные со стреловидными законцовками. Свои идеи конструктор предварительно проверял на моделях из плотной бумаги. Загрузкой служил каплеобразный фюзеляж из пластилина, размещавшийся в передней части крыла.

В 1928 году после многочисленных опытов с бумажными моделями Черановский создал планер «БИЧ-8» с треугольным при виде сверху крылом. «БИЧ-8» оказался хорошо управляемым, устойчивым в полете аппаратом. Он стал первым в мире планером с таким крылом, прошедшим летные испытания. Среди тех, кто испытывал «БИЧ-8» в полете, был Сергей Павлович Королев, который предложил установить на нем жидкостный ракетный

двигатель. Было запланировано установить такой двигатель конструкции Ф. А. Цандера на планере «БИЧ-11», который представлял собой дальнейшее развитие «БИЧ-8», но неожиданная смерть Цандера помешала осуществлению этого замысла. В 1933 году Б. И. Черановский построил еще один планер с крылом треугольной формы — «БИЧ-12», а позже еще два самолета с такими крыльями — «БИЧ-20» в 1938 году и «БИЧ-21» в 1940-м.

В 1946 году успешные опыты с летающими моделями, а также с уже созданными и испытанными планерами и самолетами привели Б. И. Черановского к мысли применить схему «летающее крыло» для сверхзвукового самолета. После многократных испытаний на моделях она была опробована на экспериментальном одноместном планере «Че-22», приспособленном для выполнения фигур высшего пилотажа. В июле 1949 года планер «Че-22» принял участие в воздушном параде в Тушине. Молодой летчик И. А. Петров продемонстрировал на нем целый каскад фигур высшего пилотажа. Этот необычный аппарат уже тогда, больше трех десятилетий назад, предвосхитил конструктивные формы сверхзвуковых самолетов типа «бесхвостка» с крылом малого удлинения и изменяющейся стреловидностью по размаху, характерных для таких современных сверхзвуковых самолетов, как Ту-144, «СААБ-Дракен» и «Конкорд».

За рубежом треугольное «летающее крыло» было использо-

вано значительно позднее, чем в нашей стране. В Германии первый планер с крылом треугольной формы 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 для выявления наиболее целесообразной схемы аппарата с точки зрения устойчивости в полете он провел с летающими моделями планеров, имеющими размах крыла около 2 м. Модели запускались катапультой с помощью резиновых лент. Такие же эксперименты проводились и с пороховыми ракетными двигателями. Наилучшую устойчивость показала модель с крылом, имевшим удлинение порядка 8, угол стреловидности около 20° , а также кили в виде шайб по концам крыла. По ее схеме А. Липпиш в 1925 году построил и испытал в полете миниатюрный одноместный планер «Эксперимент-64» со свободонесущим крылом размахом 10 м (18). 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 «Шторха-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 треугольная форма крыла с прямой задней кромкой при удлинении около 6 дает заметно больший внутренний объем, чем форма крыла, отработанная ранее на моделях и планерах серии «Шторх». Такая треугольная форма крыла с вертикальными шайбами по его концам была проверена на летающей модели планера с размахом крыла 2 м, которая показала отличную устойчивость 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 Гренхофф. Летчик высоко оценил его устойчивость и управляемость.

Весной 1931 года был построен легкий двухместный самолет с треугольным крылом, отработанным на планере. На нем был установлен двигатель «Черуб» мощностью 26,4 кВт (36 л. с.), вращавший толкающий воздушный винт. Эта машина, получившая название «Дельта-1», имела трехколесное шасси с носовым колесом

(рис. 43). Во время всесторонних летных 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 большой машины требова-

лись значительные средства, а в гитлеровской Германии самолетостроительные фирмы занимались выполнением только военных заказов. Конструктор был вынужден довольствоваться постройкой экспериментальных одноместных машин.

В 30-х годах у нас в стране впервые в мире коллектив конструкторов под руководством профессора В. Н. Беляева за-

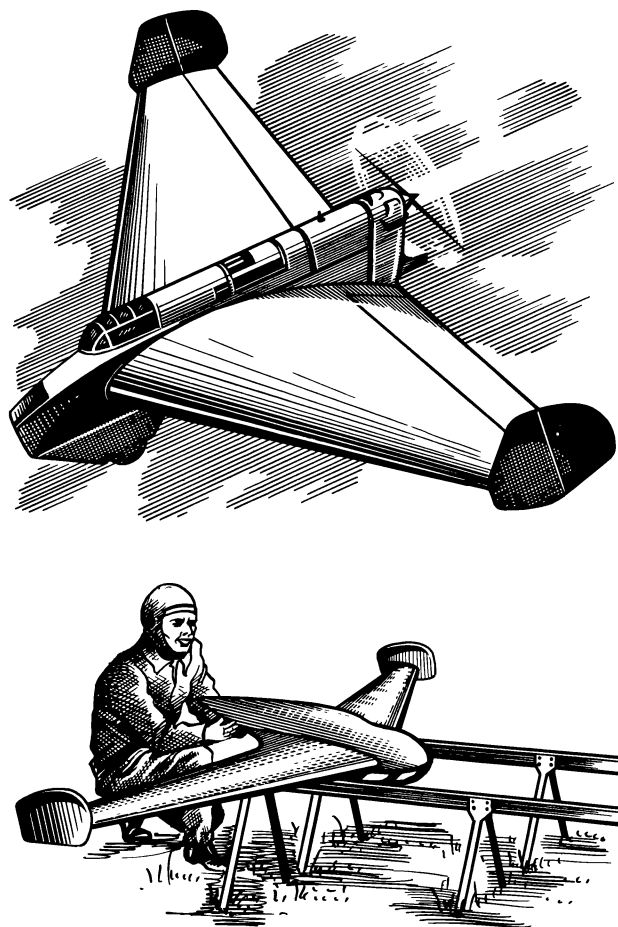


Рис. 43. Модель планера А. Липпиша и самолет «Дельта-1». (1930 г.).

нялся созданием самолета-бесхвостки с крылом, имеющим обратную стреловидность. Одно из основных преимуществ этой схемы — возможность обеспечения сферического обстрела из-за отсутствия горизонтального оперения. Этот самолет, построенный в 1940 году, назывался «ДБ-ЛК» («Дальний бомбардировщик — летающее крыло»). Он был

винтомоторной установкой размещался экипаж в обеих гондолах: в левой — летчик и стрелок, в правой — штурман и стрелок-радист. Шасси было убирающимся в полете. Каждая мотогондола заканчивалась конической турельной установкой с двумя пулеметами. Самолет «ДБ-ЛК» являлся первым в мире успешно эксплуатировавшимся самолетом, имевшим

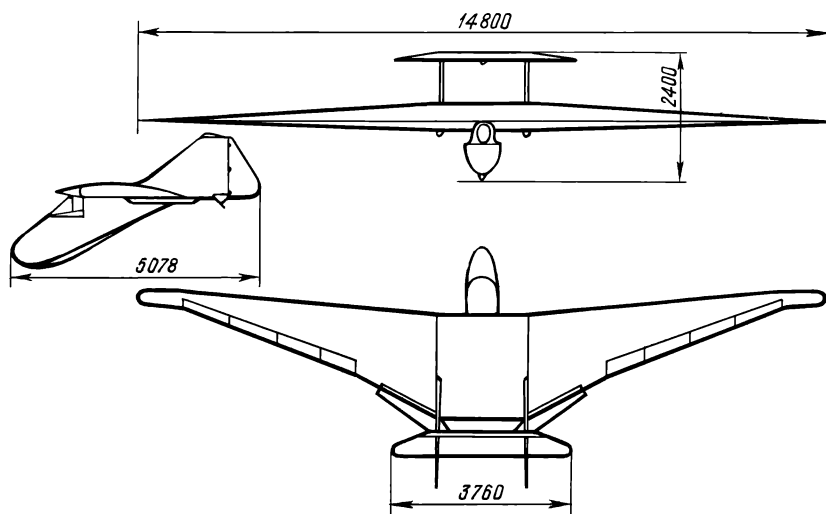


Рис 44. Планер В. Н. Беляева «БП-2» с обратной стреловидностью (1933 г)

двухмоторным металлическим монопланом с крылом обратной стреловидности около 6° по передней кромке. Крылу было придано значительное сужение, а сама законцовка (примерно 10% полуразмаха) имела обычную стреловидность 12° . Мотогондолы несли двигатели воздушного охлаждения — каждый мощностью до 700 кВт (950 л. с.), вращавшие трехлопастные тянущие винты. За

обратную стреловидность крыла. Он прошел весь цикл заводских испытаний, на которых было выявлено, что устойчивость и управляемость самолета вполне удовлетворительные.

До создания бомбардировщика «ДБ-ЛК» В. Н. Беляев с успехом проверял аэродинамическую компоновку своего будущего самолета на двух экспериментальных планерах — одноместном «БП-2» (рис. 44)

и двухместном «БП-3». В 1933—1934 годах планер «БП-2» был представлен на X и XI Всесоюзных слетах планеристов в Коктебеле. Осенью 1934 года на нем летчик Н. С. Юдин пролетел на буксире за самолетом «Р-5» по маршруту Коктебель—Харьков—Москва. Перед тем как проектировать и строить этот планер, коллектив, руководимый В. Н. Беляевым, провел большой объем экспериментов на летающих моделях, геометрически и динамически подобных полноразмерному планеру. Испытания этих моделей проводились не только в свободном полете, но и в режимах буксировки. Вначале буксировочные испытания модели осуществля-

лись на тележке в гидроканале ЦАГИ, а позднее за автомобилем. Тогда впервые у нас в стране была проделана значительная работа по изучению поведения планера на буксире. Определялось влияние положения буксировочного замка и степени продольной устойчивости на поведение планера при режиме буксировки. Результаты этой большой экспериментальной работы применялись при проектировании планеров «БП-2» и «БП-3». Это обеспечило отличное поведение планера «БП-2» при перелете на буксире из Коктебеля в Москву.

Так летающие модели планеров помогли конструкторам и в создании самолета с крылом обратной стреловидности.

Теория подобия и авиамодели

Опыт создания экспериментальных образцов летательных аппаратов подтверждает, что очень полезно проверять их полетные особенности на специальных летающих моделях. Такие модели, используемые для научного эксперимента, дают возможность анализировать те летные и пилотажные характеристики самолетов, которые проявляются на режиме малых скоростей, то есть при взлете и посадке. Это касается моделей скоростных самолетов. Иначе проверяют пилотажные характеристики тихоходного самолета, в частности легкого самолета с маломощным двигателем, предназначенным для самодельного изготовления. В этих случаях проверку всего

диапазона летно-эксплуатационных скоростей можно проводить на летающей модели. Но чтобы эксперимент с летающей моделью дал достоверные результаты, характер полета модели должен быть подобен характеру полета самолета.

Для этого, во-первых, число Рейнольдса у такой модели должно быть равно числу Рейнольдса у соответствующей продувочной модели, предназначенной для эксперимента в 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» \bar{E} :

$$E = V \cdot b, \quad (9)$$

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

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

$$E_{\text{мод}} = E_{\text{прод}}, \quad (10)$$

где $E_{\text{мод}}$ и $E_{\text{прод}}$ — характеристики опыта у летающей и продувочной моделей.

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 построении модели должен быть равен соотношению квадратов скоростей самолета и модели:

$$m = \frac{l_{\text{мод}}}{l_{\text{сам}}} = \frac{V_{\text{од}}^2}{V_{\text{сам}}^2}, \quad (11)$$

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

Используя формулы (9) и (10), получим:

$$E_{\text{прод}} = V_{\text{мод}} \cdot b_{\text{мод}}. \quad (12)$$

Отсюда скорость полета модели

$$V_{\text{мод}} = \frac{E_{\text{прод}}}{b_{\text{мод}}}. \quad (13)$$

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

$$m = \frac{V_{\text{мод}}^2}{V_{\text{сам}}^2} = \frac{E_{\text{мод}}}{b_{\text{мод}}^2 \cdot V_{\text{сам}}^2}. \quad (14)$$

Скорость как самолета, так и модели определяется по формуле

$$V = \sqrt{\frac{G/S \cdot 2}{\rho \cdot C_y}}, \quad (15)$$

где G/S — нагрузка на крыло, кгс/м²; C_y — коэффициент подъемной силы крыла; ρ — плотность воздуха в нормальных атмосферных условиях (0,125 или $1/8$ кг · с²/м⁴).

Подставив в формулу (14) развернутые значения $V_{\text{сам}}$, получим:

$$m = \frac{E_{\text{прод}}^2 \cdot \rho \cdot C_y}{b_{\text{мод}}(G/S)_{\text{сам}} \cdot 2}. \quad (16)$$

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

$$\lambda_{\text{мод}} = \lambda_{\text{сам}} = \frac{l_{\text{мод}}}{b_{\text{мод}}}. \quad (17)$$

Отсюда можно определить величину средней ширины крыла модели:

$$b_{\text{мод}} = \frac{l_{\text{мод}}}{\lambda}. \quad (18)$$

Выразим размах крыла модели через размах крыла самолета и масштаб уменьшения размеров самолета на модели:

$$l_{\text{мод}} = m \cdot l_{\text{сам}}. \quad (19)$$

Подставим полученное выражение в формулу (17):

$$b_{\text{мод}} = \frac{m \cdot l_{\text{сам}}}{\lambda}. \quad (20)$$

Заменим в формуле (16) значение $b_{\text{мод}}^2$, исходя из формулы (20):

$$m = \frac{E_{\text{прод}}^2 \cdot \rho \cdot C_y \cdot S_{\text{сам}} \cdot \lambda^2}{b_{\text{сам}}^2 \cdot m^2 \cdot G_{\text{сам}} \cdot 2}. \quad (21)$$

Проведя соответствующие преобразования формулы (21)

с учетом того, что $\lambda = \frac{l_{\text{сам}}^2}{S_{\text{сам}}}$, а также того, что плотность воздуха у земли равна $\rho = 1/8 \text{ кгс}^2/\text{м}^4$, придем к выражению:

$$m = \sqrt[3]{\frac{E_{\text{прод}}^2 \cdot \lambda \cdot C_y}{16 \cdot G_{\text{сам}}}}. \quad (22)$$

Для аэродинамической трубы, в которой можно исследовать аэродинамику тихоходных самолетов, летающих на скоростях до 300 км/ч, можно принять скорость потока равной 30 м/с, а минимально допустимую ширину хорды крыла — порядка 0,2 м. Таким образом, характеристика опыта при продувке будет равна по формуле (12):

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

Используя эту величину в формуле (22), получим рабочую формулу для подсчета масштаба уменьшения самолета на модели:

$$m = 1,31 \sqrt[3]{\frac{\lambda \cdot C_y}{G_{\text{сам}}}}. \quad (23)$$

Если мы выберем масштаб уменьшения самолета на модели по формуле (23), то сможем удовлетворить условию подобия динамики движения самолета применительно к модели, но при обязательном соблюдении двух дополнительных условий: центр масс модели по средней аэродинамической хорде крыла должен располагаться на том же расстоянии от носка этой хорды, выраженном в процентах от длины этой хорды, что и у самолета; моменты инерции модели вокруг всех трех осей, проходящих через ее центр масс, были подобны моментам инерции самолета вокруг тех же осей.

Для реализации последнего условия надо помнить, что если линейные размеры самолета на модели уменьшаются в m раз, то площади — в m^2 раз, а массы уменьшаются в m^3 раз. Момент же инерции, представляющий собой сумму произведений элементарной массы на квадрат расстояния от центра массы отдельной части модели до центра массы всей модели, должен уменьшиться в m^5 раз.

Подсчет момента инерции для летающей модели следует производить одновременно с расчетами по определению расположения ее центра масс. В

качестве примера произведем оценку продольной устойчивости легкого одноместного самолета, выполненного по схеме «бесхвостка», который вполне приспособлен для любительской постройки в домашних условиях (рис. 45). Полетная масса самолета составляет 350 кг, размах крыла 7 м, удлинение крыла 4,5, нагрузка на крыло 32 кгс/м². Основной режим, который нас в данном

$$G_{\text{мод}} = G_{\text{сам}} \cdot m^3 = \frac{G_{\text{сам}}}{64} = \frac{350}{64} = 5,5 \text{ кг.}$$

Нагрузка на крыло у модели будет равна:

$$(G/S)_{\text{мод}} = (G/S)_{\text{сам}} \cdot m = 32 \times \frac{1}{4} = 8 \text{ кгс/м}^2 = 80 \text{ гс/дм}^2.$$

Размах крыла модели составляет величину:

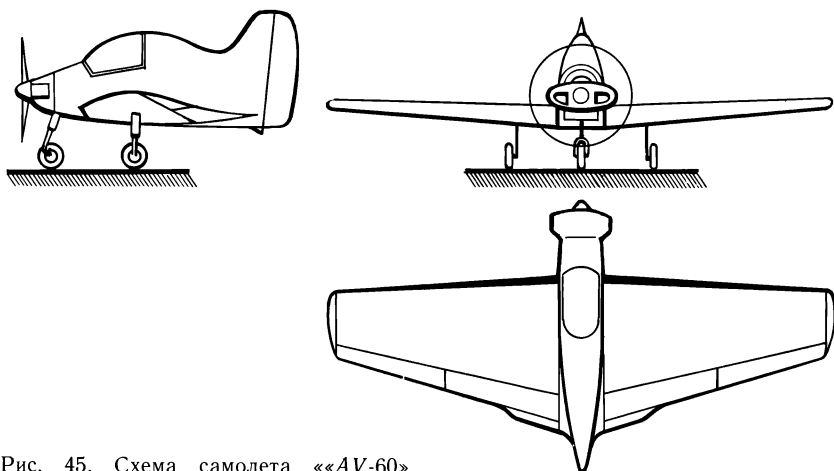


Рис. 45. Схема самолета «AV-60»

случае больше всего интересует, это режим взлета и посадки. Ему в среднем соответствует $C_y \approx 0,6$.

По формуле (23) подсчитаем значение масштаба уменьшения геометрических размеров самолета на модели:

$$m = 1,31 \sqrt[3]{\frac{4,5 \cdot 0,6}{350}} = 0,26.$$

Округленно принимаем за масштаб уменьшения 0,25, то есть $\frac{1}{4}$, тогда

$$l_{\text{мод}} = l_{\text{сам}} \frac{1}{4} = 7,0 \frac{1}{4} = 1,75 \text{ м} = 1750 \text{ мм.}$$

Построив и испытав такую модель, например, в планирующем полете, предварительно убедившись, что центр масс у нее размещен относительно средней хорды крыла на том же расстоянии в процентах от длины хорды, что и на проектируемом самолете, можно быть уверенным, что продольная устойчивость модели будет соответствовать устойчивости будущего самолета.

Парящие паруса

Дельтапланеризм, получивший такое 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 приро-

дых стреловидных законцовок была Р. Шуулем впоследствии запатентована.

Модель планера, выполненного по этой схеме, показала отменные летные качества (рис. 46). В 1931 году изобретатель построил свой одноместный планер с размахом крыла 14 м, на котором в следующем году выступил на националь-

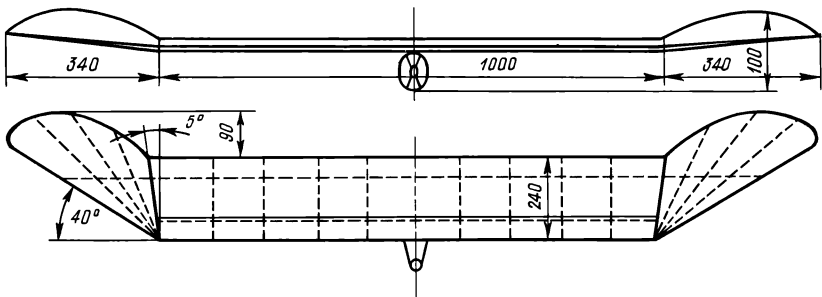


Рис. 46 Модель планера Р. Шууля (1931 г.)

ды человеком изобретательным, он решил сам спроектировать и построить планер. Не располагая, возможно, достаточными для этого дела средствами, Р. Шууль выбрал для своего аппарата схему «бесхвостки», где нет ни хвостового оперения, ни хвостовой части фюзеляжа. Крыло он выбрал самое простое в изготовлении — с симметричным профилем, с постоянной шириной в центральной части, а на торцах с законцовками конической формы, отклоненными под небольшим углом кверху. Оригинальная идея обеспечения продольной балансировки крыла посредством конически изогну-

тых соревнованиях планеристов от города Магдебурга.

В отличие от модели, полноразмерный аппарат имел на законцовках крыла элероны, одновременно выполнявшие и функции рулей высоты, а в торцевых частях законцовок — вертикальные шайбы, игравшие роль килей и рулей направления.

В 1944 году эксперименты Р. Шууля и его изобретение были подробно изложены в английском журнале «Эйркрафт инжиниринг» в статье, посвященной самолетам типа «бесхвостка» (19). Статья эта появилась не случайно. В раз-

ных странах мира шел интенсивный поиск схемы самолета, оптимальной при турбореактивном двигателе, и бесхвостый самолет рассматривался в качестве возможного претендента на наиболее удачный вариант решения проблемы. Наряду с этим у некоторых авиаконструкторов возникла идея транспортировать тяжелые крупногабаритные грузы по воздуху с помощью чрезвычайно легкого и дешевого планера, буксируемого за самолетом.

Инженеру-аэродинамику Ф. Рогалло, сотруднику научно-исследовательского института НАСА (США), в прошлом авиамоделисту, пришла мысль использовать для этого планер Р. Шууля, упростив его до предела, то есть 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, такая форма гарантировала минимальную массу крыла, поскольку его можно было сделать из плотной ткани с небольшим числом стержней в конструкции. Свою идею о простейшем самобалансирующемся крыле в виде паруса Ф. Рогалло с успехом проверил на небольших летающих моделях планеров. В 1952 году Ф. Рогалло поступил на работу в одну из старейших самолетостроительных фирм США «Райан аэронаутикал

компани», создавшую в свое время знаменитый самолет «Дух Сен-Луи», на котором Ч. Линдберг в 1927 году впервые в мире в одиночку без посадки перелетал Атлантику. Здесь конструктор занялся осуществлением своей идеи самолета с парусным крылом (20).

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, установленном на фюзеляже, обычном для радиоуправляемой модели самолетов начала 50-х годов — с тянущим винтом, двухколесным шасси и однокилевым оперением, снабженным рулем высоты и рулем направления. Управлялась модель отклонением этих рулей и регулировкой оборотов двигателя. Можно было также изменять угол установки крыла относительно фюзеляжа, изменяя длину центральной расчалки (рис. 47).

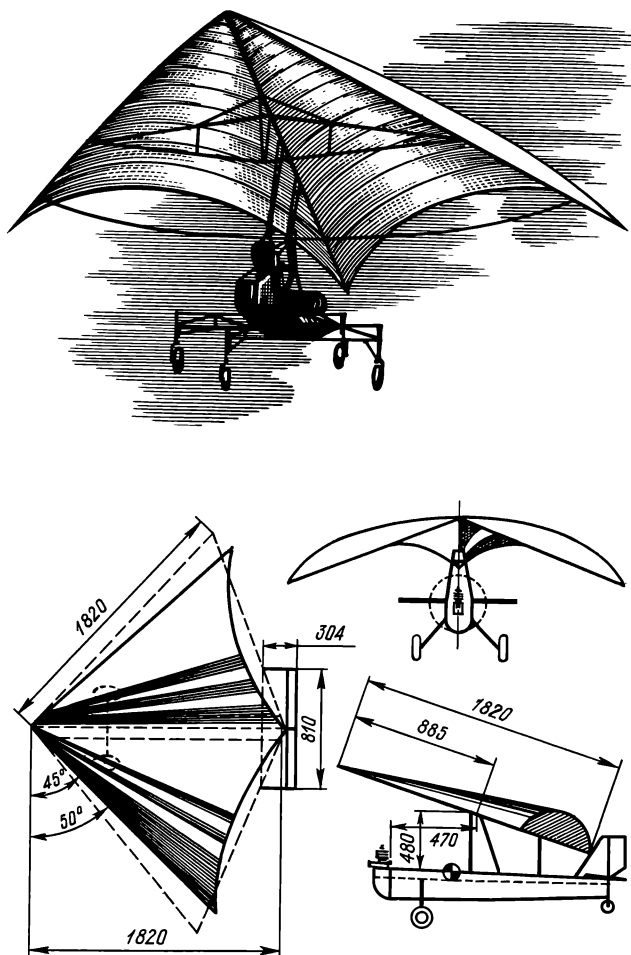
Модель показала при испытаниях хорошую устойчивость

и управляемость. Кроме того, была выявлена возможность осуществлять продольное управление без действия руля высоты, только путем изменения положения центра масс модели относительно крыла, что достигалось регулировкой в полете угла установки крыла на фюзеляже.

В 1959 году фирма «Райан» под руководством Ф. Рогалло постро-

ла 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 масс относительно крыла и отклонением обычного руля направления. Полетная масса самолета составляла 500 кг,

Рис. 47. Радиоуправляемая модель с крылом Рогалло и самолет «Флексуинг»



размах его крыльев—12 м; площадь крыла 51,55 м², максимальная скорость 97 км/ч, посадочная скорость 40 км/ч. Однако неудачная в целом аэродинамика не сулила ей каких-либо преимуществ перед другими транспортными самолетами.

Фирма «Райан» провела также успешные эксперименты по буксировке вертолетами беспи-

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

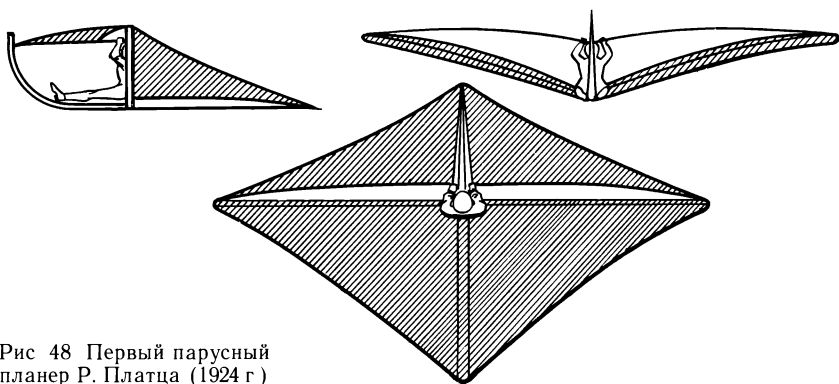
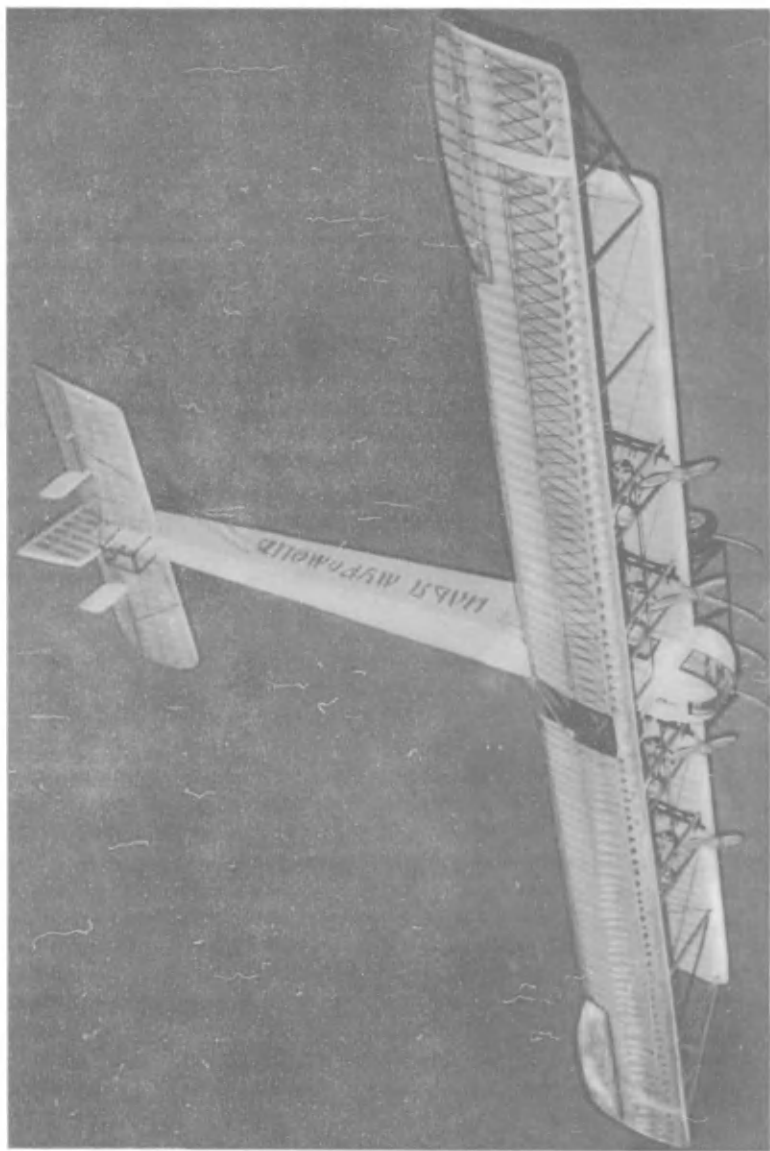


Рис 48 Первый парусный планер Р. Платца (1924 г)

лотных грузовых планеров с крылом Рогалло.

К середине 50-х годов в авиации получили широкое распространение мощные турбовинтовые двигатели, которые позволяли создавать самолеты, способные перевозить в своих фюзеляжах тяжелые и крупногабаритные грузы. Благодаря этому обстоятельству интерес авиационистов к использованию буксирных планеров для транспортировки грузов был утрачен. Потеряла актуальность и схема крыла Рогалло, предназначенная для такого планера.

Объективности ради заметим, что нечто подобное создавалось и раньше. Еще в 1924 году голландец Рейнсхольд Платц построил парусный планер типа «утка» и прекрасно на нем летал (21). 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 и, меняя его положение, управлял аппаратом (рис. 48).



Макет самолета «Илья Муромец», изготовленный для съемок кинофильма «Крылья»



О. К. Антонов с моделями созданных им самолетов



Победитель соревнований по классу моделей «летающее крыло»
Н. Дрожжин (1949 г.)



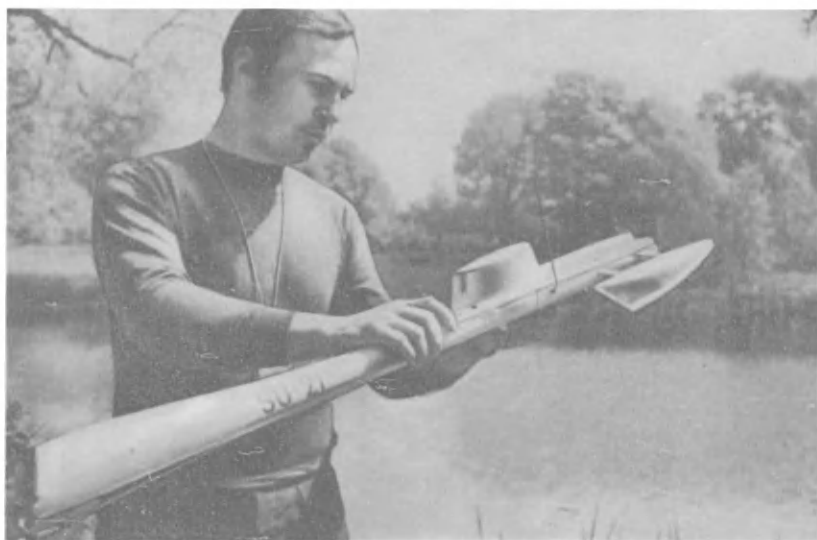
Победитель соревнований «Эксперимент-81» по классу моделей «летающее
крыло» В. Баштанник



Таймерная модель вертолета, участвовавшая в соревнованиях «Эксперимент-85»



Победитель по классу моделей планеров «летающее крыло» на соревнованиях «Эксперимент-81» А. Бобров



Экспериментальная кордовая модель глссера с водяным винтом



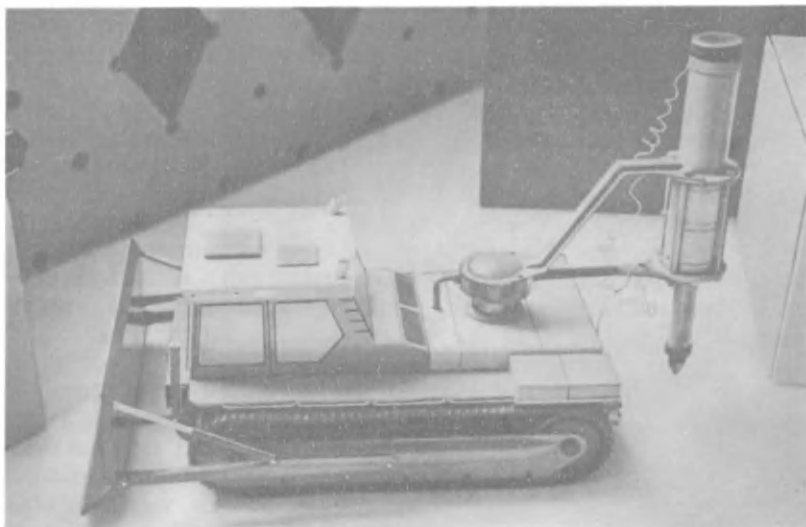
Модель парусного катамарана (г. Йошкар-Ола)



Модель машины для уборки улиц (ЦСЮТ Грузии)



...и еще одна модель, изготовленная грузинскими школьниками



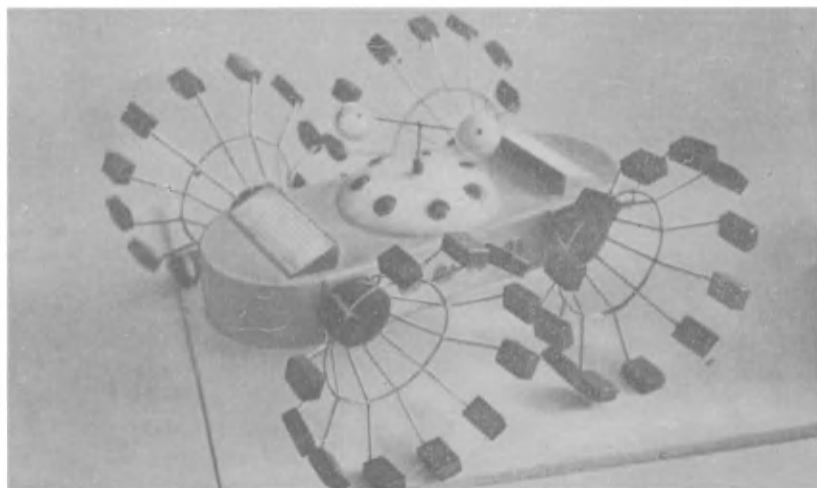
Экспериментальная модель бутобойки — экспонат Всероссийского слета юных рационализаторов



На этом же слете была представлена модель универсального крана



Модель шагохода (г. Чапаевск)



Экспериментальная модель планетохода с оригинальным двигателем

На постройку планера его конструктор затратил всего пять дней. Предварительно им был проведен ряд удачных опытов с летающими моделями начиная с 1922 года.

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 уменьшали скорость снижения путем выбора меньшей нагрузки на крыло и за счет придания планеру более совершенных аэродинамических форм. В этих же целях стремились применять более узкие крылья и хорошо обтекаемый, 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 наивысшее качество планирования составляло около 4. Это значит, что, например, с холма высотой 10 м он мог в тихую погоду пролететь не более 40 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 с исполь-

зованием узкого крыла с предельно большим удлинением и профилем, имеющим малое лобовое сопротивление. Чтобы уменьшить поперечные размеры фюзеляжа для снижения лобового сопротивления, пилот в кабине располагался полулежа. Все это привело к строительству планеров из высокопрочных 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 45, но вместе с тем 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 простых планеров из фанеры и полотна перестали заниматься, поскольку на таких аппаратах невозможно осуществлять основное спортивное упражнение современно-го 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 многочислен-

ных любителей авиации во всем мире. Первыми на крыле Рогалло стали летать планеристы США. Это было в начале 60-х годов. Планер с таким крылом поначалу 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 — это был балансирный планер с управлением путем изменения положения центра масс. Центр масс аппа-

рата 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 Δ (дельта).

Дельтапланеризм сегодня популярен во всем мире. Регулярно проводятся чемпионаты мира и Европы по этому виду авиационного спорта. Фиксируются мировые рекорды по классу дельтапланов. У нас в стране ежегодно проводится чемпионат СССР по дельтапланеризму. Киевскими планеристами создан хороший учебный дельтаплан «Славутич», строящийся серийно.

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

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 с переменной по размаху стреловидностью.

Для того чтобы выявить, как повлияют на пилотажные характеристики оригинальные конструктивные формы, требовалось предварительно провести

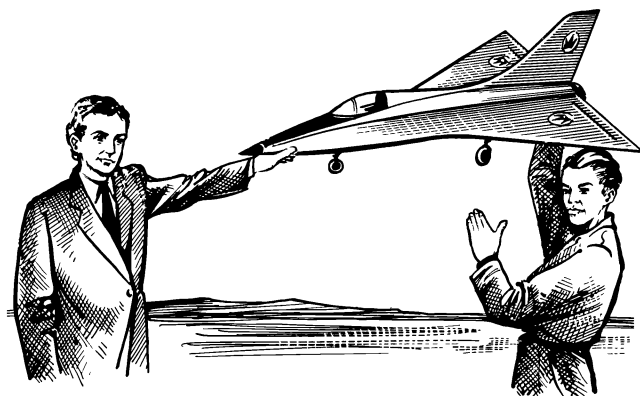
самые тщательные исследования в первую очередь в аэродинамических трубах как при малых, так и при больших скоростях потока. Однако главного конструктора этого самолета, молодого, талантливого инженера Л. Брисинга, в прошлом авиамоделиста, интересовали еще и вопросы динамики движения аппарата на взлетно-посадочных режимах. Во время разбега для перевода самолета на большие взлетные углы атаки требовалось соз-

дать продольный момент, поднимающий нос машины вверх. Для этого необходимо было закрылки, выполняющие функции рулей высоты, отклонять задней кромкой вверх. Но подобное действие приводит к снижению в начальный момент подъемной силы крыла. Взаимосвязь многих аэродинамических сил и моментов при разных параметрах органов управ-

щего макета, выполненного в масштабе 1/2 натуральной величины самолета. На нем предполагалось установить турбореактивный двигатель «АДДЕР ASA-1» фирмы Армстронг-Сидли» с силой тяги 480 кгс.

Чтобы динамика движения летающей модели была подобна динамике движения полноразмерного самолета, требовалось не только выбрать мас-

Рис. 49. Кордовая модель самолета-истребителя СААБ



ления 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 (22). Каждая такая модель выглядела точной копией будущего самолета и снабжалась пульсирующим реактивным двигателем тягой 2,5 кгс (рис. 49). Одновременно шла работа по проектированию экспериментального одноместного летаю-

штаб уменьшения самолета на модели с соблюдением соответствующего числа Рейнольдса и подобия по Фруду, но и соответствующим образом смоделировать мощность двигательной установки. Как же выбирать масштаб такого 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 на модели определяется третьей степенью масштаба уменьшения линейных размеров, то точно так же будет определяться и масштаб уменьшения тяги. Скорость полета, как мы ранее уже выяснили, выбирается для модели по скорости самолета, уменьшенной на основании формулы (11) соответственно масштабу уменьшения линейных размеров в степени $1/2$. Следовательно, располагаемая мощность модели и самолета должны относиться как

$$\frac{N_{\text{мод}}}{N_{\text{сам}}} = \frac{T_{\text{мод}} V_{\text{мод}}}{T_{\text{сам}} V_{\text{сам}}} = m^3 \cdot m^{1/2} = m^{7/2}, \quad (24)$$

где $T_{\text{сам}}$ — тяга, создаваемая винтом самолета, кгс; $T_{\text{мод}}$ — тяга, создаваемая винтом модели, кгс; $V_{\text{сам}}$ — скорость полета самолета, м/с; $V_{\text{мод}}$ — скорость полета модели, м/с; m — масштаб уменьшения линейных размеров самолета на модели.

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

$$N_{\text{мод}} = N_{\text{сам}} m^{7/2}. \quad (25)$$

Если же на модели надо воспроизвести динамику движения самолета с турбовинтовым или турбореактивным двигателем, а в нашем распоряжении имеется только поршневой микродвигатель, то следует при выборе масштаба уменьшения мощности руководствоваться следующим методом. Вначале воспроизводится подсчет условной мощности турбореактивного

двигателя самолета путем умножения значения его тяги (кгс) на взлетную скорость самолета (м/с). Результат делится на 52. В итоге получается мощность поршневого двигателя в лошадиных силах, эквивалентная данному турбореактивному или турбовинтовому двигателю самолета.

В том случае, когда на модели можно использовать пульсирующий реактивный двигатель, тяга должна быть пропорциональной кубу уменьшения линейных размеров самолета на модели. Так, например, если тяга турбореактивного двигателя на первом экспериментальном самолете фирмы СААБ типа «Дракен» предполагалась при проектировании порядка 850 кгс, а масштаб уменьшения линейных размеров самолета на модели был $m=1/7$, пульсирующий реактивный двигатель должен был иметь минимальную тягу:

$$\begin{aligned} T_{\text{мод}} &= T_{\text{сам}} \cdot m^3 = 850 \cdot m^3 = \\ &= \frac{850}{7^3} = \frac{850}{343} \simeq 2,5 \text{ кгс.} \end{aligned}$$

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

$$V_{\text{турб}}^{\text{взл}} = 220 \text{ км/ч} = 60 \text{ м/с.}$$

Таким образом, эквивалентная мощность поршневого двигателя будет равна:

$$N_{\text{порш}}^{\text{ЭКВ}} = \frac{T_{\text{турб}} \cdot V_{\text{турб}}^{\text{взл}}}{52} =$$

$$= \frac{850 \cdot 60}{52} = 1000 \text{ л. с.}$$

Исходя из этого и пользуясь формулой (25), определим мощность поршневого авиамодельного двигателя, которая обеспечила бы подобие модели полноразмерному самолету по расходуемой мощности:

$$N_{\text{мод}} = N_{\text{порш}}^{\text{ЭКВ}} \cdot m^{7/2} = \frac{1000}{7^{3/2}} =$$

$$= \frac{1000}{905} \simeq 1 \text{ л. с.}$$

Такую мощность может развивать современный авиамодельный двигатель объемом 10 см³.

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

В центре кордрома был установлен специальный вращающийся пульт, с помощью которого оператор-авиамоделист управлял моделью. На пульте имела система замера параметров, состоявшая из кинокамеры, снимавшей модель во время ее полета с фиксацией на пленку одновременно 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 кордовой летающей моделью можно рекомендовать провести и нашим читателям-авиамоделистам. Он под силу любой авиамодельной лаборатории аэроклуба или спортивно-технического клуба ДОСААФ, станции юных техников, Дворцу пионеров и школьников.

Перед таким летным экспериментом необходимо тщательно проверить и зафиксировать все геометрические данные модели и ее массу. Особенно это касается фиксации расположения центра массы 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 кинопленку. Каждый летный эксперимент в обязательном порядке протоколируется в специально предназначенном для этого журнале. Такой журнал является непременным приложением к отчету о летном эксперименте с данной моделью.

Радиуправляемые 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 радиуправления. Уже вскоре после войны, в 1945 — 1947 годах, в США стали использовать радиуправляемые 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 четырехмоторную тяжелую летающую лодку, целый летающий корабль. Недостатки в конструкции корпуса, обнаруженные во время испытаний полноразмерной машины, привели бы к слишком большим его переделкам, а значит, удорожанию.

Конечно, корпуса 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 значительные 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 радиуправляемой динамически подобной ей модели, выполненной в масштабе 1/8 натуральной величины (23). Результаты этих испытаний по сравнению с испытаниями в гидроканале более полно соответствовали показателям полноразмерной машины при эксплуатации.

Радиуправляемую модель гидросамолета использовали также и при создании модификации известной четырехмоторной лодки «Марс», построенной небольшой серией в 1942 году. На «Марсе» до этого стояли поршневые двигатели, на модифицированной машине предпо-

лагалось 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 контроля 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 (24).

Другая самолетостроительная фирма США «Локхид» с 1969 года начала готовиться к переоборудованию серийного тяжелого транспортного самолета «Геркулес C-130» массой 70,67 т в летающую лодку-амфибию «Геркулес HOW» массой около 100 т. Его пассажирский вариант «L100» предусматривал перевозку 78 человек при скорости 530 км/ч с использованием для взлета и посадки предельно малой акватории (порядка 120 × 900 м). Машину намеревались снабдить (для облегчения взлета и посадки) специальным устройством в виде небольшой водной лыжи в центре днища. Поскольку взлет с помощью водной лыжи являлся новой идеей в области аэрогидродинамики, то было решено предварительно исследовать ее особенности на радиоуправляемой модели.

Модель была построена в масштабе 1/22 натуральной величины полноразмерной машины. Ее полетная масса состав-

ляла 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 (25).

Летающие модели широко использовались в США при выборе наиболее выгоднейшей системы космических аппаратов многоразового применения, так называемых космических челноков. Эти аппараты, пройдя плотные слои атмосферы, должны плавно спуститься в назначенное 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 (26). Методика экспериментирования, которую применяла лаборатория, состояла в следующем. Радиоуправляемая модель-носитель поднималась на высоту от 15 до 500 м, неся на себе экспериментальную модель исследуемого аппарата. Достигнув назначенной высоты, она по радиокоманде сбрасывала экспериментальную модель, которая в свободном полете также управлялась по радио, но, естественно, на других радиочастотах, чем носитель. Вся система радиоуправления была пропорциональной. Носитель имел верхнее расположение крыла и обычное однокилевое оперение. Размах неразъемного крыла

составлял 3,24 м, а общая длина модели 2,44 м. Шасси было трехколесное — с носовым колесом и большой колесей основных колес. В случае если под него подвешивалась длинноногая 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 рулем высоты, рулем направления, элеронами, общим дросселем обоих двигателей и сбросом экспериментальной модели. Управлять носовым колесом не было необходимости, поскольку после приземления модель, как правило, сопровождал один из экспериментаторов.

Первый вариант носителя имел один двигатель (рабочий объем 10 см³) с калильным зажиганием. Однако при нагрузке 4,5 кг его летные возможности были на пределе и пришлось перейти на двухмоторную схему. Оба двигателя (каждый объемом по 10 см³) с тянущими воздушными винтами разместили на крылообразной пластине в носке фюзеляжа. Размах пластины позволял сохранить минимальное расстояние между 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, достаточной 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 смещения его центра массы при полете с грузом.

Обычно сброс экспериментальных моделей проходил при небольших скоростях полета. Эти модели не имели двигателей и, покинув носитель, оказывались в планирующем полете. При этом оператор пилотировал их по радио согласно заданной программе, выполняя бочки, продольные движения, скольжения. Отклонения ручек фиксировались на ленте, движущейся с отметкой времени, а поведение модели в воздухе — на киноплёнке. Все экспериментальные модели в момент отделения от своего носителя вели себя достаточно устойчиво. Однако надо заметить, что более легкие при отделении 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 «М2-7-2» типа «летающая ванна» массой 5,44 кг и длиной 1 м. Площадь одного из парашютов составляла 13,9 м², другого — 21,6 м².

Для решения второй задачи испытывались пять разных экспериментальных моделей — от легкой модели массой 227 г и длиной 1 м, обтянутой шелком, до тяжелой массой 2,27 кг и

длиной 1,5 м, выполненной из сосны и бальзы. Радиоуправление последней моделью осуществлялось элевонами горизонтального оперения, а также, чтобы выявить, какой вариант управления моделью эффективней, и обычными элеронами крыльев с изменяемой стреловидностью.

Радиоуправляемая модель была снабжена вспомогательным парашютом. Он использовался четыре раза: в двух случаях, когда модель входила в плоский и перевернутый штопор из-за обратного действия элеронов, и в двух, когда оказался неудачно расположенным центр масс. После увеличения площади килей и смещения центра масс несколько вперед удалось добиться хороших планирующих и управляемых спусков модели.

Работа группы авиамodelистов НАСА наглядно показала целесообразность экспериментов с радиоуправляемыми летающими моделями.

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-авиамodelист по классу радиоуправляемых моделей самолетов.

Начали свои эксперименты по этой программе авиамodelисты НАСА с пластмассовой

моделью, геометрически подобной космическому аппарату, выполненной в масштабе 1:40 его натуральной величины. Ранее такая же модель испытывалась при посадке на воду. Модель была снабжена рулевыми машинками, приводившими в движение элевоны для продольного и поперечного управления.

Первым этапом в полете явилась отработка устройства отделения этой модели от носителя по радиосигналу с земли. В качестве носителя была выбрана радиоуправляемая одномоторная модель, собранная из комплекта деталей, выпускаемых фирмой «Стерлинг». Она имела двигатель рабочим объемом около 10 см³, трехколесное шасси с носовым колесом, крыло постоянной ширины по размаху с верхним расположением относительно фюзеляжа, а также два дополнительных киля по концам горизонтального оперения для компенсации неустойчивости по курсу 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 (27).

Весной 1976 года авиамоделисты 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 дм², нагрузка на него 139 г/дм². Геометрия крыла модели отличалась от оригинала. Был 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 изготовлялось из двух пенопластовых пластин 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 рабочим объемом 6,6 см³ и винта диаметром 125 мм. Горючее к двигателям поступало при помощи помп из общего бака, находившегося в фюзеляже. Централизованное размещение бака исключало крен модели в случае неравномер-

ного расходования горючего у двигателей, а близкое расположение к фюзеляжу винтомоторных установок снижало тенденцию к развороту модели при остановке одного из двигателей.

Винтомоторную установку конструкторы предварительно опробовали на стенде, где полностью воспроизводилось размещение двигателей на модели и подача горючего. Работа установки была проверена в разных ситуациях, в том числе при значительных кренах и отказе одного из двигателей.

Каркас фюзеляжа был выполнен из бальзы и оклеен 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 фюзеляжа были сделаны люки — в носовой части для осмотра системы уборки передней стойки шасси и в хвостовом отсеке для установки стабилизатора.

Крыло и оперение модели самолета были покрыты длинноволокнистой бумагой и окрашены краской на основе эпоксидной смолы. Горизонтальное и вертикальное оперение имело обычную авиамодельную конструкцию — с нервюрами, лонжеронами и бумажной обтяжкой. У горизонтального стабилизатора предусматривалась система регулировки угла установки в пределах $\pm 5^\circ$ относительно исходного, что обес-

печивало продольную балансировку носителя при изменении положения его центра масс из-за установки модели космического корабля.

Стеклопластиковая оболочка модели космического корабля состояла из двух частей массой 57 и 114 г, соединенных 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 на моделях планеров при запуске их на леере.

Полетная масса модели «Боинга-747» составляла 4983 г, космического аппарата — 1812 г (рис. 50).

30 апреля 1976 года после нескольких пробных пробежек носитель без модели космического корабля, взлетев после 75 м разбега, продемонстрировал хорошую устойчивость и управляемость в полете. Следующий запуск был произведен с моделью космического аппарата, установленной сверху. Последняя существенно повлияла на эффективность поперечного управления носителем. Оператору пришлось более интенсивно 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. По-

садка 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 реализовано без-

12 августа, было осуществлено отделение космического аппарата типа «Шаттл» от «Боинга-747» в полете. Натурный эксперимент полностью подтвердил то, что выявилось предварительными опытами на летающих динамически подоб-

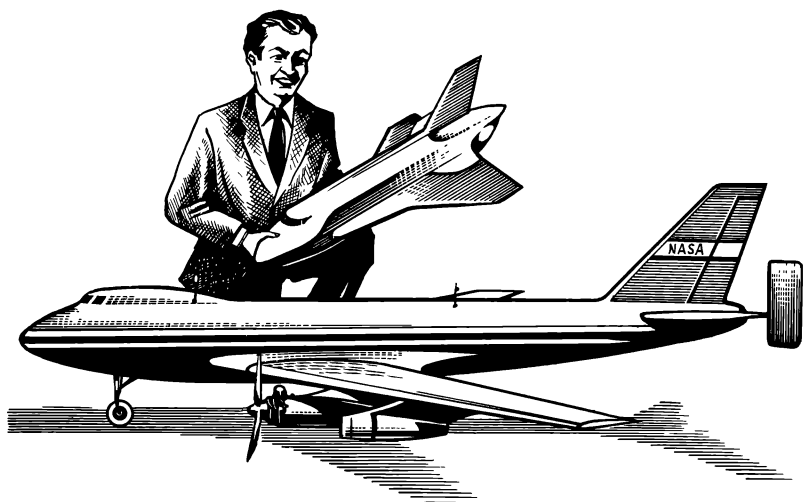


Рис. 50. Модели, на которых изучалось отделение космического аппарата многоразового применения от «Боинга-747» (1976 г.)

ударное отделение модели космического аппарата от модели носителя. Оба оператора благополучно посадили их на землю (28).

Уже в следующем году,

ных моделях, убедительно продемонстрировав целесообразность их использования при проработке всякой принципиально новой идеи в авиационной технике.

На всем диапазоне скоростей

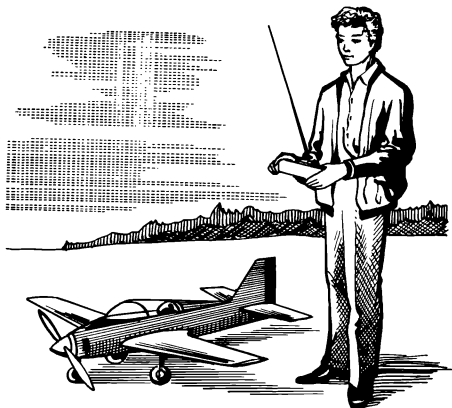
Летающая модель сегодня оказывается чрезвычайно полезной авиаконструкторам при исследованиях летных характе-

ристик будущих самолетов как на самых больших, так и на самых малых скоростях полета. Например, служба летной экс-

плуатации летательных аппаратов США предъявляет к создателям самолетов спортивных, учебных и частного пользования вполне определенное требование — разрабатывать рекомендации по выводу из штопора, который представляет реальную опасность для машин, летающих на предельно малых скоростях.

Эксперименты по изучению

Рис. 51. Перед испытанием динамически подобной радиоуправляемой модели самолета на штопор в лаборатории НАСА, США (1977 г.)



штопора самолета и выводу из него обычно ставятся на динамически подобных моделях в специальных вертикально расположенных аэродинамических трубах. Однако такой эксперимент обходится довольно дорого и, кроме того, он, как правило, проходит при небольших числах Рейнольдса, из-за чего можно получить и недостаточно достоверные результаты. Поэтому сегодня исследователи НАСА изучают штопор и на радиоуправляемых моделях самолетов (29) (рис. 51).

Известная самолетостроительная фирма США «Бичкрафт»

в настоящее время широко использует летающие модели и для оценки пилотажных характеристик модификаций своих самолетов с поршневыми двигателями (30).

Летающие модели использовались и в Чехословакии, где в 1963 году научно-исследовательский институт с их помощью отработывал управляемость быстровзлетного двухмоторно-

го самолета с мощной механизацией крыла, созданного на базе известного чехословацкого Л-410 — семнадцатиместного самолета с турбовинтовыми двигателями. Модель имела размах крыла 1700 мм и полетную массу 19 кг. Два двигателя отечественного производства MVVS, каждый с рабочим объемом 25,64 см³ и калильным зажиганием, массой 1,2 кг и мощностью 1,47—1,84 кВт (2—2,5 л. с.), вращали двухлопастные дюралюминиевые винты. Обороты двигателей могли изменяться от 35—50 с⁻¹ до 170—200 с⁻¹ (рис. 52).

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 (31).

Модель управлялась в поле-

проводам, объединенным в жгут, который служил также для подвески модели на тросе, натянутом между двух мачт. Мачты высотой 25 м располагались на расстоянии 140 м друг от друга. При полете лобовое сопротивление модели оказывалось несколько завышенным из-за жгута, который увеличивал сопротивление воздуха, но это не играло сущест-

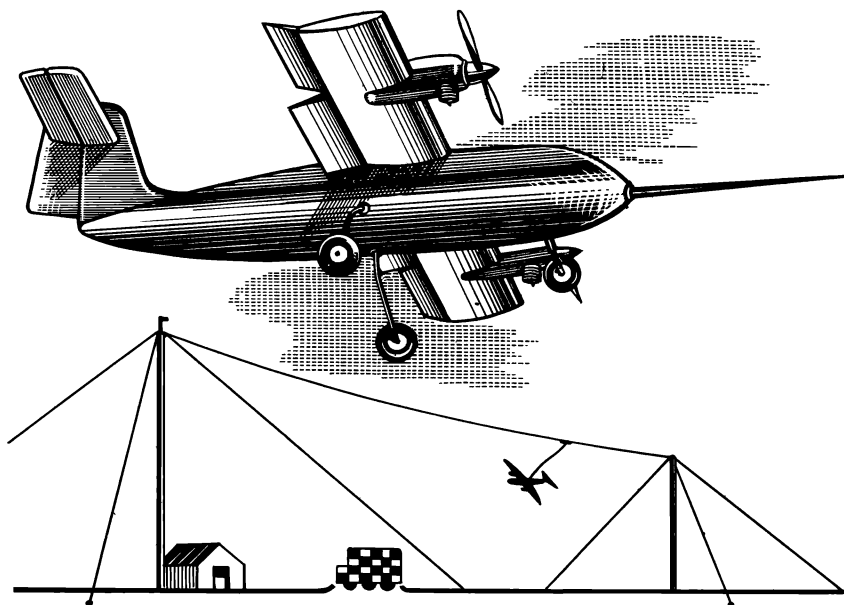


Рис. 52. Летающая модель модифицированного чехословацкого самолета «Л-410», управляемая по проводам

те с помощью электрических сигналов, подававшихся на пневматические рулевые машинки, установленные на руле направления, подвижном горизонтальном стабилизаторе, руле высоты, элеронах, закрылках и дросселях двигателей. Электрические команды поступали по

венной роли при исследовании аппарата на устойчивость и управляемость в полете.

Существует также категория летающих моделей, используемых для научного эксперимента, которые отличаются сложностью конструкции и технологии изготовления. Такие их осо-

бенности связаны с необходимостью проводить опыты на околозвуковых и сверхзвуковых скоростях, со сложными механическими манипуляциями в воздухе либо с применением 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 на взлетно-посадочных режимах полета.

В 1975 году авиамodelьной лабораторией НАСА проводились эксперименты с радиоуправляемой моделью, имевшей поворотное крыло. Цель экспериментов — проверка устойчивости и управляемости самолета во время поворота крыла относительно фюзеляжа вокруг вертикальной оси. Радиоуправление осуществлялось через механизм поворота крыла, элероны, рули направления и высоты.

В качестве двигателя использовался так называемый импеллер, то есть многолопастный воздушный винт, заключенный в трубу и вращаемый поршневым двигателем. Система телевизионной передачи, установ-

ленная на модели, позволяла во время полета передавать на землю вид приборной доски и таким образом давала возможность пилотировать модель на значительном расстоянии. Результаты замеров при запусках этой любопытной модели позволили конструкторам перейти к созданию прототипа — опытного одноместного самолета с поворотным крылом, оснащенного турбореактивным двигателем (32).

В конце 50-х годов инженерами НАСА проводились летные исследования трех свободнолетающих моделей на скоростях, соответствующих числу Маха, равном 1,3, то есть 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 40 дм² и массу около 60 кг, восьмиканальную систему телеметрической связи с землей, по которой передавались значения полного давления, угла атаки, угла скольжения, угловых скоростей крена и рыскания, перегрузки вблизи центра масс 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 скорости полета, почти равной скорости звука, абсолютное значение путевой устойчивости и поперечного демпфирования крыла увеличивается вдвое при всех вариантах размещения крыла (33).

Аэродинамические характеристики крыльев высокоскоростных самолетов при больших

скоростях полета исследовались на летающих моделях и в Англии. Несмотря на достаточно высокую стоимость подобных опытов, так как для достижения высоких скоростей полета на моделях применяются пороховые ракетные двигатели, они доказали явные преимущества перед экспериментами в аэродинамических трубах. Так, при опытах с летающими моделями не проявляется влияние стенок трубы, то есть аэродинамические характеристики получают-ся в «чистом» виде.

Яхтой управляет 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 же отклоняется, то у его поверхности возникает угол атаки.

Напомним, что углом атаки называется угол между направлением скорости потока воздуха и хордой поверхности, на которую набегают этот поток. От угла атаки на флюгере возникает аэродинамическая сила, которая поворачивает флюгер по ветру, то есть в положение, когда угол атаки равен нулю. Поворот флюгера используется для отклонения водяного руля модели (рис. 53).

Существует много вариантов конструктивного выполнения связи флюгера с водяным рулем. Один из них наглядно представлен на 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, если необходимо, заданный угол сколь-

жения модели относительно направления ее движения. Это может потребоваться, например, в том случае, когда надо преодолеть боковое течение в акватории, где происходят соревнования (34).

Появившееся подруливающее устройство стали применять на моделях яхт все чаще и чаще. Особенно широкое применение оно нашло 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 обычно в одиночку, которым весьма утомительно быть постоянно прикованным к рулевому румпелю.

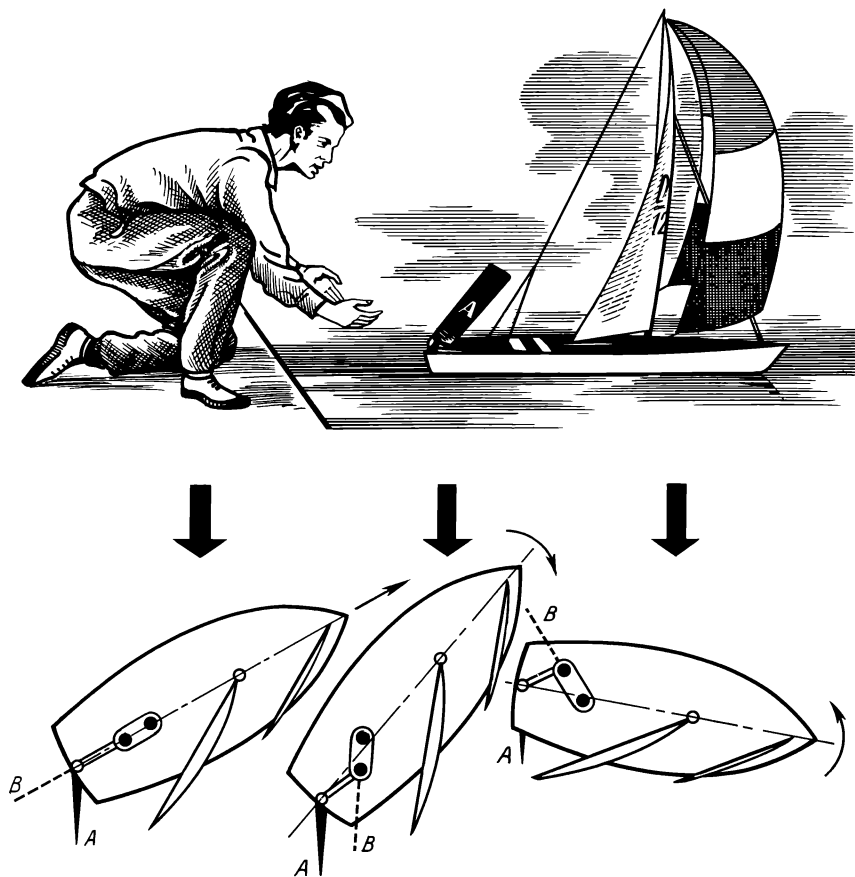


Рис. 53 Схема работы подруливающего устройства на яхте:
A — флюгер, B — водяной руль

В 1964 году подруливающее устройство, подобное судомодельному, применил во время гонок через Атлантику известный яхтсмен англичанин Ф. Чичестер (35). Вслед за ним его стали использовать и другие любители морских путешествий.

Многие фирмы, выпускающие оборудование для яхт, наладили серийное производство яхтенного авторулевого. Так опыт судомodelистов послужил дальнейшему развитию парусного спорта.

Сегодня во всем мире все чаще и чаще вспоминают о парусниках как о транспортном средстве. Причиной тому, пожалуй, не столько романтика белых парусов и бесшумный ход этих судов, сколько стремление экономить топливо. Многие судостроительные предприятия заняты разработкой проектов лайнеров, движимых энергией ветра. При этом оказывается необходимым проводить проверку идей, касающихся принципиальной схемы парусного вооружения. В этом деле незаменимую помощь оказывает самоходная модель судна, на которой можно проверить эффективность любой конструкторской новинки. Известно много примеров, когда на самоходных моделях отрабатывались новые системы парусного вооружения.

В 1967 году ветеран советского планеризма и большой любитель парусного спорта инженер Г. С. Васильев отработал на модели яхты-тримарана с подводными крыльями новую систему паруса — горизонтальный парус-крыло (36). В начальный момент движения мо-

дель опирается на три поплавка — один спереди и два сзади. Парус, окаймленный жесткой кромкой, выгнутой из тонкой бамбуковой реечки, располагается сверху пирамиды, состоящей из трех стержней, укрепленных на трех поплавках. Такая система позволяет регулировать как угол атаки паруса, так и угол крена относительно зеркала воды. Снизу, в кормовой части каждого из трех удлиненных сигарообразных поплавков, укреплены подводные крылья бипланного типа, выгнутые из тонкой жести. Вскоре после начала движения по ветру модель поднимает из воды поплавки и скользит на подводных крыльях. Модель яхты, построенная и испытанная Г. С. Васильевым, показала высокую скорость на дистанции и обгоняла модели с обычным парусным вооружением (рис. 54).

В 1973 году известный ученый аэродинамик из Штутгарта, автор хороших крыловых профилей для планеров и вертолетных лопастей Ф. К. Вортманн успешно опробовал на самоходной модели яхты-тримарана с уширенным основным корпусом «Сигма» новую систему парусного вооружения с упругим, шарнирным креплением мачты. Мачта была расчленена к бортам посредством тросов, имеющих специальные амортизаторы (рис. 55). Это позволяло ей наклоняться при порывах ветра до 50°. После того как порыв ветра прекращался, мачта под влиянием действия амортизаторов возвращалась в первоначаль-

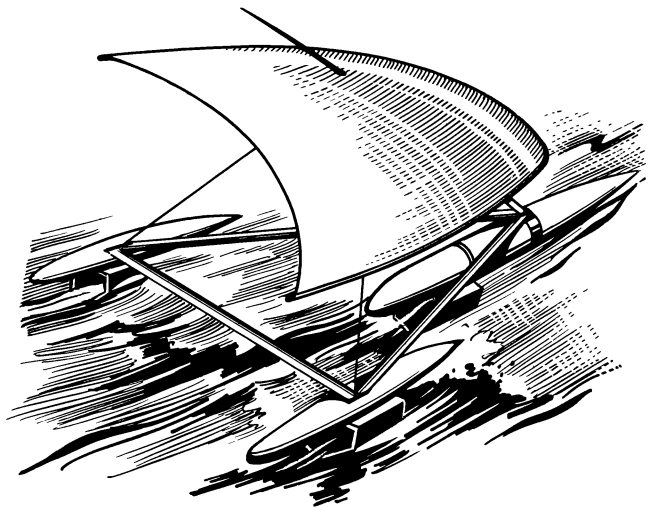
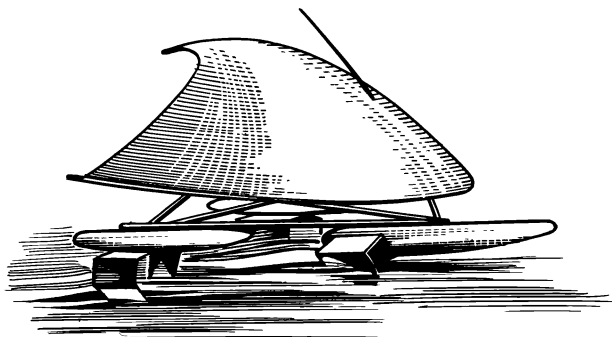
ное положение (37). Применив новую систему на полноразмерном корабле и уменьшив сопротивление воды, возникающее при движении корпуса яхты с креном, Ф. Вортманн предполагает существенно повысить безопасность плавания и увеличить ходовую скорость яхты.

Убедительным примером то-

го, 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, имеющей жесткий парус.

У изобретателя возникла идея сделать судно без корпуса.

Рис. 54. Модель яхты Г. Васильева с «летающим парусом» на подводных крыльях



Его плавучесть должны были обеспечивать три подводных крыла, соединенные системой жестких стержней, и нижняя часть жесткого паруса (38). Такое судно имело бы минимальное водное сопротивление, а следовательно, большие возможности для повышения скорости. Расчеты показывали, что она могла развивать ско-

рость до 75 км/ч при скорости ветра 28 км/ч. Испытания бескорпусных моделей яхт, проведенные в 1963 году, подтвердили возможность создания такого судна. Отработав на многочисленных моделях параметры будущей яхты, Б. Смит построил затем свой высокоскоростной парусник (рис. 56).

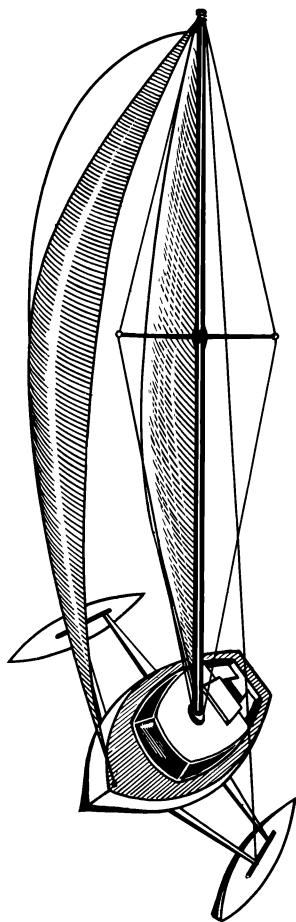


Рис 55 Модель яхты Ф. К Вортманна (Штутгарт) с мачтой на шарнире

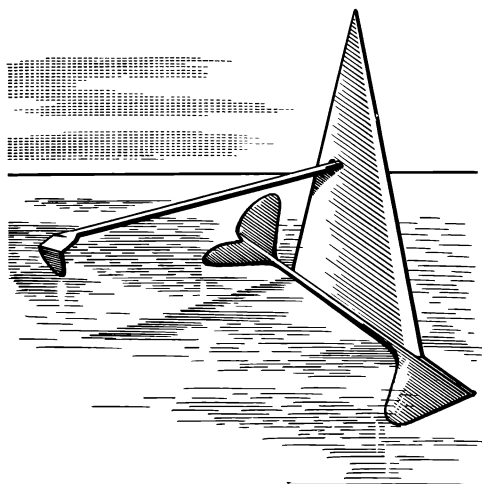


Рис 56. Схема модели бескорпусной яхты на подводных крыльях Б. Смита

Одержимость идеями

Изготовление действующей модели, ее испытание и сравнительная оценка полученных результатов на соревнованиях — очень интересное занятие, способное увлечь молодежь, особенно ребят школьного возраста, вызвать стремление постигнуть основы технического творчества. Юноши и девушки последовательно проходят такие этапы, как выполнение простейших расчетов, затем чертежей, изготовление моделей и, наконец, их испытание в действии. Все это воспитывает качества, необходимые будущему конструктору, технологу, квалифицированному рабочему. Вместе с тем моделирование машин вызывает у ребят естественный интерес к большой технике, увлеченность ею. Практика показывает, что занятие моделизмом в детстве часто определяет будущую специальность. Примеров тому великое множество. Для некоторых участников первых российских соревнований авиамоделлистов, проходивших

в 1910 году (о них мы упоминали в начале книги), летающая модель определила путь в большую технику. В частности, В. А. Гартвиг занялся гидроавиацией и в 30-е годы был главным конструктором многоместного глиссера, курсировавшего по Черному морю от Сочи до Сухуми (1). Другой участник соревнований А. А. Пороховщиков в начале 20-х годов был конструктором самолетов (2). С. С. Неждановский вел большую научно-исследовательскую работу в ЦАГИ до 1928 года (3), а Н. Д. Анощенко стал видным воздухоплавателем и одним из зачинателей парашютного спорта в нашей стране (4).

Будущий прославленный летчик Герой Советского Союза М. М. Громов в детстве строил и запускал в полет летающую модель (5). Генеральный конструктор самолетов А. С. Яковлев в своих воспоминаниях пишет о школьных годах (6): «Больше месяца строил я мо-

дель из тонких сосновых планок, обтянутых бумагой. Она имела 2 метра в размахе... В большом зале, при торжественной тишине, в присутствии множества любопытных я запустил свой первый летательный аппарат, и он пролетел метров пятнадцать. Радости не было границ!.. И здесь родилась моя страсть к авиации».

Другой генеральный конструктор самолетов О. К. Антонов, будучи студентом Ленинградского политехнического института, в 1925 году принимал участие в первых соревнованиях ленинградских авиамоделлистов, проходивших в городском кавалерийском манеже, выступал с резиномоторной моделью самолета (7). Спустя почти сорок лет он напишет: «Авиамоделизм — серьезное занятие. Не огорчайтесь, если некоторые «чересчур серьезные» люди относятся к вашей работе с улыбкой. Пусть попробуют сделать своими руками то, что умеем делать мы с вами (я ведь тоже моделист)» (8).

М. А. Захаров, один из близких друзей генерального конструктора вертолетов М. Л. Миля, вспоминает о своих встречах с ним в 1926 году в Новочеркасске: «Мы подружились. Миша стал организатором Осоавиахимовского авиамодельного кружка... В Осоавиахимовском кружке активно работали школьники, студенты, бойцы авиабригады. Мишу, одного из самых молодых в кружке, слушались — моделист был с опытом, мы же — зеленые новички. Свои идеи он иллюстрировал рисунками, убедительными и

доходчивыми. Несколько летающих моделей кружковцы показали на краевых соревнованиях и получили призы» (9).

Будучи уже генеральным конструктором, в 1965 году, М. Л. Миль в своем обращении к юным авиамоделлистам-вертолетчикам писал: «Летающие модели вертолетов сложнее, чем модели самолетов. И тем больше основания вам ими заниматься. Молодые никогда не искали легких решений и простых задач. Желаю вам успеха в этой интересной, творческой работе, друзья!» (10).

О том, что летающая модель вертолета является отличным средством профессиональной ориентации, могут свидетельствовать еще и следующие факты.

Многократный победитель соревнований по моделям вертолетов ленинградец В. С. Слепков в совершенстве освоил технику этих сложных микромашин. Будучи уже мастером спорта СССР по этому классу моделей, он успешно защитил кандидатскую диссертацию и работает преподавателем в одном из наших авиационных вузов.

Мы уже упоминали о том, что М. Н. Тищенко, в прошлом активный авиамоделлист-вертолетчик, стал преемником М. Л. Миля — генеральным конструктором вертолетов.

Известно, что главный конструктор судов на подводных крыльях Ростислав Евгеньевич Алексеев еще в возрасте 6—9 лет мастерил миниатюрные лодки и пускал их по реке

Ипать. Это увлечение определило его дальнейшую работу в судостроении (11).

Когда у Р. Е. Алексеева возникла идея создания судна на подводных крыльях, он, еще будучи студентом, первые успешные опыты провел на плавающей модели с такими крыльями, буксируемой за яхтой, которой он сам управлял. В 1962 году, уже став главным конструктором, Р. Е. Алексеев в своем обращении к судомоделистам написал: «Постройка всех кораблей начинается с постройки маленьких моделей. На них изучаются не только конструкция, но и ходовые качества спроектированного судна. Модели обязательно испытываются на воде в испытательном бассейне. Следовательно, занимаясь своим любимым делом — постройкой моделей, вы приобретаете очень ценную и очень нужную специальность» (12).

Первый космонавт планеты Юрий Алексеевич Гагарин в автобиографии пишет: «В школе пионеры организовали технический кружок. Душой его был Лев Михайлович (Беспа-

лов.— Прим. ред.). Мы сделали летающую модель самолета, раздобыли бензиновый моторчик, установили его на фюзеляж, смастеренный из камыша, казеиновым клеем прикрепили крылья. То-то радости было, когда эта модель взмыла в воздух и, набирая высоту, пролетела, проворная, как стрекоза... А Лев Михайлович почти серьезно пообещал: «Быть вам, хлопцы, летчиками...» (13). Мало кому известно, однако, что Юрий Гагарин и после полета в космос не потерял интерес в авиамоделизму. В 1961 году он при посещении Индийского национального аэроклуба умело запускать в полет модель с поршневым двигателем (14).

В 20—30-е годы у нас в стране был очень популярен лозунг «От модели — к планеру, с планера — на самолет». В этой простой, живо воспринимавшейся формуле, по существу, заключался принцип использования модели для профорientации. Этот принцип сохранялся, как мы видели, и в последующие годы, и сегодня он работает безотказно.

Модель — наглядное пособие

Любое наглядное пособие должно быть хорошо обозримо, доходчиво. И, пожалуй, нет лучшего наглядного пособия, чем объемная действующая модель, в особенности, если речь идет о какой-либо машине или о сооружении. Проследим, где модель может быть наиболее эффективным средст-

вом демонстрации при обучении. При обучении будущих водителей правилам дорожного движения очень помогают миниатюрные модели автомобилей, трамваев и троллейбусов, размещенные на фоне макетов городских зданий. Используя эти модели, варьируя их положение на проезжей части и

применяя действующий макет светофора или макетное изображение милиционера, можно моделировать различные варианты уличного движения и таким образом проверять знания обучающихся. Занятие с моделями привлекает ребят прежде всего своей игровой формой, моделирование дорожных ситуаций вызывает у школьников живой интерес при обучении их правилам уличного движения.

В вузах и техникумах кораблестроительного или судоводительского профиля модель судна является незаменимым помощником как при изучении материальной части, так и при ознакомлении с историей развития данной области техники. То же можно сказать о значении самолетов и вертолетов для авиационных учебных заведений.

Как правило, все учебные заведения морского и речного флота, используя таланты своих курсантов, создают в аудиториях коллекции моделей судов в одном масштабе, на которых в процессе учебы доходчивее удастся проводить лекционную и практическую работу. Кстати, в залах Центрального военно-морского музея в Ленинграде наиболее полно представлена коллекция моделей кораблей отечественного флота — от галер Петровских времен до современных крейсеров-ракетоносцев (15). Здесь всегда много экскурсантов, в том числе студентов и учащихся.

При посещении Центрального дома авиации и космонавтики имени М. В. Фрунзе мы,

проходя вдоль ряда размещенных в исторической последовательности моделей самолетов и вертолетов, начинаем зримо представлять, как развивалась техника летания от самолета А. Ф. Можайского до сверхзвуковых самолетов наших дней (16). На стендах-витринах Мемориального дома-музея Н. Е. Жуковского посетители, рассматривая модели, знакомятся с детальным устройством наших первых отечественных самолетов и вертолетов, основы проектирования которых были заложены еще при жизни «отца русской авиации».

Познавательное значение всех этих моделей кораблей, самолетов, сосредоточенных в музеях, трудно переоценить. Ведь любой, зайдя в один из таких музеев, за короткое время сможет проследить путь развития техники за многие десятилетия и даже за века. Это важно как для пополнения специальных знаний, так и для повышения культурного уровня, прежде всего молодежи.

Действующая модель машины играет особую роль в процессе обучения, когда предметом обучения являются целенаправленные действия обучающихся, обусловленные временем исполнения этих действий, связанные со специфическими особенностями эксплуатации конкретной машины. И хотя специальное тренажерное оборудование при этом отсутствует, действующая модель принимает на себя роль как бы упрощенного демонстрационного тренажера.

Примером такого микротренажера является модель-макет железнодорожного состава с подъездными путями к станции, станционным оборудованием, автоматизированной системой переводных стрелок, построенная в Хабаровском институте инженеров железнодорожного транспорта (17). Такие действующие стенды являются необходимым оборудованием ла-

мятся с системами автоматики железнодорожного движения.

Подобные макеты действующих железных дорог сооружают и любители железнодорожного моделизма, которых у нас в стране насчитываются тысячи. Правда, задачи у них несколько иные — построить действующий макет железнодорожного пути с эффектно действующим подвижным со-

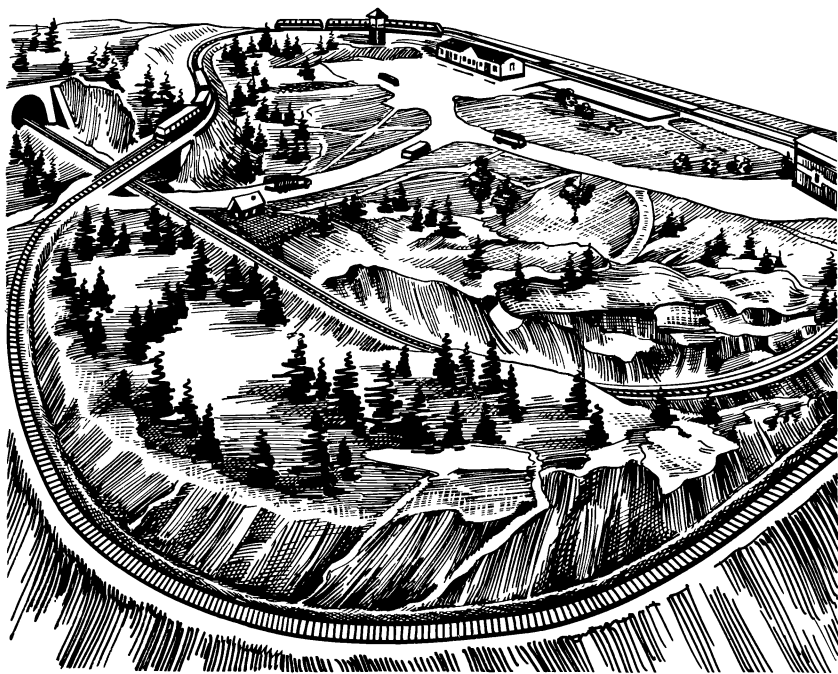


Рис. 57 Макет железнодорожного пути с ландшафтом и подвижным составом, удостоенный призового места на Всесоюзных соревнованиях моделистов-железнодорожников

бораторий организации движения поездов, а также железнодорожных вузов и техникумов. Благодаря таким стендам обучающиеся на практике знако-

ставом, с наиболее привлекательным ландшафтом и тем самым завоевать призовое место на соревнованиях железнодорожных моделистов (рис. 57)

(18). Нередко практический опыт юных железнодорожников-моделистов используется и в соответствующих лабораториях железнодорожных вузов и техникумов.

При освоении новых методов домостроительства действующая модель оказывает также неоценимую услугу и как наглядное пособие-тренажер, и как демонстратор эффективности принципиально новой технологии строительства. В частности, прогрессивный метод строительства зданий с верхних этажей неоднократно демонстрировался с помощью действующей модели на выставках и лекциях для повышения квалификации инженеров-строителей.

Преимущества такого метода строительства заключаются в том, что сооружение здания в этом случае ведется без применения башенного крана и не требует значительной по размерам строительной площадки. Дело ограничивается тем, что на территории под полом первого этажа устанавливаются несколько колонн в бетонных стаканах, равномерно размещенных по внешнему контуру пола первого этажа. На поверхности земли выполняется строительство поочередно каждого этажа до полной его готовности. Затем по колоннам каждый этаж поднимается до запроектированной высоты и там фиксируется. Вся эта операция осуществляется с помощью мощного подъемного оборудования, состоящего из сложной, но компактной системы гидropодъемников, бази-

рующих на колоннах. Когда закладывается строительство и монтаж первого этажа, гидравлическая система подъемников демонтируется и производится окончательная доработка узлов и деталей здания.

С применением этого метода существенно ускоряется процесс строительства. Действующая модель, на которой наглядно показывают отдельные этапы такого ускоренного строительства, выполняется обычно в масштабе 1:50 (рис. 58) из прозрачного органического стекла (19). Она имеет основание, где укреплены колонны, в которых проходят подъемные устройства. Сверху колонн размещается макет крыши. Таким образом демонстрируется первый этап стройки. Макет четвертого этажа выполняют неразъемным, чтобы он мог свободно подниматься по колоннам. Макеты первого, второго и третьего этажей — разъемные, они собираются внизу, вокруг колонн и далее их поднимают по колоннам.

Снизу основания макета размещается устройство подъема этажей. Оно представляет собой валик со шкивами, вращаемыми рукояткой. На шкивы надеты капроновые нити, прикрепленные к макетам этажей около колонн по углам.

Для показа процесса стройки надо, вращая рукоятку, поднимать готовый четвертый этаж под крышу и зафиксировать его там штырьком, вставленным в колонну. Затем поднимают к четвертому этажу третий, предварительно соединенный внизу из двух частей. Аналогично

поднимают и второй этаж. Первый этаж монтируют последним на уровне земли. Так на небольшом действующем макете демонстрируется прогрессивный метод строительства.

Посредством действующего макета сделан наглядным и другой прогрессивный метод строительства дома — из квартир-блоков. Это осуществляется с помощью рам и телеско-

стройки действующим макетом специального прицепа-трейлера. Таким образом, действующий макет стройки включает в себя макеты отдельных квартир-блоков, модели трейлера и автокрана.

Под основанием макета размещается, кроме рельсовых путей, макет цокольного этажа, ригели рам и место с макетами телескопических домкратов.

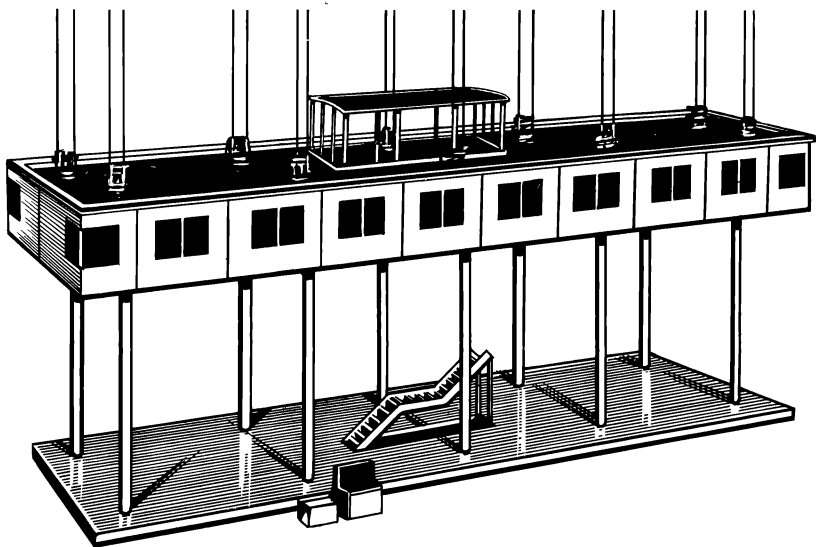


Рис. 58 Действующий макет строительства дома методом подъема этажей

пических домкратов, укрепляемых на тележке (19). Масштаб действующего макета такого строительства выполняется обычно 1:50.

Монтаж начинают с прокладки макета рельсовых путей из заранее собранных звеньев. Макеты тележки и рам, с помощью которых устанавливают на место квартиры-блоки, транспортируются на территорию

Макеты квартир-блоков выполнены с применением полистирольного органического стекла и снабжены всем внутренним оборудованием квартир.

Показ процесса работы по монтажу жилого дома с квартирами-блоками начинают с того, что макет готовой квартиры-блока доставляется на действующей модели трейлера на стройплощадку и устанавли-

ливаются на монтажном приспособлении, представляющем собой сдвоенную раму. Далее блок поступает в так называемое приемное устройство, состоящее из четырех макетов домкратов, работающих одновременно,— оно снимает блок с трейлера. Затем под блок подводят макет монтажной тележки с телескопическим домкратом, которая и осуществляет подъем блока-квартиры. На месте блок-квартира фиксируется на ригелях рам посредством моделированных выдвижных консолей. Тележка, таким образом, освобождается от него. Далее в макет монтажной тележки помещается блок-квартира нижележащего этажа, и макеты гидродомкратов поднимают оба блока. При этом с площадок рам осуществляется соединение блоков между собой.

Последовательно проводится подъем и фиксация остальных квартир-блоков. После того как закончено возведение последнего этажа, часть здания движется на монтажной те-

лежке по рельсам к месту сооружения здания. Процесс подъема блоков и их передвижка продолжается, пока не будет сооружено все здание. Затем действующий макет автокрана используется при установке оборудования входов и других отдельных деталей зданий.

Для приведения макета в действие предназначена сложная система механизмов с миниатюрными электромоторами, редукторами и системой шестерен, размещенных под основанием макета. Управление действием макетов такого рода осуществляется включением кнопок на специальном пульте.

Все перечисленные отдельные этапы строительства наглядно демонстрируются на действующих макетах. При этом слушатели, сами участвуя в соответствующих перемещениях элементов макетов, необходимых по ходу технологического процесса, надолго запоминают и усваивают изучаемый ими предмет.

Электронное моделирование

Действие любого аппарата или любой машины может быть детально изучено не только посредством физического моделирования, когда оригинал геометрически уменьшается на модели в любое количество раз с соблюдением соответствующих законов моделирования, но и посредством так называемого электронного моделирования.

Электронное моделирование воспроизводит на специально

подобранной электрической схеме изменение основных параметров моделируемого аппарата или машины по времени. Наиболее важные параметры фиксируются на выходе электросхемы. При этом отдельные элементы электрической схемы подобраны так, что их характеристики соответствуют изменениям механических свойств отдельных элементов натурального аппарата или машины.

Подобный принцип электронного моделирования возможен благодаря тому, что в электроцепи могут реализовываться практически любые математические действия: сложение, вычитание, умножение, деление, дифференцирование, интегрирование и др. Моделирование механических явлений, происходящих с натуральным аппаратом на его электронной мо-

дели, основано на том, что как для натурального аппарата, так и для его электронной модели сохраняются одни и те же математические уравнения движения (20).

Проследим для примера как формируются математические уравнения, выражающие два физических явления — изменение напряжения тока в цепи обмотки возбуждения электри-

Рис. 59. Блок-схема цепи обмотки возбуждения электромашины при подключении ее к сети

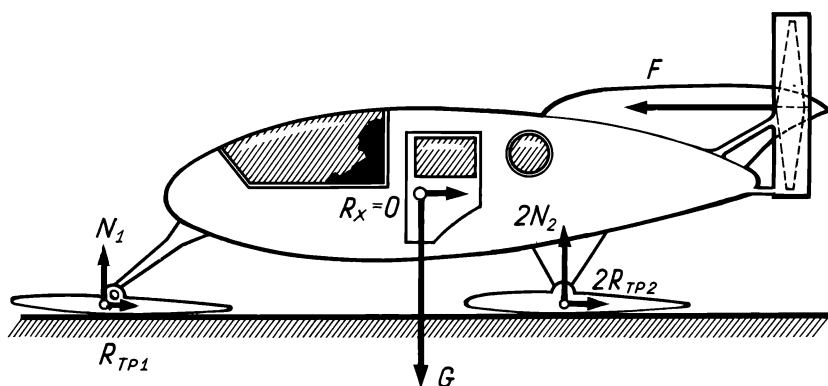
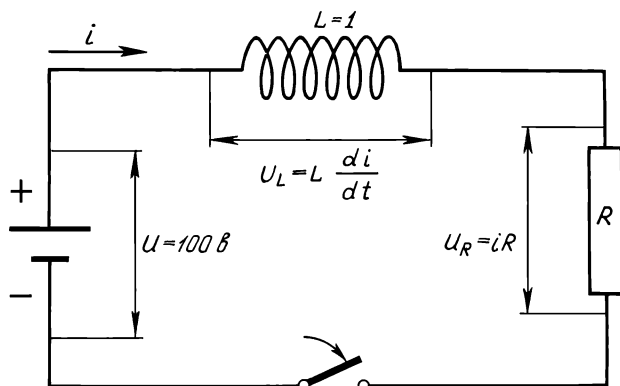


Рис. 60 Схема действия сил механического сопротивления движению тела при наличии вязкого трения

ческой машины постоянного тока при подключении ее к сети (рис. 59) и изменение силы механического сопротивления F движению тела при наличии вязкого трения R_T (рис. 60).

Падение напряжения в цепи согласно схеме, приведенной на рис. 59, определяется суммой падения напряжения на активном участке и падением напряжения на индуктивном сопротивлении. Первое слагаемое определяется по закону Ома как произведение силы тока i на сопротивление R . Падение напряжения на индуктивном сопротивлении определяется увеличением магнитного поля вокруг проводников с током, что вызывает электродвижущую силу самоиндукции в витках катушки индуктивности. Эта электродвижущая сила препятствует по правилу Э. Ленца изменению тока, выражаемому $\frac{\Delta i}{\Delta t}$ *, создавая при этом дополнительное индуктивное сопротивление в цепи. Чем быстрее нарастает ток, тем выше это сопротивление. Оно пропорционально постоянному коэффициенту самоиндукции L , определяемому параметрами обмотки возбуждения. Таким образом, общее уравнение напряжения в цепи будет иметь вид:

$$L \left(\frac{\Delta i}{\Delta t} \right) + iR = V. \quad (26)$$

В математике обычно соотношение малых приращений $\left(\frac{\Delta i}{\Delta t} \right)$ заменяют соотношением беско-

нечно малых приращений, обозначаемым $\left(\frac{di}{dt} \right)$ и именуемым производной.

В этом случае приведенное выше уравнение напряжения в цепи запишется как

$$L \left(\frac{di}{dt} \right) + iR = V. \quad (27)$$

Теперь это выражение вправе называться дифференциальным уравнением, потому что оно включает в себя производную от неизвестной функции тока $\frac{di}{dt}$.

Теперь составим уравнение механики, которое выразит силу механического сопротивления движению тела, имеющего определенную массу m , подверженную действию силы сопротивления (вызванной вязким трением R_T), которая, как известно, прямо пропорциональна скорости движения тела V . При этом $R_T = z \cdot V$, где z — некоторый коэффициент трения. По закону Ньютона сопротивление движению тела будет определяться силой инерции, равной его массе на ускорение

движения, то есть $\left(\frac{\Delta V}{\Delta t} \right)$

Уравнение сопротивления движению тела в этом случае будет иметь вид:

$$m \left(\frac{\Delta V}{\Delta t} \right) + V \cdot z = F. \quad (28)$$

Если мы, как и в предыдущем случае, перейдем от малых приращений к бесконечно

* Символ Δ обозначает малое приращение той величины, перед которой размещен этот символ. Например, Δt — это малое приращение времени.

малым, то получим следующее дифференциальное уравнение движения тела:

$$m \left(\frac{dV}{dt} + V \cdot z \right) = F. \quad (29)$$

Сравнивая это уравнение с записанным нами ранее уравнением напряжения тока в цепи обмотки возбуждения электрической машины, мы убеждаемся, что эти уравнения аналогичны. Только в них включены разные параметры, свойственные каждому явлению. Вместо коэффициента самоиндукции L введена масса тела m , вместо тока i введена скорость V , вместо электрического сопротивления R введена сила сопротивления трения $V \cdot z$, а электрическое напряжение U заменено силой F .

Поскольку это так, то мы можем, подобрав соответствующим образом параметры электрической цепи, представить на ней модель движения тела. Записав на выходе электрической цепи изменение напряжения тока по времени, можно составить представление о том, как будет изменяться скорость движения тела по времени. Только для этого надо будет произвести соответствующие вычисления для перевода единиц масштаба напряжения в электроцепи в единицы масштаба ско-

рости движения тела. Так посредством подбора элементов электрической цепи можно создать модель практически любого механического явления.

Особенно это бывает необходимо, когда рассматриваются сложные колебательные процессы, которые не всегда просто смоделировать механическим способом. Подобрать же электронные элементы контура, тождественные по своим колебательным характеристикам механическим звеньям, всегда проще.

Электронное моделирование широко используется в учебном процессе в вузах и техникумах и в тех случаях, когда необходимо изучать работу каких-либо машин, находящихся в стадии проектирования (то есть на бумаге). И при этом возникает необходимость проследить работу будущих машин при разных условиях и при разных исходных данных. В этом случае изучают характер изменения по времени наиболее существенных выходных параметров машин. Зависимости, дающие представление об этих изменениях, называются переходными процессами. Изучение переходных процессов удобнее всего проводить в предварительной стадии проектирования или в учебном процессе на электронной модели данной машины.

Моделирование на ЭВМ

В современной инженерной практике нередко возникает необходимость решения весьма сложных теоретических задач. Трудности их решения определяются непомерной громоздкостью дифференциальных уравнений, описывающих рассматриваемые явления. Эти уравнения бывает невозможно решить на электронных моделях. Тогда остается один-единственный путь решения такого рода задач — метод численного интегрирования сложных дифференциальных уравнений. При этом явление, описываемое данным дифференциальным уравнением, мысленно рассматривается по отдельным мелким участкам, следующим один за другим. В диапазоне каждого такого участка в дифференциальное уравнение вводятся некоторые упрощения, позволяющие путем большого числа сложных расчетов проинтегрировать дифференциальное уравнение на данном участке, то есть найти его решение, соответствующее концу данного мелкого участка.

Далее на основе полученных цифр осуществляется переход к следующему расчетному участку, на протяжении которого методика расчетных операций повторяется. Ввиду того что так называемый шаг счета для обеспечения достаточной точности должен выбираться минимальным, объем расчетной работы обычно получается чрезвычайно большим. Некоторые остряки такой метод даже называют, и не без основания,

«методом бесчисленного интегрирования». Пользуясь ручным счетом, его обычно невозможно осуществить физически.

На помощь приходят электронно-вычислительные машины (ЭВМ). Для их использования составляются достаточно сложные расчетно-логические программы с учетом минимального шага счета, обеспечивающего необходимую точность результатов. Эти программы переносятся на перфокарты, с помощью которых расчетные операции вводятся в ЭВМ.

Современная техника создания ЭВМ с высоким быстродействием и большим объемом электронной памяти, а также совершенный научный уровень программирования позволяют решать ряд сложных инженерных задач механики. В частности, немецким ученым удалось составить программу решения уравнений пространственного движения струй воздуха по профилю крыла на скоростях потока, близких к скорости звука. Это позволило расчетно, на ЭВМ, определить распределение давления по хорде крыла при чрезвычайно сложном переходном режиме обтекания (21). На рис. 61 показано сравнение результатов этих расчетов с результатами экспериментов в аэродинамической трубе. Нетрудно наглядно убедиться, что совпадение вполне удовлетворительно.

Такая система моделирования сложных механических явлений на ЭВМ позволяет существенно сократить весьма

значительные финансовые, а главное — временные затраты, которые требуются поныне для экспериментов в аэродинамических трубах с моделями самолетов на больших околозвуковых и сверхзвуковых скоростях потока. На рис. 62 приведены для сравнения размеры аппаратуры ЭВМ, необходимой для выполнения расчетов по аэродинамике данной модели

самолета, и размеры аэродинамической трубы, а также вид модели в рабочей части трубы, где проводятся определения тех же аэродинамических параметров самолета, но экспериментально. Благодаря этому легко понять, что моделирование сложных газодинамических явлений на ЭВМ дает существенную экономию при проведении инженерных работ. Кроме

Рис. 61. Сравнение результатов расчетов на ЭВМ с результатами эксперимента в аэродинамической трубе (кривая — результаты расчетов, точки — результаты экспериментов)

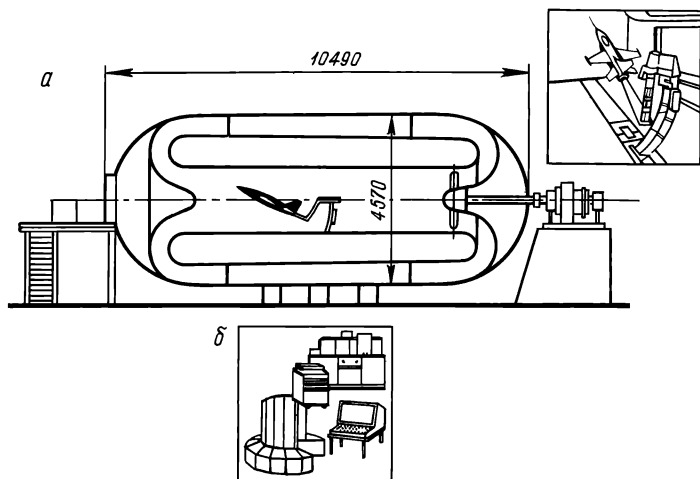
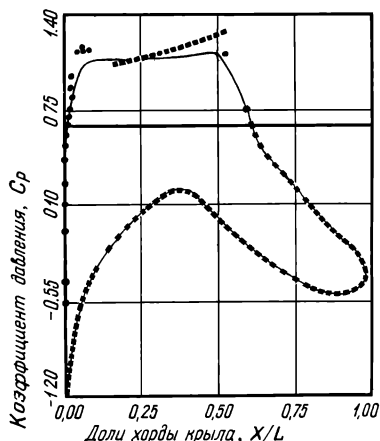


Рис. 62. Сравнение средств аэродинамического эксперимента (а) и средств ЭВМ (б) при решении инженерных задач

того, решение многих задач механики посредством интегрирования на ЭВМ дифференциальных уравнений, описывающих эти задачи, позволяет существ-

венно развить и усовершенствовать процесс обучения в вузах и техникумах, приблизив его к решению инженерных задач на практике.

Модель тренирует

Существует множество профессий, требующих уделять чрезвычайно большое внимание окружающей обстановке. Поведение человека в этом случае должно во время работы в большой степени формироваться в виде реакции на окружающую обстановку. Например, профессия операторов, работа которых связана с необходимостью фиксировать в поле зрения цель к определенному моменту времени, а также водителей самых разных видов транспорта, управление которым связано с необходимостью учитывать постоянно меняющиеся ситуации.

Для того чтобы ускорить обучение таких специалистов, примерно с начала XX века стали создавать тренажеры разного рода, в которых в той или иной степени имитировалась характерная обстановка, в которой предстоит работать будущему специалисту. Практика подтвердила целесообразность использования таких тренажеров для обучения. При их создании возникала необходимость выполнения элементов физических моделей окружающей обстановки, важная роль которых как части тренажеров выявлялась все четче.

Например, на небольших по размерам так называемых ми-

ниатюр-полигонах имитируются условия, соответствующие обучению стрельбе и управлению огнем артиллерии (22). Наибольшее распространение получили миниатюр-полигоны, размещаемые в закрытом помещении (рис. 63). Каждый из таких полигонов имеет каркас и настил, на котором размещается макет рельефа местности со зданиями, шоссейными дорогами, железнодорожными путями и станциями, многократно уменьшенными по сравнению с натуральными, а также с боевыми позициями и замаскированной военной техникой «противника».

Обстоятельства обучения слушателей требуют периодической замены макетов рельефа местности, поэтому в состав миниатюр-полигона должен входить набор разнообразных рельефов. Кроме того, миниатюр-полигон снабжен натуральными прицельными устройствами, связанными посредством специализированной ЭВМ с приспособлением для имитации разрывов снарядов в местах, определяемых ЭВМ по параметрам цели, введенным в прицельное устройство (23).

Имитация разрывов снарядов в соответствии с рассчитанными на ЭВМ трассами их полета осуществляется с по-

мощью падающего грузика, вспышки электролампочки или светового пятна, отраженного от наклонного зеркала. Оттого, насколько искусно выполнены макеты рельефа местности с объектами поля мишени, зависит зрительное восприятие обстановки стрельбы учащимся, а это в свою очередь повлияет на меткость прицеливания.

При создании тренажеров

ки, когда земля близка, значительная роль отводится макету местности, имитирующему аэродром и окружающие его строения. На рис. 64 показана типовая схема опτικο-механического имитатора видимого изображения авиационного тренажера с проекционной оптикой и отраженным макетом местности. По этой схеме вид-

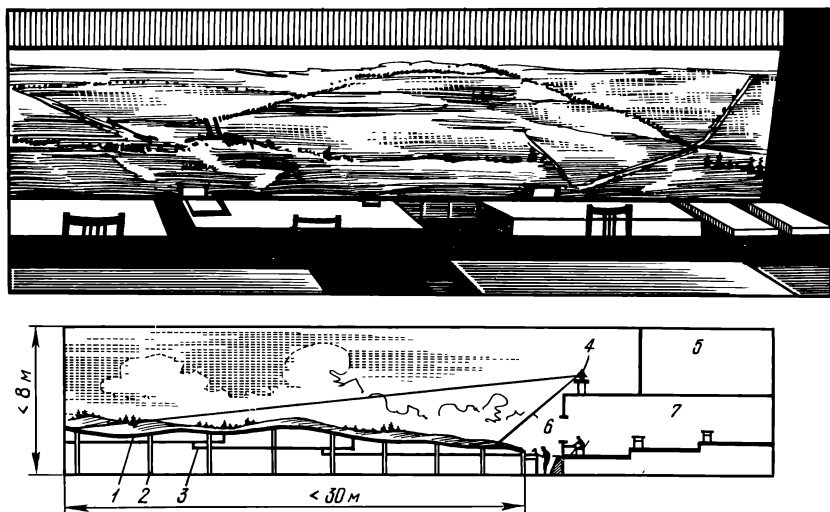


Рис. 63. Миниатюр-полигон в артиллерийском училище:

1 — макет местности; 2 — стойка-подпорка; 3 — электросеть, передающая команды на имитацию взрыва; 4 — панорамный визир; 5 — резервные помещения; 6 — оператор; 7 — учебный класс

для летного состава также требуется воспроизводить окружающую обстановку летного поля или сооружений вблизи аэропорта (24). Существует большое количество разнообразных систем тренажеров для летного состава. В каждой из них, поскольку они тренируют в режимах взлета и посад-

ется основным элементом всего контура тренажера, обеспечивающим связь тренируемого с видимыми им ориентирами.

Существенную роль в работе тренажера играет имитатор динамики полета, который представляет собой специализированную ЭВМ. Он моделирует динамические свойства самолета

та и обеспечивает соответствующие команды на электрические приводы, задающие необходимые изменения положения макета местности относительно направления зрения тренируемого. Эти команды определяются также сигналами, поступающими от датчиков органов управления, отклоняемых летчиком посредством рычагов управления.

Таким образом, и в устройстве авиационного тренажера модель-макет обстановки, окружающей тренируемого, играет существенную роль. При изготовлении хорошего тренажера всегда обращают особое внимание на высокое качество исполнения модели-макета, поручая ее выполнение высококвалифицированным моделистам и макетчикам.

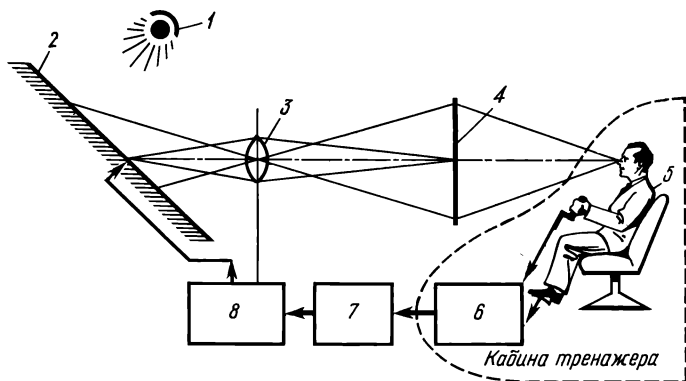


Рис. 64. Схема работы оптико-механического имитатора видимого изображения авиационного тренажера:
1 — источник света; 2 — макет местности; 3 — объектив; 4 — экран; 5 — летчик; 6 — датчик органов управления; 7 — имитатор динамики полета; 8 — электроприводы

Модель-мечта

В творческой деятельности человека нередко бывают случаи, когда ему приходит в голову, казалось бы, на данный момент фантастическая идея, связанная с далекими перспективами развития техники. Если у него есть талант писателя, он берется за перо и создает на основе этой идеи научно-фантастическое произведение. Когда же писательского дара нет,

но человек обладает достаточным упорством и настойчивостью, он стремится реализовать свою идею в наглядном рисунке, чертеже, а иногда и в виде модели или макета. Все зависит, конечно, от индивидуальных способностей человека, в первую очередь — от запаса его знаний и целеустремленности.

Многие ныне знакомы с фан-

тастической для своего времени идеей К. Э. Циолковского о цельнометаллическом дирижабле. Родилась идея у Константина Эдуардовича давно. Еще в 1892 году была опубликована его первая брошюра на эту тему (25). Ученый не ограничился одними схемами и чертежами, он на свои собственные средства изготавливает технологические модели такой конструкции. Свою идею-мечту, выраженную в моделях, Константин Эдуардович бережно вынашивает наряду с гениальной пророческой идеей об использовании ракеты для полетов в космическое пространство.

Значительно позднее первой публикации Циолковского о металлическом дирижабле, уже в 1935 году, было организовано специальное опытное конструкторское бюро для реализации его проекта. Деятельность бюро началась с инженерной проработки проекта дирижабля по идее Циолковского с цельнометаллической оболочкой, в результате чего была создана копия будущего дирижабля в масштабе 1:100 (26).

Однако обстоятельства сложились так, что дирижабль по схеме Циолковского не был построен. Большое число катастроф с наполненными горючим газом воздушными гигантами заставили во всем мире свер-

нуть деятельность по дирижаблестроению в конце 30-х годов. Прекратилась работа и по строительству дирижабля Циолковского. Но его мечта, материализованная в модели цельнометаллического воздушного корабля, осталась и навсегда зафиксировала приоритет нашей страны в этой области*.

Конечно, фиксацией приоритета идеи или изобретения значение модели-мечты не исчерпывается. Взять хотя бы очень популярный у нас в стране Всесоюзный конкурс «Космос», который, по существу, является конкурсом на лучшую модель-мечту в области космической тематики. Конкурс этот традиционно, с 1971 года, проводит журнал ЦК ВЛКСМ «Моделист-конструктор» совместно с павильоном «Юные натуралисты и техники» ВДНХ СССР при участии Центра подготовки космонавтов, Центрального музея авиации и космонавтики имени М. В. Фрунзе и ряда других организаций. Для того чтобы участвовать в этом конкурсе, ребята под руководством своих наставников в технических кружках и лабораториях строят действующие модели современной ракетно-космической техники, конструируют по собственным проектам модели-фантазии орбитальных станций и пилотируе-

* Справедливости ради следует отметить, что в 1929 году в США был построен экспериментальный цельнометаллический дирижабль «ZMC-2» объемом 5660 м³, который успешно эксплуатировался в течение двух лет. Однако технологических идей Циолковского, выраженных в его проекте, в этом дирижабле реализовано не было (27).

мых космических систем, создают учебно-наглядные пособия, популяризирующие достижения в области освоения космоса (28).

Каждая из этих моделей чаще всего не является повторением известной конструкции, а представляет собой фантазию ее автора, модель-мечту.

Для многих школьников увлечение космическим моделированием переросло в профессиональный интерес. Бывших участников всесоюзных конкурсов сегодня можно встретить и среди студентов ведущих технических вузов, и среди тех, кто уже трудится в Аэрофлоте или авиационной промышленности, служит в Военно-Воздушных Силах страны.

На смену ребятам, оканчивающим школу, регулярно приходят новые отряды юных космонавтов. И каждое новое поколение участников Всесоюзных конкурсов «Космос» представляет более совершенные образцы моделей, являющихся мечтой ребят, увлеченных космонавтикой. Многие из экспериментальных и фантастических проектов, основанных на известных сегодня законах природы, реальных и перспективных направлениях развития науки, получают самые высокие оценки специалистов, работающих в области создания ракетно-космической техники и входящих в состав жюри конкурсов «Космос». За последние тринадцать лет проведения всесоюзных конкурсов 4100 участников были отмечены медалями главной выставки страны — ВДНХ СССР, а 970 удо-

стоены звания лауреата Всесоюзного смотра научно-технического творчества молодежи (НТТМ).

По сложившейся доброй традиции в весенние школьные каникулы финалисты конкурса «Космос» приезжают в Москву из разных уголков страны. Здесь они обмениваются опытом работы, встречаются с учеными, бывшими участниками ГИРДа, космонавтами, защищают перед авторитетным жюри свои проекты. Лучшие модели и макеты составляют специальную экспозицию на ВДНХ СССР «Юные техники — космосу!». Жюри обычно возглавляется первым руководителем Центра подготовки космонавтов Е. А. Карповым, летчиком-космонавтом СССР Героем Советского Союза В. Д. Зудовым и доктором технических наук И. В. Стражевой-Янгель. Жюри определяет победителей и призеров по всем разделам Всесоюзного конкурса «Космос». На финалах «Космоса» чаще всего бывает пять разделов. Среди них наибольший интерес представляют разделы «Космическая техника будущего» и «Планетоходы».

Так, немало творческой инициативы и выдумки проявили члены кружка станции юных техников № 2 г. Валуйки и кружка юных техников «Искатель» средней школы поселка Вейделевки Белгородской области, совместно представивших разработанную и отлично выполненную ими модель индустриального космического поселения «Комсомольск-на орбите». Проект этого интерес-

ного космического аппарата, выполненного в виде модели-макета, успешно защищали перед жюри XII Всесоюзного конкурса «Космос» Сергей Кулько, Алексей Фортон и Сергей Кривченко. Их модель завоевала призовое место на конкурсе в разделе «Космическая техника будущего». В этом же разделе призером стал коллек-

тив юных техников г. Сумы (28), представивший модель мощного космического корабля многоразового применения (рис. 65).

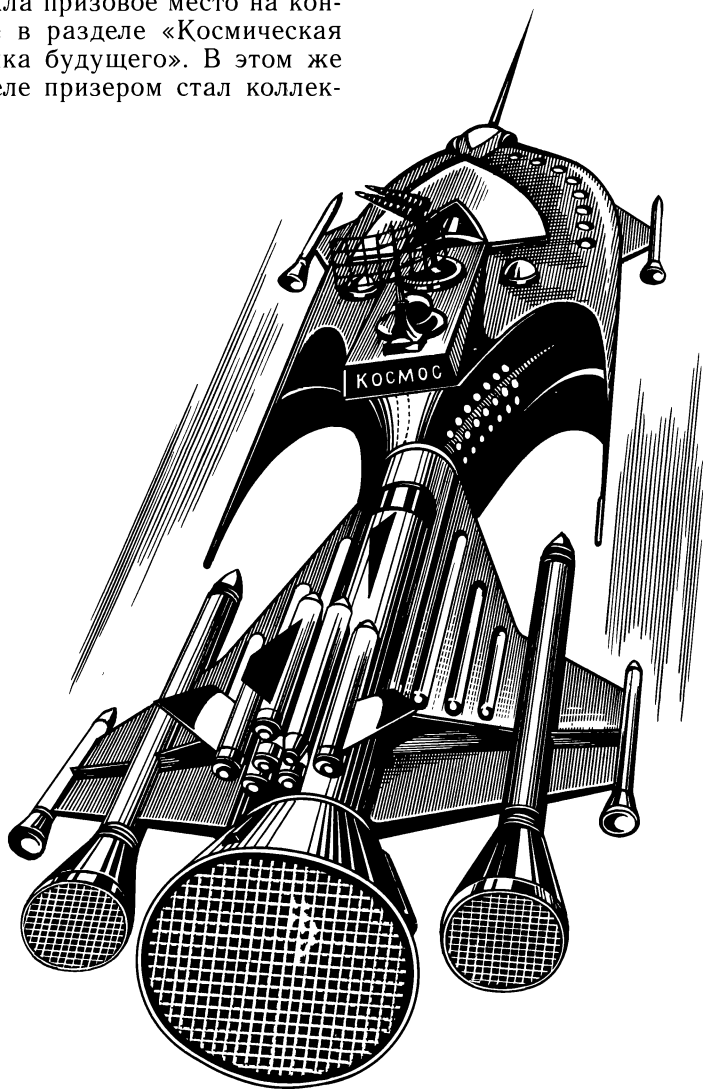


Рис 65. Модель-фантазия космического корабля многоразового применения

По этому же разделу на XIII Всесоюзном конкурсе «Космос» первое место и приз журнала «Моделист-конструктор» завоевал коллектив Литовской РСЮТ за модель-макет транспортного космического корабля «Прогресс-88 КИТ», рассчитанного на многоразовое использование (рис. 66).

Много интересных идей было

лей, в которых воплощается мечта юных о будущем космонавтики. В 1981 году в ознаменование 20-летия первого полета человека в космос в Москве проводился «Малый интеркосмос» — творческий конкурс учащихся школ и профтехучилищ Болгарии, Венгрии, Вьетнама, ГДР, Лаоса, Монголии, СССР и Чехословакии на луч-

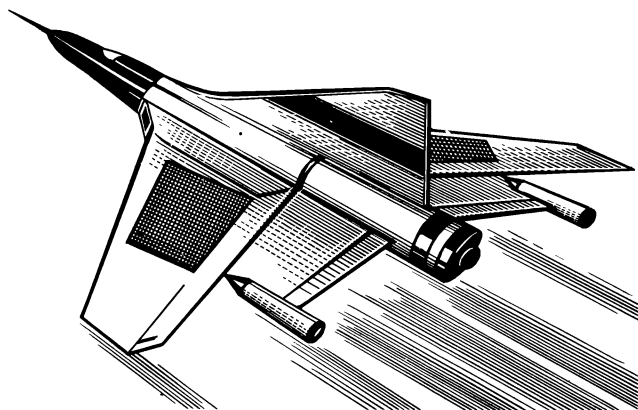


Рис. 66. Модель-фантазия космического корабля «Прогресс-88 КИТ» — призер Всесоюзного конкурса «Космос-83»

заложено в модели и макеты планетоходов, созданных ребятами в разных городах и селах нашей страны в ходе конкурса «Космос». Отлично была выполнена, например, и хорошо действовала модель планетохода «Сигнал» Эдуарда Шадрина из Дома пионеров г. Спас-Деменска Калужской области, занявшая первое место по разделу «Планетоходы» и получившая приз журнала «Моделист-конструктор» на одном из финалов конкурса (29).

Не только у нас в стране занимаются космическим моделированием, созданием моде-

ший проект космического эксперимента. Организаторами его стали ЦК ВЛКСМ, Академия наук СССР, Министерство просвещения СССР, Госкомитет по профессионально-техническому образованию и правление Всесоюзного общества «Знание». Председателем оргкомитета этого конкурса был космонавт-2 Герой Советского Союза генерал-лейтенант авиации Г. С. Титов.

На «Малый интеркосмос» поступило свыше 200 работ только от советских ребят. Проекты, модели и макеты привезли из Белоруссии, Казахстана, Ук-

раины, Горьковской, Калужской, Московской, Ростовской областей, много работ представили юные космонавты столицы. В летние каникулы в Москву на заключительный этап конкурса съехались около 400 старшеклассников и учащихся профессионально-технических училищ. Ребята выступали с докладами, защищали свои проекты перед авторитетным жюри, в состав которого входило более 50 видных ученых и специалистов во главе с председателем Федерации космонавтики СССР, летчиком-космонавтом СССР дважды Героем Советского Союза Н. Н. Рукавишниковым. Всего в 8 секциях слета было заслушано свыше 100 сообщений.

Приза имени академика М. В. Келдыша за модель зонда для исследования космического пространства были удостоены болгарские юные космонавты Тошо Недялков и Святослав Божилов. Приз имени К. Э. Циолковского получил Юрий Гарькавый, ученик 8-го класса средней школы № 1 г. Валуйки, и Сергей Кулько, десятиклассник Вейделевской средней школы Белгородской области — за модель межпланетного космического многоцелевого комплекса «Галлей-Икар-Церера».

Вся содержательная и насыщенная творческим поиском работа «Малого интеркосмоса» была исключительно полезна

своей воспитательной направленностью.

Как резюмировало в итоговом отчете жюри конкурса, «все доклады участников конкурса «Малый интеркосмос» свидетельствовали об огромной заинтересованности сегодняшних школьников и учащихся ПТУ в проблемах освоения космического пространства, о растущей познавательной активности подростков, об их творческом отношении к труду, углубленной общественно полезной направленности всей деятельности юношеских научно-технических объединений» (30). Работа над научно-фантастическими моделями, быть может — аппаратами далекого будущего, существующими пока лишь в воображении их авторов, имеет большое воспитательное значение.

Очень интересной, бесспорно, является еще одна направленность работы юношества в перспективной деятельности по космонавтике. Она заключается в том, что молодежь может с успехом формулировать интересные задания космонавтам, работающим на орбите, с целью расширения наших знаний, необходимых для развития науки и техники и содействующих прогрессу народного хозяйства. Содержание этих заданий может быть проиллюстрировано юными техниками на действующих макетах или моделях.

Архитектурное макетирование необходимо строителю и зодчему в их практической работе. Дело в том, что чертеж не дает полного представления о проектируемом здании в ансамбле с окружающей его обстановкой, с рядом расположенными сооружениями. Чертеж — это плоскостное отображение проекта. Вместе с тем для полного суждения о проекте здания на этапе предварительного проектирования бывает необходимым представить его пространственное изображение на макете. На нем наиболее четко выявляются освещенность отдельных его участков, воздействие на здание ветра в общем ансамбле окружающих строений и многие другие внешние факторы. Методика демонстрации архитектурного проекта в виде объемной модели здания неоднократно применялась и в прошлом.

Такие знаменитые зодчие России XVIII и XIX веков, как Воронихин, Захаров, Растрелли, Баженов, Росси и Монферран, неоднократно прибегали к

выполнению предварительных объемных макетов своих гениальных творений архитектуры. Некоторые из этих макетов хранятся и по сей день в Музее академии художеств в Ленинграде (1) и рассматриваются как ценные произведения искусства, имеющие самостоятельное художественное значение.

В современной нам архитектуре значение макетирования зданий еще более возросло в связи с тем, что существенно увеличился объем застройки городской площади и заметно возросла средняя высота строящихся зданий. Все это требует в большей мере, чем ранее, учитывать особенности вновь проектируемого здания во всем ансамбле современного города, а для этого наилучшим образом подходит макетное воспроизведение новой постройки.

Материалами моделей зданий в прошлые века традиционно служили древесина, бумага, картон и гипс, иногда их дополнял тонкий листовой металл. Современный богатый

ассортимент пластмасс позволяет для этой цели использовать полимерные материалы: органическое стекло, целлюлоид, пенопласты и другие разновидности пластмасс, имеющие существенные технологические и декоративные преимущества перед ранее использовавшимися при макетировании материалами. В частности, полимерные материалы не подвержены короблению под действием влажности и температуры.

Архитектурные макеты изготавливаются как рабочие изделия, помогающие в процессе проектирования, и как демонстрационные — для выставок и защиты проектов. В последнем случае они выполняются по готовым чертежам проектируемого сооружения.

Нередко составлению чертежей предшествует изготовление рабочего макета-модели, с помощью которого контролируется целесообразность принятого композиционного решения. Модель здания в увеличенном масштабе помогает представить в пространстве не только внешние его контуры, но и интерьер. Такие модели могут быть, в зависимости от назначения, представлены либо в виде макетов отдельных зданий, либо планировочными макетами, а подчас и макетами интерьеров, которые моделируют интерьер полностью или фрагментарно.

Модели отдельных зданий, выполняемые обычно в масштабах 1:50; 1:100; 1:200; 1:300, изготавливаются для демонстрации архитектуры проектируемого сооружения.

Планировочные макеты строятся для проверки архитектурно-планировочной композиции проектируемого района застройки. В этом случае выбирают следующие масштабы моделируемого объекта строительства: 1:400; 1:500; 1:1000; 1:2000; 1:5000.

С целью демонстрации особенностей внутреннего оборудования зданий в комбинации с элементами внешнего их вида выполняют макеты с частичным моделированием интерьера. При этом в зависимости от конкретных требований к макету выбирают масштабы 1:5; 1:10; 1:20 или 1:25.

В качестве примера демонстрационной модели интересного и нового по замыслу архитектора здания можно привести представленный на одной из выставок макет спортивной арены на 5000 зрителей, имеющий оригинальную по конструктивному оформлению радиально-вантовую систему перекрытия. Модель была выполнена из органического стекла и пенопласта в масштабе 1:100.

Примером рабочего использования моделей ансамблей зданий может служить выбор целесообразной освещенности в ночное время, то есть определение числа уличных светильников, их осветительной мощности и расположения относительно зданий. При этом, разумеется, должны учитываться законы светового моделирования в соответствии с принятым геометрическим масштабом моделей зданий. Только с применением моделей городских кварталов представляется возмож-

ным решить задачу оптимальной освещенности в городе (2, с. 259).

Моделирование гидротехнических сооружений является единственным способом решения немалого числа практических инженерных задач, возникающих при разработке проектов крупных плотин и каналов, соединяющих значительные по объему водные пространства. Всюду, где есть большая открытая водная поверхность, могут возникать волны. Появляются они по разным причинам — либо под влиянием ветра, дующего вдоль водной поверхности, либо от действия шлюзов в канале. Например, на Куйбышевской плотине вода Волги поднимается на высоту, превышающую 30 м (2, с. 107). Эта вода выпускается в нижний шлюзовой канал. Для того чтобы, по возможности, не снижать скорость судоходства, стараются сократить время на проведение шлюзования. При этом большие массы воды, падающие в шлюзовую камеру, могут поднять большие волны.

Изучить размеры волн и частоту их возникновения важно для того, чтобы знать, какие могут быть нагрузки от них как на береговые сооружения каналов, так и на суда, плавающие по водной поверхности. Размер возникающих волн поддается предварительному расчету. По размерам поверхности воды, глубине водного пространства, уклону и рельефу дна, направлению, продолжительности и скорости ветров можно теоретически рассчитать наиболь-

шую высоту волн. Например, для открытого океана высота эта может достигать до 16 м.

Однако не только одна высота волны определяет ее сокрушительное действие. Иногда волны, возникающие на водном пространстве с небольшой глубиной, бывают хотя невысокими, но очень крутыми, и сила их удара при этом может быть весьма значительной. Такие волны свойственны, в частности, сравнительно небольшому по размерам Азовскому морю.

Изучать возникновение и действие волн можно в натуральных условиях — на поверхности канала и водохранилища. Но это существенно ограничивает возможности исследований, так как их чаще всего бывает необходимо проводить для водного пространства, которое еще не существует, — оно в тот момент только в проекте. Поэтому специалисты по гидропроектированию обычно прибегают к изучению волнообразования на моделях гидротехнических сооружений, задавая им те параметры, по которым будет осуществляться проект.

При проектировании мощного Куйбышевского гидроузла в 1952 году возникла необходимость соорудить несколько моделей. Ученые подсчитали, однако, что экономичнее будет ограничиться одной моделью гидроузла, но большего размера. Такая модель была создана в окрестностях Еревана, где протекает Норский канал (2, с. 108). Масштаб гидромодели относительно природы составлял 1/200, и, несмотря на это, она

производила впечатление довольно крупного, совсем не модельного сооружения. Потребность в воде этой модели, например, столь велика, что вода из Норского канала подавалась для нее по трубопроводам длиной 800 м при диаметре около полуметра.

Место расположения модели Куйбышевского гидроузла выбрано вдали от Волги, на юге, тоже не случайно: это позволяет проводить эксперименты круглый год. А круглогодичная загрузка модели была необходима в период создания гидроузла и многочисленных входящих в него сооружений. Проектирование, постройка и отладка столь уникальной модели проведены Водноэнергетическим институтом Академии наук Армянской ССР под руководством профессора И. В. Егиазова.

Началась же работа по созданию модели Куйбышевского гидроузла с постройки совсем миниатюрной предварительной модели. На ней удалось оценить целесообразность относительного размещения важнейших деталей будущей модели гидроузла — аналогов земляной плотины, водосбросной плотины, здания гидроэлектростанции. Она же позволила предварительно определить направление и скорость водяных струй в области расположения гидроузла. Однако детальное изучение характера возникновения волн и зависимость их от работы шлюзов и от параметров канала требовало перехода на более крупный масштаб модели гидроузла и соответствен-

но большие ее размеры. Такая модель разместилась на бетонированной поверхности общей площадью в 4000 м² (3). Имелись здесь миниатюрные земляная и водосбросная плотины, русло Волги и важнейшие элементы Куйбышевского гидроузла.

Большой проблемой научной эксплуатации этой модели явилось проведение замеров параметров колебания водной поверхности. Оно осложнялось тем, что абсолютная величина самих волн в модели невелика. Мала по условиям моделирования и скорость течения воды в модели. Чем меньше эти величины, тем труднее, как известно, их замерять. Работникам Водноэнергетического института удалось отработать оригинальные методы таких замеров. Основой для этого является использование датчиков в виде светящихся поплавков, уносимых течением. Поплавков светится благодаря установленному на нем миниатюрному зеркальцу, которое отражает свет от направленного на него луча электролампы. Нацеленное же на световой зайчик оптическое устройство фиксирует на киноплёнке линейные перемещения этого зайчика, увеличивая их в 5 раз. Для контроля таких приборов, называемых кинографами, на модели Куйбышевского гидроузла применялись и электрические сверхчувствительные датчики перемещений, которые подавали свои показания на осциллограф — электрический прибор, предназначенный для исследований быстро протекающих

явлений. Его устройство позволяло осуществлять запись, увеличивая показания датчиков в 35 раз.

Для фиксации уровней воды при разных положениях шлюзов использовали в качестве датчика тот же поплавок, однако его перемещения фиксировали через систему рычагов посредством перьев, записывающих перемещение на бумажной ленте, движущейся с определенной скоростью.

При всех экспериментах, проводимых на модели гидроузла, большую роль играл фактор фиксации времени проведения любого эксперимента. Этим временем в период эксперимента управляли единые электрические часы, которые фиксировали отметку времени при проведении любой части эксперимента. Нередко сотрудникам лаборатории, работавшим на миниатюрном гидроузле, требовалось моделировать проход судов по отдельным участкам канала при разных условиях, в том числе при шлюзовании. В этом случае приходилось применять законы подобия, обычные для моделирования при движении на плаву и особенно внимательно следить за сложной системой датчиков.

Эксперименты на модели гидроузла проводились в различных условиях состояния водной поверхности. В частности, моделировались даже условия ледохода, при которых выявлялись как параметры состояния водной поверхности, так и возможные осложнения с прохождением судов по каналу. Модели-

ровалась также работа гидроузла в условиях весеннего паводка.

Значение модели Куйбышевского гидроузла, расположенного в солнечной Армении, трудно переоценить. Работа с ней потребовала от сотрудников института большого напряжения: около пятисот раз им приходилось менять режим течения модели реки Волги, потребовалось сделать свыше 1500 кинозаписей измерительной аппаратуры, фиксирующей важные параметры работы гидроузла. С полным основанием можно сказать, что сотрудники Водноэнергетического института Армении, создав и освоив в эксплуатации модель Куйбышевского гидроузла, принимали непосредственное участие в определении основных размеров этого гидроузла и в разработке условий судоходства по каналу.

Реки на столе дают возможность решать целый ряд сложных научных и инженерно-технических задач. Технология «изготовления» моделей рек, пожалуй, самая простая из технологий постройки огромного числа физических моделей, которые до сих пор создавали ученые. Тем не менее, эффект от этого моделирования получается весьма значительный. Оказывается, модель реки дает представление о развитии ее русла на протяжении тысячелетий. Причем на модели столь огромный отрезок времени может быть сжат до одного — двух месяцев.

Вся модель реки представляет собой длинный и широкий

лоток, на который насыпан просеянный через сито слой мелкого песка толщиной около полуметра (2, с. 119). Вдоль этой песчаной поверхности сверху по линейке проводят прямую ложбинку и пускают по ней струю обычной водопроводной воды.

Следует отметить, однако, что при всей простоте такого моделирования в его принципы должны быть заложены серьезные научные предпосылки выбора основных параметров модели по сравнению с натурой. В частности, главным, решающим принципом получения столь высокого уплотнения времени этого модельного эксперимента является исключительно большая величина геометрического уменьшения размеров реки для модели. Например, для Волги, длина которой составляет около 3500 км, при моделировании ее на столе, на котором размещен лоток длиной 10 м, масштаб геометрического уменьшения реки составляет 1:350 000. При очень медленном течении водопроводной воды вдоль намеченного русла реки на поверхности песка нашей настольной модели получается, что мы время протекания процесса сокращаем чуть ли не в миллион раз! Работает своего рода «машина времени», которая дает возможность заглянуть в тысячелетнюю историю развития русла реки (4).

Эта «машина» имеет и существенные недостатки. Главный среди них состоит в том, что мы не имеем представления об основных, определяющих параметрах исследуемой нами

в данный момент реки, которые были в начале ее развития. Тем не менее некоторые косвенные обстоятельства помогают в их определении. Так или иначе, фотографирование в лабораторных условиях русла «реки», протекающей из водопровода по песку в настольном лотке, дает исследователям достаточно ясное представление о том, как изменялось во времени, даже по тысячелетиям, направление ее течения.

Так экспериментаторы могут отвечать на некоторые вопросы ученых, занимающихся историей геологических процессов. Однако чаще возникают в инженерной практике вопросы, связанные и с конкретной действительностью нынешнего дня.

У гидротехников это бывает обычно связано с сооружением плотин и электростанций на реках. В этих случаях выбирают для моделирования наиболее важный участок реки, на котором предполагается размещать гидротехнические сооружения (рис. 67). Протяженность исследуемого участка обычно не превосходит нескольких десятков километров. На модели, воспроизводящей такой участок реки, представляется возможным с помощью ряда точных измерительных приборов и специальной аппаратуры для регулирования потока проводить исследования, определяющие важнейшие параметры и режимы работы проектируемых гидротехнических сооружений.

Бывает, что необходимо посредством моделирования участка

реки решать и проблемы безопасности речного транспорта. Например, на участке Дона близ Цимлянского водохранилища, где происходят резкие изменения направления течения реки, очень важно было изучить особенности судоходства, которое подвержено здесь опасным воздействиям речной

ментаторы упорно повторяли опыты, намечая разумное решение для обеспечения безопасности судоходства на этом участке Дона. Выход в конце концов был найден. На модели реки проложили заранее заготовленные перегородки — соорудили каналы, определяющие русло реки (2, с. 128).

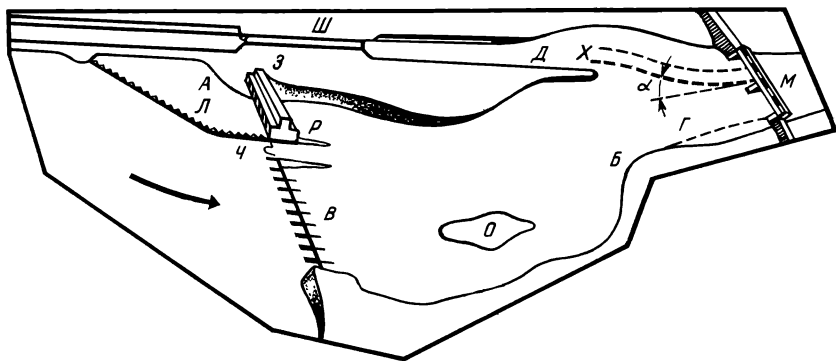


Рис. 67. Эскиз модели узла гидротехнических сооружений на реке. На модели определялись величины срезов острова (О) в части выступа берега (Б), дающие требуемые величины скоростей и углов судового хода α , З — здание гидроэлектростанции; В — водофлиная часть; Д — раздельная дамба, Ш — шлюз; М — существующий мост; Х — судовой ход

стихии. Чтобы решить такую задачу, прибегли к моделированию.

На большой, но размещенной на столе в закрытом помещении модели этого участка заструилась водопроводная вода вдоль песчаных островков, мысов и отмелей. По ней пустили выполненные в лаборатории по всем правилам моделирования миниатюрные суденышки. Многие из них, встречаясь с крутыми берегами «реки», терпели бедствия — их выбрасывало на песок. Экспери-

Теперь модели судов спокойно преодолевали этот опасный ранее участок.

Одним из показательных примеров речного моделирования является «малая Волга» у Мамаева кургана в Волгограде, где разместился исследуемый участок Волги, уменьшенный в 150 раз. Эта модель, несмотря на очень значительный масштаб уменьшения, заняла площадь более гектара. Здесь был воспроизведен весь Волгоградский гидротехнический узел с земляной и бетон-

ной плотинами, водохранилищами, электростанцией и шлюзом. На этой модели, в частности, удалось успешно решить проблему безопасности судоходства на Волго-Ахтубинском канале, который оказалось необходимо прорыть для соединения Ахтубы с Волгой при создании Волгоградской гидроэлектростанции. На «малой Волге» проектировавшийся тогда Волго-Ахтубинский канал представлял собой ручеек, который можно было запросто перешагнуть — его ширина составляла всего 800 мм. Однако течение воды в этом ручейке по законам моделирования в точности соответствовало течению воды во вновь спроектированном канале. На такой модели с помощью темно-синей краски, выпущенной на дно ручейка, удавалось определять поведение водной стихии в натурном Волго-Ахтубинском канале. В частности, выяснилось, что суда, следующие по каналу, будут прижиматься к его правому берегу.

Кропотливая работа ученых на модели «малой Волги» позволила выявить способ устранения этого явления, препятствующего судоходству. Оказалось необходимым прорыть новый вход в канал. На модели канала, как показало движение окрашенных струй, это мероприятие устранило гидродинамические возмущения, которые оказывали бы воздействия на проплывавшие корабли.

После того как Волго-Ахтубинский канал был открыт, явления, экспериментально обнаруженные на «малой Волге»,

подтвердились. Тогда со стороны Волги в Волго-Ахтубинском канале был прорыт рукав специально для кораблей. После этого судоходство в данном районе реки сделалось полностью безопасным. Так важное гидротехническое решение было подсказано экспериментом на модели речной системы.

Лабораторная модель оказывает существенную помощь при создании волноломов, необходимых для укрепления берегов приморских городов, а также портовых сооружений от разрушения при действии волн. Большой опыт в этой области накоплен Одесским институтом инженеров морского флота. Выбор масштаба уменьшения природы на модели в такого рода экспериментах основан на том, что период колебаний разрушающего фактора — морской волны — на модели уменьшается пропорционально квадратному корню из масштаба уменьшения геометрических размеров природы на модели.

Надо сказать, что сам процесс волнообразования протекает на модели чрезвычайно быстро. Ведь период колебания морской волны в натуре составляет всего несколько секунд, а с учетом упомянутого нами масштаба времени, действие волны на модель сооружения становится совсем кратковременным.

Учитывая это, при моделировании взаимодействия волновых явлений водной поверхности с береговыми сооружениями приходится применять ускоренную киносъемку с фиксацией координатной сетки, а затем уже

весь процесс расшифровывать, пользуясь кинокадрами.

Таким образом, на основе проведенных экспериментов в специальном лотке ученым удалось в лабораторных условиях отработать новую оригинальную разновидность конструкции подводного волномера. Эта конструкция основана на том, что с последствием действия волны должна бороться сама

бое внимание на модификацию конструкции подпричального откоса. На модели был сооружен фундамент для мощного подводного порога, являющегося, по существу, волноломом, а затем на ровном фундаменте установлен сам порог. Для того чтобы погасить энергию волны, запас которой еще довольно значителен, на участке за порогом было предусмотре-

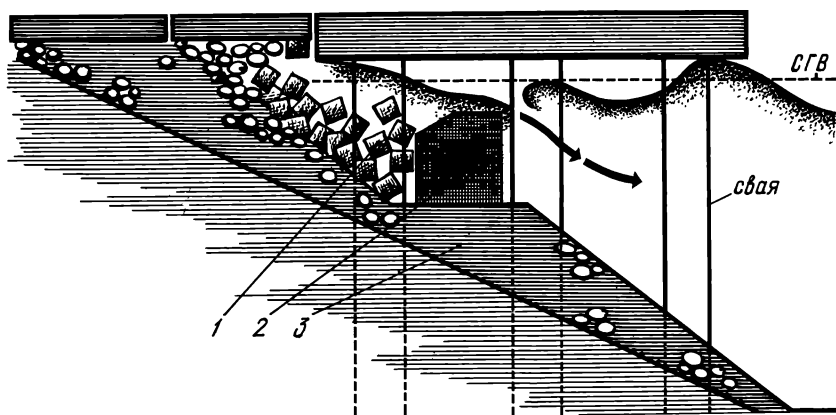


Рис. 68. Схема берегового подпричального откоса с активным принципом гашения волн:

1 — наброска бетонных блоков и камней; 2 — подводный порог (волнолом); 3 — каменный откос

волна, а элементы волнолома и окружающих его сооружений только помогают ей в этом.

Так как первоочередным для инженерной практики создания портовых сооружений является решение вопроса о целесообразной конструкции причала, на котором швартуются корабли, то было осуществлено моделирование именно такого участка берегового сооружения (5). При этом обращалось осо-

но специальное устройство, разбивавшее гребень волны на водяные струи. Устройство заключалось в том, что пространство за порогом заполнялось грудой моделей бетонных блоков и камней, о которые и разбивался гребень волны в запороговом участке. Вслед за этим образовывался мощный обратный слив воды из подпричального откоса, который встречал следующую волну и

существенно гасил ее энергию (рис. 68).

При эксперименте на лотке волны создавались специальным механическим устройством — волнопродуктором. Регулируя его, можно создавать как легкие волны, так и мощный «шторм». Упомянутый нами выше принцип гашения

энергии волн, отработанный на модели в лотке, вполне себя оправдал и в натуре. В гидротехнической практике в настоящее время часто и с большим успехом используется этот принцип не только при строительстве причалов, но также и для создания других береговых сооружений.

Рабочее задание

Модель кроме выполнения вспомогательных функций — исследований и проверки на ней работоспособности полного размера аппарата — может выполнять и настоящее рабочее задание.

Самая древняя модель летательного аппарата — воздушный змей помогла, например, великому Франклину в 1752 году обнаружить атмосферное электричество. Запустив змей в грозовое облако, ученый заметил искру, которая проскакивала от нити, удерживающей змей, к дверному ключу, который находился в другой руке (1).

В XIX веке воздушный змей неоднократно использовался для фотографирования земной поверхности. Многие сделали для развития аэрофотосъемки с воздушного змея у нас в стране С. С. Неждановский — ученик и соратник профессора Н. Е. Жуковского (2). В конце прошлого века, много работая над усовершенствованием кон-

струкции воздушного змея, он отлично наладил под Москвой фотографирование с парящего на большой высоте воздушного змея.

Полковник С. А. Ульянин, один из пионеров русской авиации и воздухоплавания, в 1898 году создал оригинальную и очень удачную конструкцию двойного симметричного воздушного змея и использовал его для фотографирования земных объектов с высоты. При этом он с успехом применил усовершенствованный им так называемый «почтальон» — устройство, доставляющее с помощью складного паруса фотоаппарат по лееру к змею и потом, после съемки, опускавшееся со сложенным парусом (2, с. 257). Использовался воздушный змей и для переброски тонкого троса с берега на корабль, терпящий бедствие, а также для рыбной ловли вдали от берега. Случалось, что во время военных маневров на нем поднимался в воздух че-

ловек до высоты 100 м для наблюдений или корректировки артиллерийской стрельбы (3).

Но все же настоящее практическое применение воздушного змея началось лишь после того, как австралиец Л. Харгрев 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 в России.

Известные русские ученые-метеорологи М. М. Поморцев и В. В. Кузнецов создали в начале XX века свои оригинальные конструкции воздушных змеев, которые использовались на наших метеостанциях до конца 30-х годов (рис. 69). Так с помощью древнейшей летающей модели была от-

Рис 69. Коробчатый воздушный змей конструкции В. Кузнецова

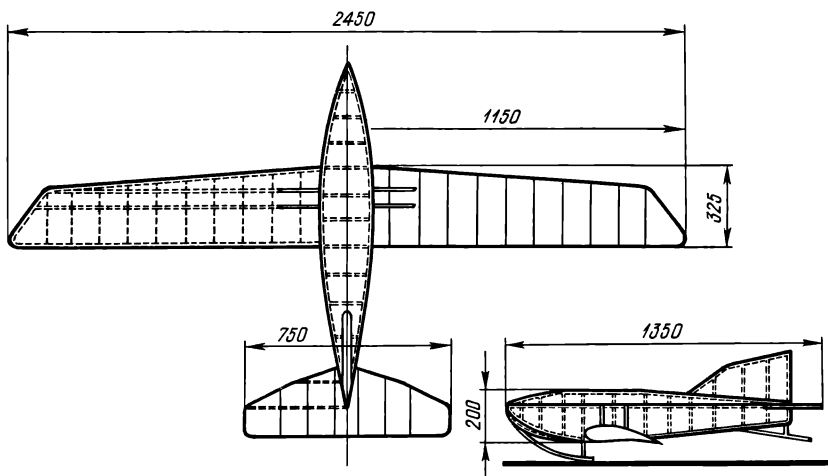


Рис. 70. Модель планера-мишени для зенитных стрельб

крыта новая страница в экспериментальной метеорологии — систематическое проведение точных замеров параметров атмосферы на различных высотах (4).

В начале 30-х годов на смену воздушным змеям пришли миниатюрные шары-зонды 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 приборов. Радиозонды, по существу, были не чем иным, как действующими моделями аэростатов, только упрощенной конструкции: без системы подвески gondoly и без балласта — непременной принадлежности полноразмерных воздушных шаров (5).

В начале 20-х годов летающая модель планера успешно

использовалась в качестве мишени на учебных полигонах зенитной стрельбы. Для выбора наилучшего образца такой мишени германское управление береговой зенитной артиллерии объявило в 1924 году конкурс на лучшую, дешевую и простую в изготовлении модель планера с размахом крыла около 2,5 м. На конкурс было представлено пять моделей. Наиболее удачной был признан планер авиамodelистов Б. Хорстенке и А. Соватского (рис. 70). Вскоре ее начали запускать самолетами с высоты 1 км (6).

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

Летающий метеоролог

Для многих отраслей хозяйства, например сельскохозяйственной и лесной авиации, необходимы данные метеорологических исследований в приземном слое атмосферы, то есть на высотах до 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 на небольшую высоту при любой погоде миниатюрные метеорологические приборы — самописцы.

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 авиамodelному спорту А. А. Эрлером. Она была

снабжена поршневым двигателем внутреннего сгорания КАФ-14 рабочим объемом $6,9 \text{ см}^3$, вращавшим толкающий воздушный винт. Радиоуправление осуществлялось с помощью электромагнитных рулевых машинок. Метеорограф размещался в носовой части фюзеляжа. Всесторонние летные испытания убедительно показали, что радиоуправляемая

ученые-метеорологи обратились к ним с предложением разработать более надежную модель самолета для метеорологических исследований. За это дело в 1968 году взялись моделисты Казанского авиационного института. А в 1974 году в полет отправилась первая метеорологическая авиамодель КАИ «Атмосфера-1». Работой по ее созданию руководил преподава-

Рис. 71. Радиоуправляемая модель «Атмосфера-2»



модель может с успехом применяться для метеорологических исследований (7).

Через 12 лет, когда авиамоделисты создали еще более совершенную систему радиоуправления моделями, так называемую пропорциональную,

Е. Русаковский, постройкой миниатюрных метеорологических приборов занимался сотрудник кафедры приборостроения А. Зуйков.

В 1977 году появилась модель «Атмосфера-2». Она имела мощный поршневой двига-

тель 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 (рис. 71) (8).

К жерлу вулкана

На нашей планете немало действующих вулканов. Наблюдение за ними — насущная необходимость. Прогнозирование их активной деятельности, изучение извержений обеспечивают безопасность людей в близлежащих населенных пунктах, выявляют 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 самолета. Она была собрана из стандартного набора, имеющегося в продаже. На ней был установлен двигатель с калильным зажиганием рабочим объемом 10 см³, 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. Тазиев. Им была задумана специальная 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 построена. Ее масса составила 30 кг. Телеметрическая аппаратура позволяет пилотирование модели вне зоны ее видимости. Стартует модель со специальной катапульты. Первые успешные опыты с нею проведены при изучении вулкана Этны — одного из немногих действующих вулканов Европы (рис. 72) (9).

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

На помощь «зеленому другу»

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

вредителями сельского хозяйства соответствует общим требованиям охраны окружающей среды — одной из важнейших проблем века, так как ядохимикаты, уничтожая вредителей, одновременно могут пагубно влиять и на полезные компоненты природы.

Но как быстро и без особых

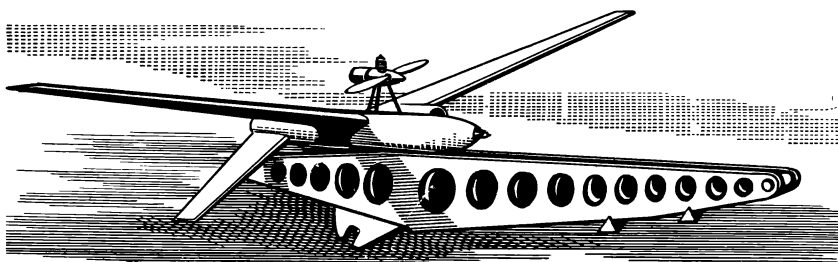


Рис. 72. Радиоуправляемая модель самолета для вулканологических исследований

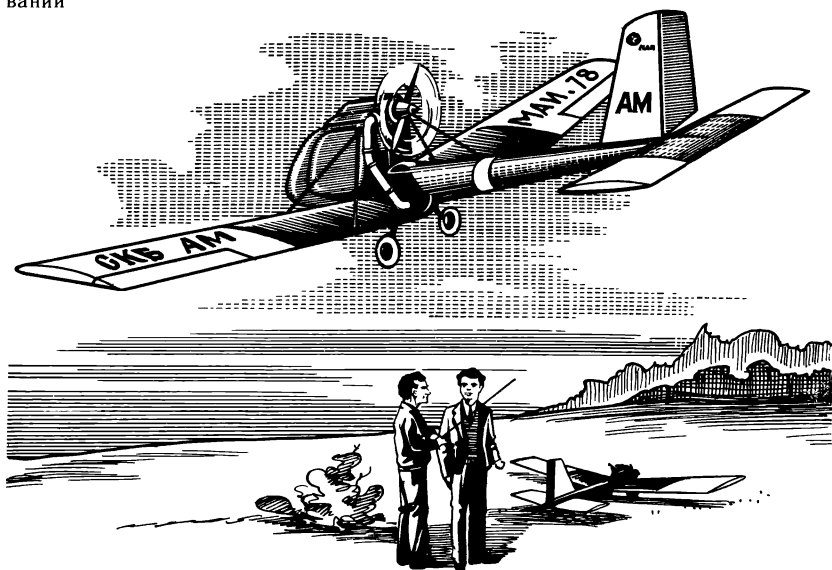


Рис. 73. Радиоуправляемая модель самолета для разбрасывания трихограмм

затрат труда расселить полезных насекомых в полях и 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 проектировала устройство для сбрасывания с борта моделей небольших шаров, наполненных насекомыми, уничтожающими вредителей сельского хозяйства.

Летом 1979 года над садами и полями Молдавии начали летать радиоуправляемые модели

самолетов, созданные совместными усилиями московских студентов и кишиневских ученых. Уже первый опыт применения новой сельскохозяйственной техники дал отличные результаты. Он показал, что авиамодель за 1 ч работы оператора может тщательно обработать поле кукурузы площадью 100 га.

Модель самолета, построенная студентами МАИ, массой около 6 кг, имеет крыло размахом 1500 мм и рабочий объем его поршневого двигателя 10 см³, мощностью около 1,47 кВт (2 л. с.) (рис. 73). Оператор запускает модель рукой. Радиокоманды поступают на элероны, руль высоты, руль направления, дроссель двигателя и на устройство сбрасывания капсул с трихограммами (10). Для разбрасывания этих капсул применялась и модель вертолета. Результаты ее запусков также наглядно подтвердили целесообразность использования летающих моделей при биологических методах борьбы с сельскохозяйственными вредителями.

Охрана аэродромов и... виноградников

Одна из сложных проблем обеспечения безаварийности современного воздушного транспорта — это устранение опасности столкновения птиц с самолетами. Такие столкновения могут повлечь за собой серьезные аварийные ситуации, способные подчас привести к катастрофе самолета. На это в современной аэродромной службе обращают особое внимание.

Однако ученые-орнитологи пока не могут найти простого, универсального способа, который гарантировал бы отсутствие птиц вблизи взлетных полос аэродромов.

В 1967 году в Оклендском аэропорту, в местечке Мангере в Новой Зеландии, авиамоделист А. Трумен совместно с орнитологом Е. Саулом использовал радиоуправляемую модель

самолета для того, чтобы при полете ее кругами разгонять шумом поршневого двигателя птиц, скапливающихся над аэродромом. Модель была раскрашена под ястреба, имела размах крыла 1750 мм и массу 3850 г. У нее имелся стандартный авиамodelьный двигатель и расширенный к концу хвост (11).

Однако эффект от применения модели в роли летающего пугала оказался весьма скромным: птицы быстро разобрались, что никакой потенциальной опасности для них этот крылатый источник шума не несет.

Но совсем недавно, в конце 1985 года, один швейцарский авиамodelист из г. Давоса нашел оригинальный способ решить все же эту проблему (12). Он построил радиоуправляемую модель самолета, придав

ей размеры, внешние очертания, а также окраску беркута — хищника, которого боятся как огня большинство пород птиц. Звук двигателя был устранен специальным глушителем и над взлетным полем кругами стал бесшумно летать «беркут» в то время, когда надо было очистить аэродром от непрошенных пернатых постояльцев. Результат не замедлил сказаться — птицы в панике мгновенно покидали летное поле.

Попутно предприимчивый авиамodelист из Давоса нашел своему изобретению и сельскохозяйственное применение: его радиоуправляемый «беркут» оказался хорошим сторожем над фруктовыми садами и особенно над виноградниками. Так модель нашла себе применение еще в двух важных отраслях хозяйства.

Модель-картограф

Раньше мы уже упоминали о том, что воздушный змей в начале нашего века использовался для съемки с воздуха. Сейчас, как известно, для этой цели уже более 60 лет применяется самолет и вроде бы нет необходимости прибегать к фотографированию с воздуха посредством летающих моделей. Оказывается, это не совсем так. Аэрофотосъемка с самолета обходится довольно дорого. Ее особенно неэкономично применять там, где с небольшой высоты надо провести фотосъемку территории, ограниченной по своей протяженности.

Такие случаи в практике аэрофотосъемочной работы встречаются довольно часто, особенно когда надо представить материал для составления карт местности, где намечена застройка или прокладывается ветка железнодорожного пути. И вот для выполнения мелкой аэрофотосъемочной работы приходится использовать, например, Ан-32, рабочий час которого стоит достаточно дорого.

Чехословацкие авиамodelисты получили заказ от Института картографии и геодезии Академии наук ЧССР на раз-

работку дешевых в производстве и эксплуатации радиоуправляемых авиамodelей, с которых можно было бы производить аэрофотосъемку. Одновременно предприятиям, разрабатывающим фотографическую аппаратуру, было дано задание на специальные фотоаппараты, предназначенные для аэрофотосъемки с летающих моделей. Главными, необычными особенностями таких фотокамер должны быть небольшая масса и малые размеры. И авиамodelисты отлично справились со своей задачей (13). Они разработали и освоили в эксплуатации радиоуправляемые модели с поршневыми двигателями по схеме дельтаплана, специально предназначенные для аэрофо-

тосъемки. В этих моделях использовался поршневой двигатель объемом 20 см³, дающий около 1,5 кВт (2 л. с.) мощности, что было достаточно для взлета при любых условиях, и хорошую маневренность при разворотах. Конструкторы фотоаппаратуры представили отличную камеру, масса которой не превышала 300 г. Многочисленные эксперименты по аэрофотосъемкам с этих летающих моделей и пробная эксплуатация разработанной чехословацкими специалистами системы локальной съемки местности убедительно доказали ее целесообразность. Так летающая модель нашла себе еще одну область эффективного использования.

Для военного дела

Историки утверждают, что использование такой разновидности летающих моделей, как воздушные змеи, для военных целей началось еще в первом тысячелетии нашей эры. В 907 году русский князь Олег, штурмующий Царьград (Константинополь), для устрашения осажденных 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 говорится в дневнорусской рукописи, хранящейся в Государственной библиотеке имени В. И. Ленина: «...И сотвориша кони и люди бумажные вооружены и позлащены и пущи на воздух на град. Видев же

грепы и убояшася и обяшася богу дань давати и выходы на все русские городы» (14).

В конце прошлого и начале нынешнего века поездка 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.

Во время второй мировой войны воздушные змеи иногда использовались как средство защиты от налетов вражеских бомбардировщиков. В таких случаях проволочные лееры, удерживающие воздушные змеи, играли роль воздушного

заграждения, не дававшего возможности бомбардировщикам противника осуществить прицельное бомбометание с пикирования. Известно, что такие «воздушные сети» были поставлены в начале второй мировой войны на подступах к некоторым городам Нидерландов для защиты их от немецких пикирующих бомбардировщиков. Воздушные змеи конструктора А. Фоккера, размахом по 6,5 м, предназначавшиеся для этих воздушных сетей, были коробчатыми с самолетным оперением (15).

В годы Великой Отечественной войны коробчатые воздушные змеи нередко использовались в наших войсках для сбрасывания 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 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 «Радиоплэн компании» (США). Модель представляла собой высокоплан обычной схемы с подкосным крылом размахом в 3,75 м, полетной массой 12 кг, с 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 опускалась на землю. Старт производился со специальной катапульты (16).

В 1969 году советские зенитчики получили радиоуправляемую модель самолета — мишень для проведения учебных зенитных стрельб и успешно ее эксплуатировали в частях (17). Радиоуправляемая модель самолета также использовалась в 1982 году в качестве мишени при учебных стрельбах и в армии ЧССР (18).

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 радиоуправляемых моделей составлял 7000 м, дальности — около 300 км. В 1965 году на национальных соревнованиях авиамоделистов США при помощи радиоуправляемой модели впервые была снята на киноленту панорама соревнования. Затем эта кинолента была показана по американскому телевидению. Стало ясно, что такой миниатюрный летательный аппарат годится не только для спортивных целей.

Вскоре появился новый класс летательных аппаратов — дистанционно пилотируемые ле-

тательные аппараты (ДПЛА). Наметилось их использование прежде всего в военных целях — в качестве разведчика прифронтовой зоны (19). Телевизионный передатчик такой модели позволяет оператору, находящемуся на командном пункте, наблюдать боевую обстановку в пределах возможного обзора, а фотоаппарат — снимать цели. Преимущество

рядом фирм США и одной фирмой Израиля.

Модель американской фирмы «Теледайн-Райан» представляет собой аппарат, выполненный по схеме «летающее крыло». Она имеет поршневой двигатель, толкающий винт, заключенный в трубу. Полетная масса модели — около 40 кг. Фирма «Нортроп» выпускает ДПЛА также типа «летающее крыло»

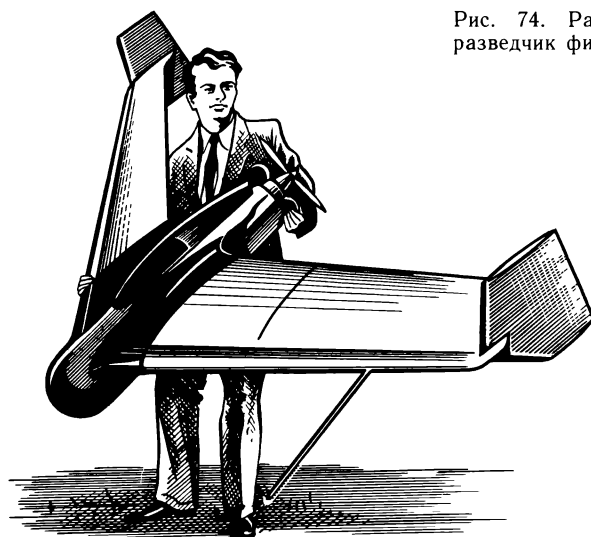


Рис. 74. Радиоуправляемая модель-разведчик фирмы «Нортроп»

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 (ДПЛА) — прифронтовые разведчики производятся небольшими сериями

(рис. 74). При полетной массе 21 кг и скорости 60 км/ч модель может летать 2 ч (20). 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

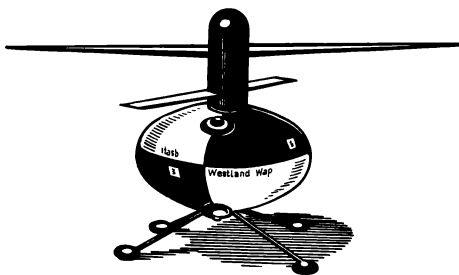
радиоуправляемую модель начала 50-х годов. Его полетная масса 70 кг, размах крыла 4300 мм, мощность поршневого двигателя 7,4 кВт (10 л. с.). Модель взлетает с обычного колесного шасси и развивает скорость до 150 км/ч (21).

Наряду с летающими моделями самолетов некоторые зарубежные авиационные фирмы намечают применение в качест-

топлива 2,3 кг. 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 от 15 до 105°) углом возвышения.

Интересна конструкция малоразмерного ДПЛА «Телекоп-

Рис. 75. Дистанционно пилотируемый летательный аппарат вертолетного типа «Уосп»



ве прифронтовых разведчиков также и летающих моделей вертолетов (рис. 75).

В 1976 году на авиационной выставке английская самолетостроительная фирма «Уэстлэнд» 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 (22). Диаметр фюзеляжа составлял 610 мм, диаметры воздушных винтов 1520 мм, взлетная масса аппарата 30 кг, максимальная скорость 100 км/ч, продолжительность полета — 10 ч при массе

тер» американской фирмы авиационного оборудования «Атлантик-Рисерч». Этот аппарат вертолетной схемы с одним несущим винтом диаметром 1630 мм и рулевым хвостовым винтом, имеет взлетную массу 13,5 кг, запас топлива на 1 ч полета и простейший автопилот, выполняющий 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 противопо-

жарного надзора, полицейской службы, обслуживания некоторых строительных работ на высотных сооружениях (23).

Модель в роли актера

В середине 20-х годов на открытой эстраде одного из московских цирков демонстрировался интересный аттракцион — радиоуправляемая модель корабля. Ее показывал в действии цирковой артист Г. Джеффриз, 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. Джеффриза 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 парусах» уходил за занавес.

Вслед за этим аттракционом Г. Джеффриз в 1928 году создал еще более эффектный — с радиоуправляемой моделью дирижабля. Этот летательный аппарат был выбран не случайно. Дирижабль в те годы имел особую популярность во всем мире. В 1926 году на дирижабле «Норвегия» совместная нор-

вежско-итало-американская экспедиция впервые в мире пересекла Арктику по направлению из Европы в Америку, побывав над Северным полюсом. Во время перелета из Италии на Шпицберген «Норвегия» имела промежуточную посадку под Ленинградом, близ города Гатчины у деревни Салюзи.

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. Джеффриз демонстрировал свою модель дирижабля в ленинградском кинотеатре «Капитолий» (сейчас — «Молодежный») во время дивертисмента, то есть короткого концерта, который в те годы давался перед демонстрацией «немых» кинофильмов. Модель совершала над головами восхищенных зрителей два полных круга, выполняла повороты, сбрасывала конфетти и в заключение плавно снижалась вблизи пульта управления.

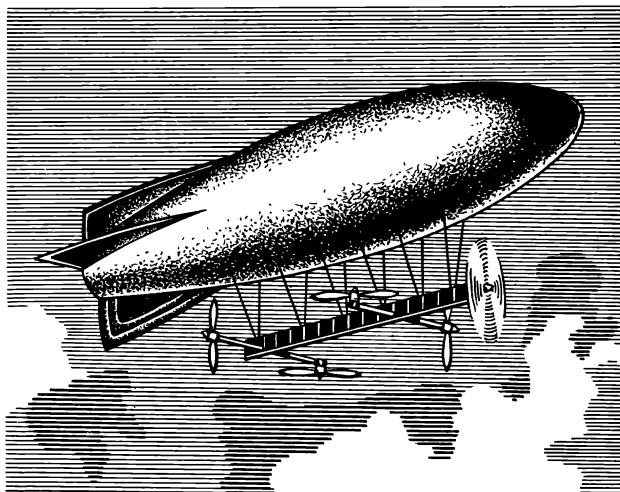
Баллон дирижабля имел каплеобразную форму длиной 3,5 м. Снизу была подвешена на нитях гондola с восемью электромоторами, работавшими от батареек карманного

фонаря. Электромоторы вращали воздушные винты, создававшие тягу в разных направлениях. Для выполнения той или иной команды посредством простейшего радиопередатчика включался в работу соответствующий электромотор, что и обеспечивало выполнение команды (24) (рис. 76).

В дальнейшем модели кораблей и самолетов стали исполь-

зовало значительных финансовых затрат. Примерами таких дорогостоящих фильмов могут служить американский фильм 1950 года «Остров сокровищ», советская кинокартина 1974 года (Одесской киностудии) «Воздухоплаватель», американский киновоев 1968 года «Воздушные приключения». Для съемок первой из названных кинокартин старая англий-

Рис. 76. Радиоуправляемая модель дирижабля Джеффриза (1928 г)



зоваться при съемках художественных фильмов. До этого, когда в фильме было необходимо показать машины прошлых времен, постановщикам приходилось идти на создание их макетов в натуральную величину. Такие действующие кораблемакеты могли по-настоящему плавать, а макеты-самолеты совершать кратковременные полеты под управлением опытных пилотов-дублеров.

Но все это, естественно, тре-

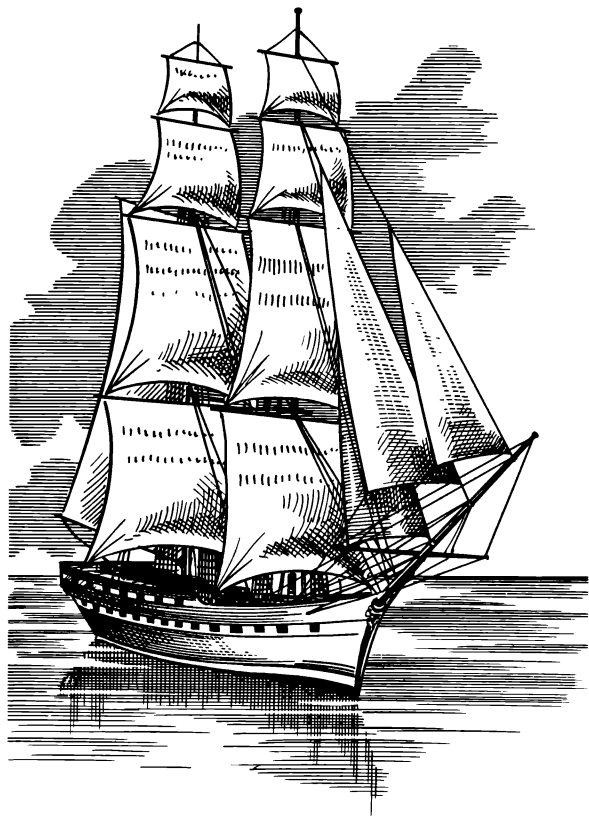
бывало полностью переоборудована под парусник XVII века (25), для второй ленинградские любители авиации соорудили полноразмерный самолет с двигателем 2,48 кВт (3,5 л. с.), во многих чертах схожий с самолетом «Фарман-IV», для третьей было построено и «облетано» семь самолетов периода 1909—1910 годов.

Сегодня в целях сокращения расходов на киносъемки,

когда надо запечатлеть морской или воздушный бой или, скажем, взлет-посадку самолета старого образца, используются самоходные модели кораблей или летающие модели самолетов. Модели парусных судов широко применялись при съемках фильмов «Корабли штурмуют бастионы» и «Адмирал Ушаков», вышедших на экран в 1953 году и рассказы-

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 рангоутом и такелажем, а также бортовой артиллерией, открывающей «огонь» средствами пиротехники. Парусами, ходом модели и «огнем»

Рис. 77. Модель парусного корабля Д. Сулержицкого



вающих о героических подвигах прославленного русского флотоводца Ф. Ф. Ушакова.

орудий управлял из ее корпуса оператор — сам Д. Л. Сулержицкий (рис. 77).

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 1950 году, принимали участие московские авиамоделисты. На кордовых летающих моделях-копиях самолетов 1912 года они показывали те фигуры высшего пилотажа, которые впервые выполнил знаменитый русский летчик Петр Николаевич Нестеров на своем «Ньюпор» в 1913 году. На экране модели выглядели настоящими самолетами тех далеких времен.

Для ленинфильмовской двухсерийной киноэпопеи «Балтийское небо» производства 1961 года, 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 авиамоделного кружка ленинградского Дворца пионеров мастер спорта СССР Анатолий Кузнецов. Модели имели размах крыла порядка 1,2 м и были снабжены двигателем рабочим объемом 10 см³.

Анатолий Кузнецов обеспечивал также съемку полетных эпизодов другого фильма, уже приключенческого жанра, — «Черная Чайка» выпуска 1962 года. Для этой кинокартины авиамоделистами 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 по 5 см³.

Фильм «Командир счастливой «Шуки», вышедший на экран в 1973 году, посвящен героическим подвигам советских подводников во время Великой Отечественной войны. Все его боевые эпизоды сняты с использованием самоходных моделей судов, которые создали московские судомоделисты, в частности мастер спорта СССР международного класса А. С. 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 двухмоторный бомбардировщик пе-

риода 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 работавшими двигателями, вращавшими воздушные винты. В полете же снимались их кордовые модели-копии.

Постройка и пилотирование модели авиетки АНТ-1 с двигателем объемом 5 см^3 , а также биплана «S-29» с размахом крыла 1400 мм и двумя двигателями «Радуга» рабочим объемом по 7 см^3 не представляли каких-либо трудностей. Но сооружение и регулировка модели многостоечного четырехмоторного биплана «Илья Муромец» требовали от ее строителей серьезных усилий. На модели были установлены только два работающих микродвигателя ЦСКАМ рабочим объемом по 10 см^3 , два других были макетными с воздушными винтами, вращавшимися, как ветряки.

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» рабочим объемом 7 см^3 . 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 спорта СССР международного класса Н. Петров, Ю. Сироткин, П. Мальцев. С поставленной перед ними задачей они справились блестяще.

На Мосфильме в 1980 году была снята кинолента «Особое задание» о легендарном самолете-штурмовике Ил-2. В ней увлекательно рассказано, как создавался этот удивительный самолет и какую большую роль сыграл он в разгроме гитлеровцев во время Великой Отечественной войны. В соответствии со сценарием в фильме должны были быть показаны цветные кадры, изображающие Ил-2 в полете. В архиве кинохроники, естественно, таких кадров не оказалось, и Мосфильм обратился за помощью к авиамodelистам.

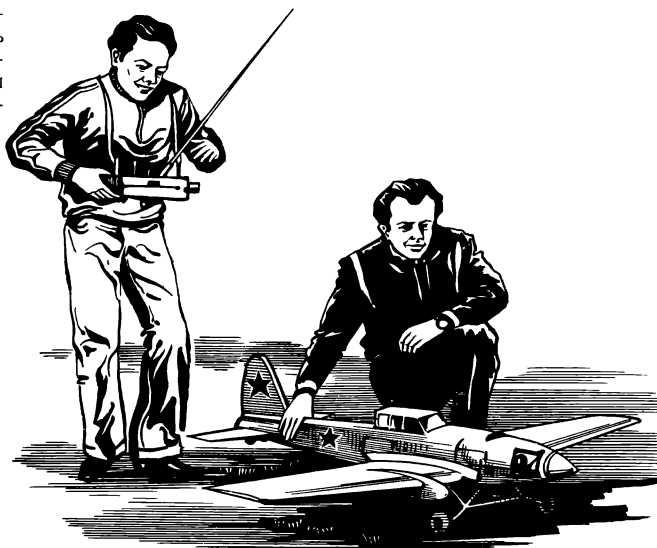
Группа московских авиамodelистов, специализирующихся по радиоуправляемым моделям самолетов и планеров, в составе мастеров спорта С. Сайкова, А. Кузнецова, А. Трифонова в течение короткого времени по заказу Мосфильма построила радиоуправляемую модель двухместного Ил-2 с размахом крыла 1800 мм, с двигателем объемом 10 см^3 и с убраннным шасси. Модель имела радиоуправление системы «Вариопроп» на руль высоты, элероны, руль направления и дроссель двигателя. Так как у модели отсутствовало шасси для взлета, она

стартовала с приставной тележки, сбрасываемой после взлета. Когда вы смотрите кадры, показывающие, как модифицированный инженерами и рабочими Ил-2 с двухместной кабиной совершает свой первый полет над заводом, где его построили, у вас даже и мысли не возникает, что на экране радиоуправляемая летающая мо-

себя внимание фильм «Парашютисты» (Мосфильм). По развитию сюжета здесь представлена драматическая ситуация, когда с вертолетом Ми-8, совершающим спасательные операции при лесном пожаре, происходит авария.

Перед режиссером фильма возникла необходимость заснять вертолетную аварию с

Рис. 78 Радиоуправляемая модель Ил-2 для киносъемки кинокартины «Особо важное задание»



дель, искусно пилотируемая мастером спорта СССР С. Сайковым.

После выполнения программы полета, предусмотренной сценарием, модель плавно приземлилась на убранные шасси и была готова для осуществления дальнейших демонстраций (рис. 78).

Среди приключенческих кинофильмов, выпущенных на экран в 1984 году, обращал на

пожаром. «Не дай бог такому случиться», — сказали режиссеру на вертолетном заводе, куда он обратился за помощью и наотрез отказались как-то, хотя бы частично, мистифицировать для киносъемки такое из ряда вон выходящее событие. Однако при этом они указали адрес мастера спорта СССР В. Е. Макеева, который, по их мнению, «по вертолетной части в миниатюре все может сделать».

Макееву с его помощниками потребовалось шесть месяцев, чтобы выполнить летающую радиоуправляемую модель вертолета — точную копию Ми-8, и освоить в совершенстве ее пилотирование. Дальнейшее происходило в соответствии со сценарием. Полет Ми-8 над горящим лесом, пожар вертолета и падение его в лесную чащу получились блестяще, если такое слово можно применить к воспроизведению трагического события.

Практика вертолетного моделизма и практика создания кинолент во всем мире не знает такого второго случая использования радиоуправляемой модели вертолета в качестве «каскадера». После запланированной аварии автор восстановил модель и неоднократно демонстрировал ее в полете, заставляя выполнять сложные фигуры (26).

Зарубежные кинематографисты также с большим успехом используют модели. Например,

при съемках в 1978 году югославской кинокартины «Партизанская эскадра» роль самолетов периода второй мировой войны выполняли довольно солидные радиоуправляемые модели-копии с мощными поршневыми двигателями. Модели, которые копировали самолеты с убирающимся в полете шасси, из-за большой массы нельзя было запускать из рук, и они стартовали со специальной катапульты при помощи резиновых шнуров (27).

Модели стали находить себе применение и при создании документальных фильмов. В 1971 году в качестве носителя кинокамеры при съемках научно-популярного фильма о жизни птиц в болотах Африки кинематографистами ФРГ была использована модель гидросамолета с размахом крыла 3 м и полетной массой 7 кг, снабженная двигателем рабочим объемом 10 см³. Управлялась она по радио с резиновой надувной лодки (28).

Модель — символ истории

Иногда действующая модель может служить зримым напоминанием о каком-либо знаменательном факте или событии. Например, в мае 1979 года исполнилось 60 лет с того момента, когда из революционной Венгрии на двухместном самолете «Бранденбург С-1» член ЦК Компартии Венгрии Тибор Самуэли осуществил перелет Будапешт—Киев. Далее он поездом прибыл в Москву для встречи с В. И. Лениным.

Этот день, 25 мая, венгерские авиамоделисты решили отметить торжественным запуском в полет радиоуправляемой модели-копии самолета, на котором был совершен знаменательный перелет. Авиамоделисты Й. Пинтер и М. Иштван построили и испытали лучшую модель-копию этого самолета и наглядно продемонстрировали собравшимся зрителям полетные особенности исторического «Бранденбург С-1» со специаль-

но установленным на нем двигателем «Бенц» в 200 кВт (270 л. с.). Праздник в честь знаменательного события был организован совместно Венгерским Народным оборонным союзом (MHSZ) и ДОСААФ СССР. Он проходил как в Будапеште, так и в Киеве (29).

Таким образом, ныне является бесспорным, что летающие модели самолетов, вертолетов,

дирижаблей, самоходные модели надводных и подводных 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.

Модели вертолетов — модели экспериментальные

В каждой области спортивного авиа-, судо- и автомоделлизма разработано большое число разновидностей самодвижущихся моделей — кордовые, радиоуправляемые, свободного полета, модели планеров, а также действующих моделей-копий.

Существуют также классы экспериментальных моделей, которые не являются моделями-копиями и действуют по какому-либо новому принципу. Строительство моделей некоторых классов особенно приветствуется в ряде национальных модельных клубов. Это относится, например, к классу радиоуправляемых моделей вертолетов, где даже Международной аэронавтической федерацией (FAI) фиксируются мировые рекорды, ежегодно проводятся международные соревнования. Развитие других классов экспериментальных моделей поощряется национальными клубами СССР, Польши, Швей-

царии, ФРГ. Это касается моделей самолетов и планеров типа «летающее крыло», таймерных моделей вертолетов, моделей судов с новыми системами корпусов, моделей судов и автомобилей с двигателями новых типов и систем. Именно на таких экспериментальных моделях мы и хотим остановиться подробнее.

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

Естественно, что первые спортивные модели вертолетов были резиномоторные. Выполнялись они по соосной схеме, повторяя в разных вариантах модель вертолета Б. Лонуа и Ж. Бьенвеню. Особенно популярен был вариант соосной схемы, предложенный и опробованный, как мы уже знаем, А. Пено в 1870 году. Особенность этой схемы состояла в том, что резиномо-

тор вращал верхний пропеллер, а контрпропеллер наглухо соединялся с вращающимся в противоположную сторону фюзеляжем.

Резиномоторные модели вертолетов, выполненные по соосной схеме, имели минимальную массу, высокий и продолжительный (до нескольких минут) полет. Но со временем интерес к ним у спортсменов был

испытан в 1984 году свою одновинтовую резиномоторную модель-копию вертолета «Белл-Хью-Кобра» (рис. 81) с хвостовым винтом, миниатюрным автоматом стабилизации Янга и шестеренчатым редуктором от мотора к винтам (1).

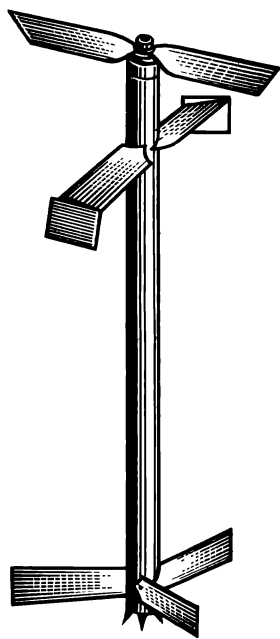
Нашим юным авиамоделистам, видимо, было бы полезно продолжить эксперименты по созданию резиномоторных мо-

Рис. 79. Модель вертолета П. Мотекайтеса с резиномотором

потерян. Причиной послужило их слишком отдаленное сходство с настоящими вертолетами. В последнее время спортивные соревнования по классу резиномоторных моделей вертолетов не проводятся, а фиксируются лишь мировые и национальные рекорды.

Большинство из мировых рекордов принадлежат советским спортсменам. В частности, рекорд скорости — мастеру спорта СССР П. Мотекайтесу (рис. 79), 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-е годы английские (рис. 80), а в 60-е — польские, японские и китайские спортсмены.

Известный французский авиамоделист Э. Филлон успешно



делей, похожих по своим конструктивным формам на современные полноразмерные вертолеты.

Довольно долго не удавалось создать и хорошей модели вертолета с поршневым двигателем. Первый мировой рекорд для таких моделей был установлен только в 1954 году

советским спортсменом М. Тищенко. Продолжительность полета составила 2 мин 49 с.

Достоинством модели М. Тищенко была предельная простота конструкции, но этим же определялся и ее недостаток: ее устройство не обеспечивало перехода несущего винта на авторотацию, то есть самовращение, которое необходимо для плавного спуска.

несущего винта. Поршневой двигатель, приводивший во вращение пропеллер, находился на штанге, которая являлась продолжением лопасти. Характерной особенностью модели было полное отсутствие фюзеляжа.

Первое существенное достоинство модели состояло в том, что ее несущий винт после прекращения работы двигателя переходил на авторотацию, и

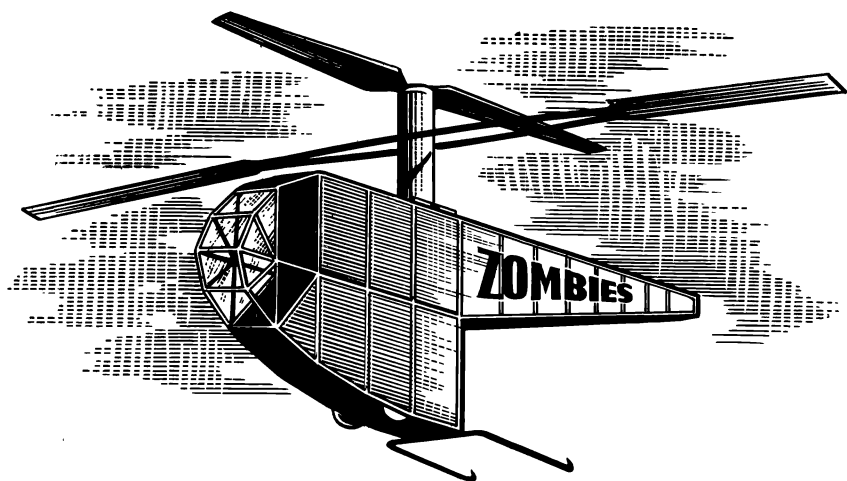


Рис. 80. Резиномоторная модель вертолета соосной схемы английских моделистов

Этот недостаток отсутствовал у модели вертолета, созданной в 1953 году авиамоделистом из США Ч. Мак-Кутченом (2). 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

модель начинала плавно снижаться, вращаясь в горизонтальной плоскости, второе — в том, что не требовалось уравновешивать 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

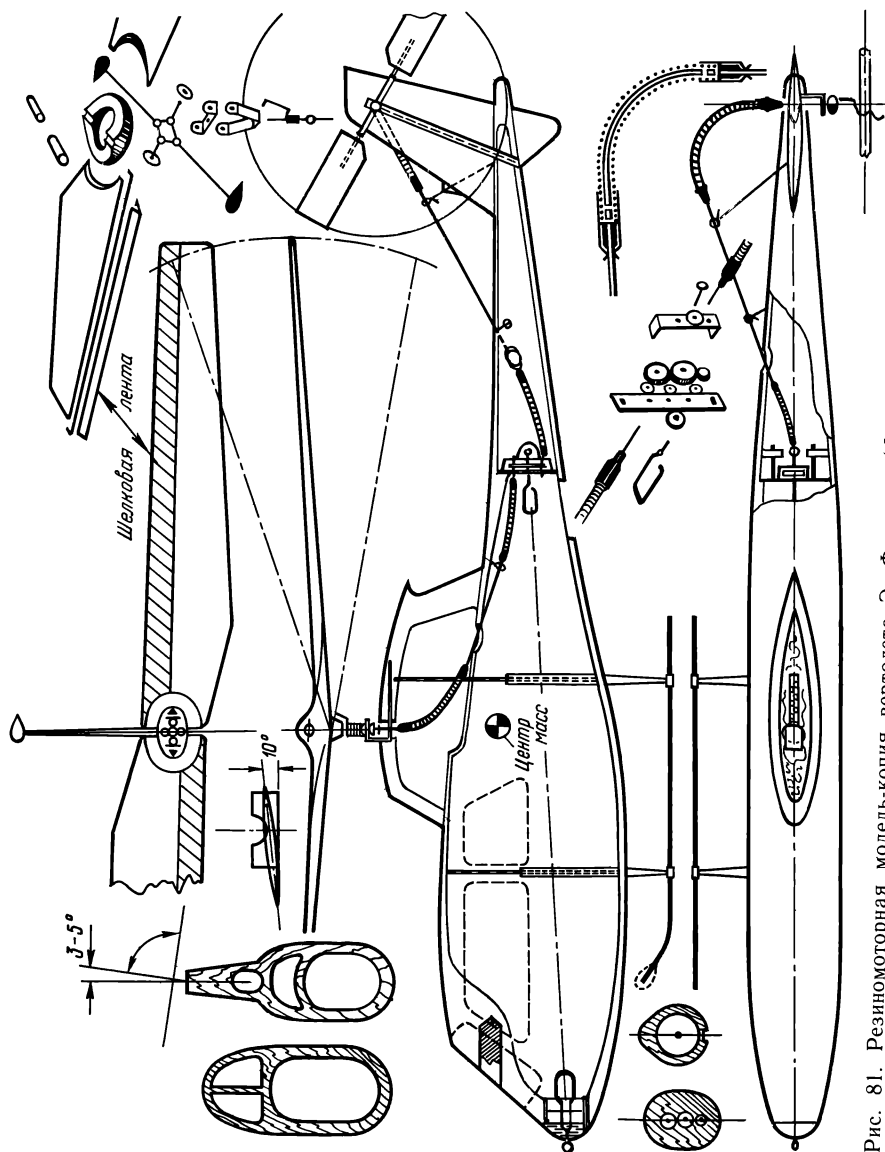


Рис. 81. Резиномоторная модель-копия вертолета Э. Филлона (Франция)

в Англии, Венгрии, Польше, Румынии, Франции и у нас в 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

сухого винта не вращающийся в полете фюзеляж, снабдив его даже колесным шасси. Подобные модели были созданы в 60-х годах ленинградцем С. Ворбьевым, кронштадтцем Б. Борисовым, харьковчанином В. Найдовским, взрослыми москвичами С. Казанковым и А. Давыдовым, а также школьниками В. Трофимовым и В. Буданцевым, рядом казан-

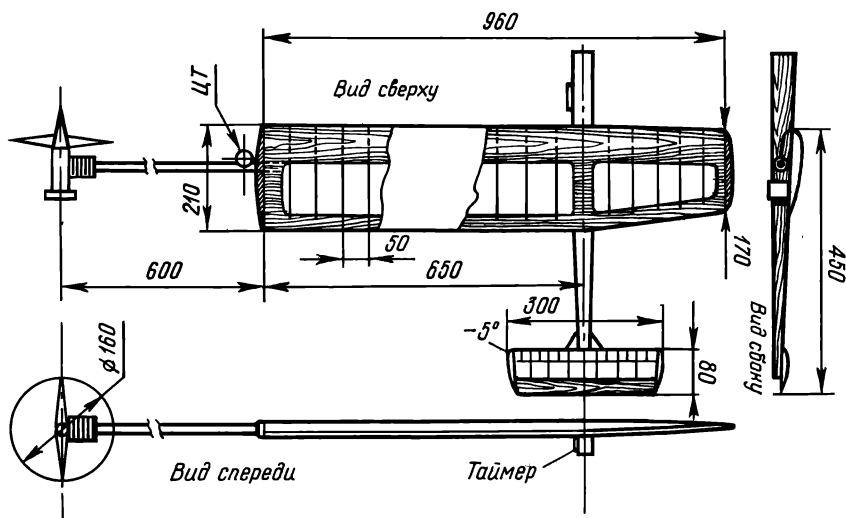


Рис. 82. Однолопастная модель вертолета с аэродинамическим приводом (Казань)

Ч. Мак-Кутчена в двухлопастную, 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 не-

ских авиамоделистов (рис. 82).

Советские моделлисты не только успешно выступали с ними на соревнованиях, но и устанавливали мировые рекорды (3).

Следует отметить, что в практике вертолетостроения известен всего один образец реально испытывавшегося полноразмерного вертолета с аэродинами-

ческим приводом. Им был одноступенчатый австрийский аппарат конструкции Наглера, построенный в 1943 году (4). Однако подобные машины распространения не получили.

Все летающие модели вертолетов с аэродинамическим приводом существенно отличаются по характеру полета от современных полноразмерных аппаратов (рис. 83). Этот существенный

работу несущий винт выполняет после остановки двигателя, когда, авторотируясь, обеспечивает плавный спуск модели.

Впервые аппарат с поршневым двигателем, выполненный по такой схеме («Уодес-1»), был представлен П. Мотекайтесом из г. Шяуляй Литовской ССР на Всесоюзных соревнованиях авиамodelистов в 1949 году (рис. 84). После того как у

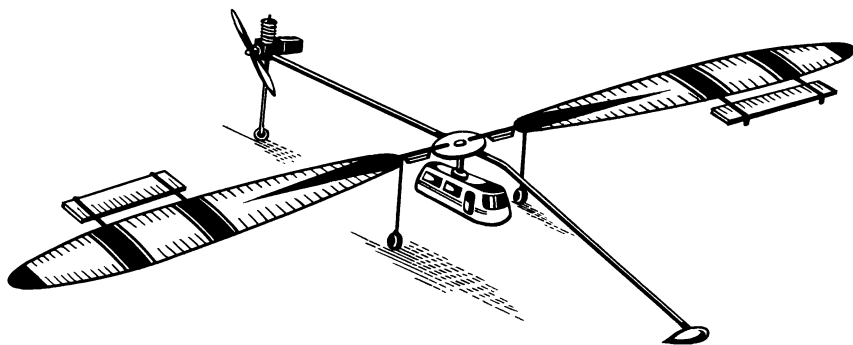


Рис. 83. Таймерная модель вертолета москвича А. Давыдова (1964 г.)

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 с картером двигателя, так как диаметр первого меньше диаметра второго. Подъемная сила, создаваемая несущим винтом, сравнительно невелика. Главную

подобных моделей под несущим винтом появился объемный невращающийся фюзеляж, они стали похожи на современные полноразмерные вертолеты с одним несущим и хвостовыми винтами. В августе 1956 года на модели, выполненной по такой схеме, спортсмен из ФРГ Майбаум применил устройство самобалансировки лопастей в полете при переходе на авторотацию. На этой модели им были установлены сразу три мировых рекорда по классу моделей вертолета с поршневым двигателем: продолжительности (11 мин 18 с), расстояния (1750 м) и высоты (600 м).

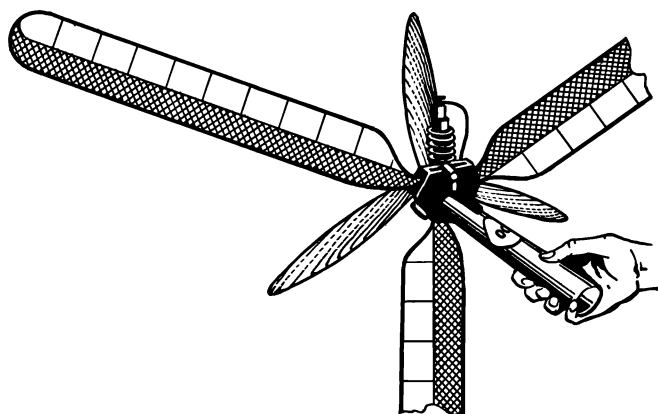


Рис. 84. Модель вертолета с поршневым двигателем П. Мотейкайтеса «Уодес-1» (1949 г.)

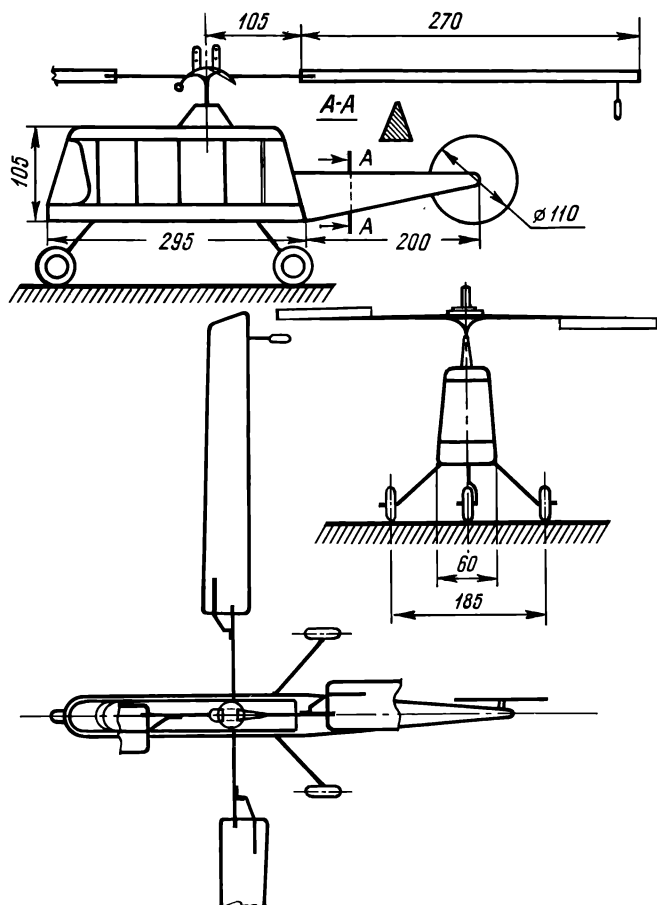


Рис. 85. Модель вертолета с поршневым двигателем А. Щербакова (1958 г.)

После фиксации этих рекордов модель потеряли из виду (5).

Вслед за этим использованный Майбаумом способ самобалансировки лопастей стали широко применять во многих странах. 13 марта 1958 года на модели вертолета с двигателем объемом $1,5 \text{ см}^3$, выполненной по соосной схеме и имеющей устройство самобалансировки лопастей, совет-

нер из ФРГ создал модель с несущим винтом, имевшим три самобалансирующиеся лопасти (рис. 86). Она отлично летала. В 1965 году аналогичный микровертолет построил его соотечественник Б. Хорстенко. Модель этого спортсмена на соревнованиях показала столь стабильные результаты, что ею заинтересовались спортсмены не только ФРГ, но и

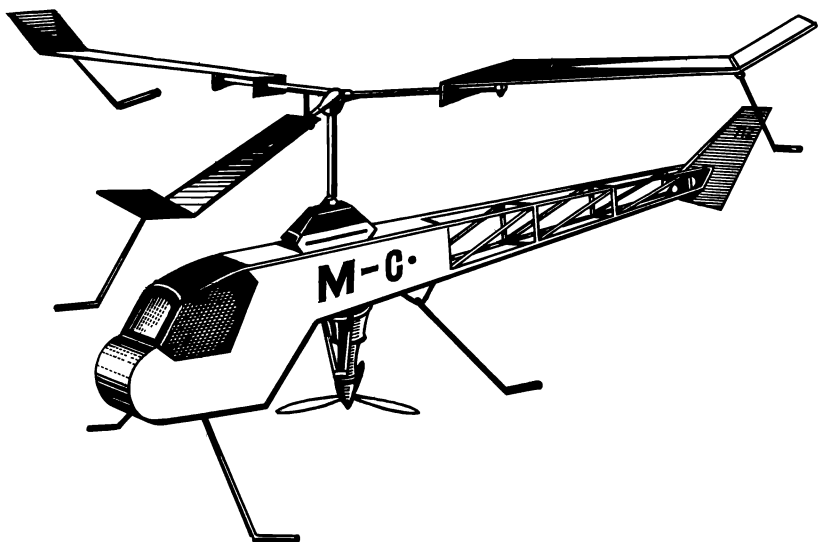


Рис. 86. Модель вертолета с поршневым двигателем Ф. Вюллнера (ФРГ)

ский спортсмен А. Щербаков установил всесоюзный рекорд высоты полета — 510 м (6) (рис. 85).

В дальнейшем, начиная с модели Щербакова, усовершенствование соосной модели вертолета с поршневым двигателем пошло по линии увеличения количества лопастей несущего винта. В 1962 году Ф. Вюлл-

Франции, Бельгии, Италии, Швейцарии. В течение ряда лет проходили соревнования моделей вертолетов с участием в основном авиамodelистов только этих стран. Участники соревнований должны были так запускать свои модели, чтобы продолжительность полета точно укладывалась в то время, которое заранее загадывал

участник. В случае несоответствия насчитывались штрафные очки.

В нашей стране соревнования по таймерным моделям вертолетов проводятся с 1961 года по правилам, аналогичным тем, которые существуют для обычных таймерных моделей самолетов. Модели вертолетов соревнуются в наибольшей продолжительности полета при ограниченном времени работы двигателя. Сначала это были личные первенства московских спортсменов, затем — матчевые встречи Москвы и Ленинграда. С 1964 по 1986 год проведено тринадцать матчевых встреч на личное первенство модельистов Москвы, Ленинграда, Таллинна, Казани, Харькова и других городов.

На соревнования в первые годы допускались модели любых схем, но позднее, когда их результативность сравнилась, 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, затем — в пять. Продолжительность работы двигателя вначале составляла 60 с, с 1971 года — 30 с, а с 1983 года — до 20 с. К участию допускаются в настоящее время модели, имеющие под несущим винтом невращающийся фюзеляж, ограниченный по своим габаритным размерам. Максимально допустимая площадь несущего винта — 300 дм². Строго ограничивается полетная масса модели. Она определяется умно-

жением рабочего объема двигателя в см³ на 300 г. Наибольший допустимый объем двигателя — 2,5 см³.

Своими достижениями советские спортсмены, выступающие с таймерными моделями вертолетов, выполненными по соосной схеме, во многом обязаны ленинградцу мастеру спорта СССР, кандидату технических наук В. Слепкову, создавшему еще в 1961 году удачную модель такого типа. Благодаря ему, а также другим модельистам, взявшим на вооружение его конструктивную схему, от соревнований к соревнованиям росла средняя продолжительность полета модели в одном туре (рис. 87). Можно с большой уверенностью утверждать, что возможности конструктивной схемы В. Слепкина далеко не исчерпаны, что модели, построенные по ней, еще улучшат достигнутые результаты.

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

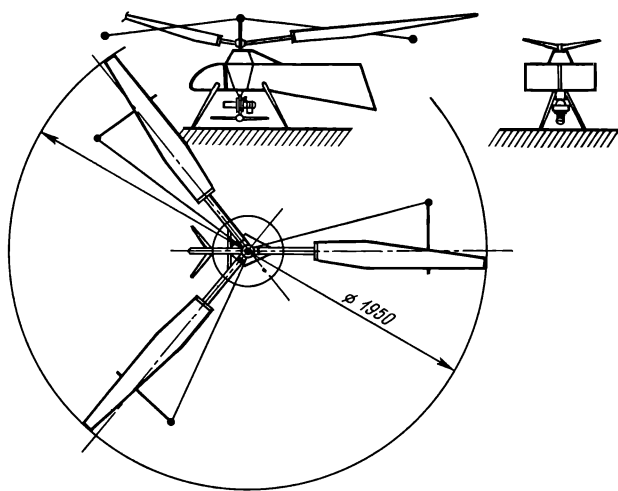
Первой в мире радиоуправляемой моделью вертолета, осуществившей демонстрационный полет по программе, заранее объявленной спортсменом, явилась модель с аэродинамическим приводом мастера спорта СССР С. Воробьева, показанная на Всесоюзных соревнованиях авиамоделлистов в 1961 году. Однокомандное радиоуправление было направлено на то, чтобы смещать центр масс модели вбок, вследствие чего создавался момент подъемной силы несущего винта относи-

тельно общего центра масс и происходил разворот модели. Для перемещения центра масс применялось несложное устройство. На левом борту фюзеляжа размещался электромотор от радиоуправления модели (РУМ-2) с небольшим воздушным винтом на оси, укреплявшимся на рычаге шарнирно. При выключении электромотора между рычагом и плоскостью

левый разворот. При вращении электромотора в обратную сторону модель совершала правый разворот (рис. 88). К сожалению, управлять моделью удавалось лишь при скорости ветра не более 5 м/с (7).

В 1962 году мастер спорта СССР из Кронштадта Б. Борисов построил трехкомандную радиоуправляемую модель вертолета с аэродинамическим при-

Рис. 87. Таймерная модель вертолета ленинградца А. Слепкова



фюзеляжа образовывался угол порядка 20° , а центр масс 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 массы модели влево и вызывало ее

водом. Несущий винт этой модели приводился в действие двумя пропеллерами, вращавшимися двумя поршневыми двигателями. Под несущим винтом располагался объемистый фюзеляж, вмещавший систему радиоуправления и снабженный шасси. Для управления моделью на несущем винте был применен автомат перекоса.

В 1969 году американец Б. Буркхэм установил первый официально зарегистрированный рекорд США по продол-

жительности полета радиоуправляемой модели вертолета. Он составлял всего 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

4750 г, оказалась явно перегруженной. Из-за этого она поднималась на высоту не более 0,75 м.

В начале 1968 года Д. Шлюттер завершил изготовление радиоуправляемой модели с рулевым хвостовым винтом «Хьюз-269А». Полетная масса модели составляла 4875 г. Для улучшения устойчивости в полете законцовки трехлопастно-

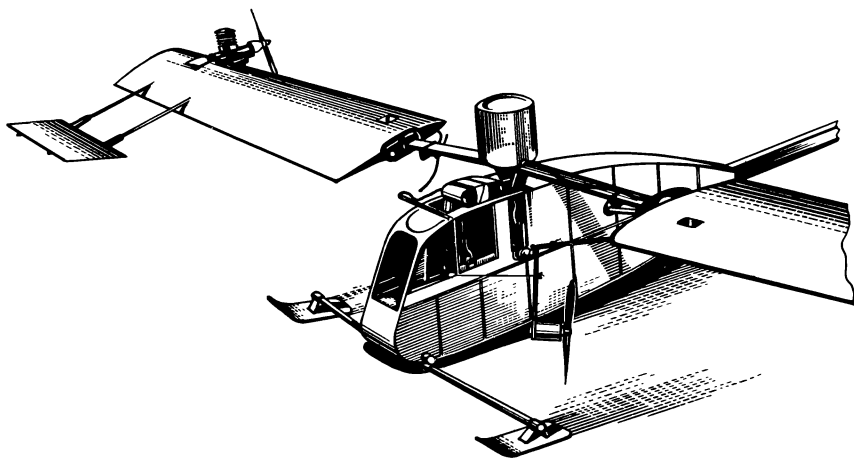


Рис 88. Первая в мире успешно летавшая радиоуправляемая модель вертолета ленинградца С. Воробьева (1961 г.)

упорного труда. Первую модель он испытывал еще в 1967 году. Модель в основном повторяла схему известного вертолета «Фокке-Ахгелис-61», созданную еще в 1939 году. Это была модель с двумя двухлопастными несущими винтами диаметром 1 м и самолетным оперением на фюзеляже. Радиоуправление обеспечивало возможность изменения шага обоих несущих винтов одинаково или дифференциально. Модель, полетная масса которой составляла

го несущего винта диаметром 1,4 м были утяжелены. Радиоуправление осуществлялось на автомат перекоса, 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 авиамоделист испытывал еще одну радиоуправляемую модель-копию (вертолет «Сикорский S-58»). Ее

полетная масса составляла 4077 г, диаметр четырехлопастного несущего винта равнялся 1,2 м. Радиуправление было аналогичным предыдущему. С этой моделью в середине сентября 1968 года ее автор выступил на первых международных соревнованиях по радиуправляемым моделям вертолетов, проводившихся в ФРГ. Микровертолет выполнил два

Соревнования, несмотря на низкие результаты, способствовали дальнейшему развитию вертолетного моделизма. Именно благодаря им Д. Шлюттер учел опыт Ф. Бистерфельда и использовал на четвертой своей модели автомат стабилизации системы Белла, упростив его до предела (рис. 89).

Его новая модель представляла собой полую копию вертоле-

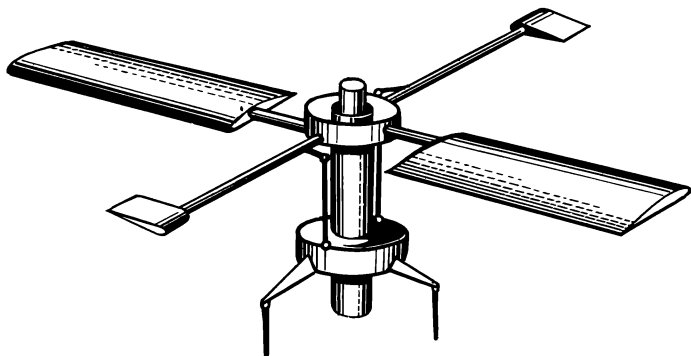


Рис. 89. Автомат устойчивости на модели вертолета Д. Шлюттера

зачетных полета. Первый из них имел продолжительность 3 с при высоте полета 1,8 м, второй — 4 с при высоте 2 м. И хотя этот полет также закончился аварией с крупной поломкой, Д. Шлюттер на этих соревнованиях (в них состязались 13 спортсменов) занял первое место. Второе место завоевал Ф. Бистерфельд со своей моделью — копией вертолета «Белл ОН-Д-1», имевшей автомат стабилизации Белла. Модель эта устойчиво держалась в воздухе, но наибольшая высота ее полета не превышала... 1 см (8).

та Белла «АН-16 Хью-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» рабочим объемом 10 см³ развивал мощность около 0,74 кВт (1 л. с.). Радиокomандами осуществлялось продольное управление, управление креном, дросселем двигателя, общим шагом хвостового и рулевого винтов (рис. 90).

20 июня 1970 года модель Д. Шлюттера публично продемонстрировала свои замеча-

тельные летные качества, установила сразу два мировых рекорда: продолжительность полета — 27 мин 51 с и дальность по замкнутой кривой — 11,5 км.

В нашей стране первые успешные запуски радиоуправляемой модели вертолета на соревнованиях с фиксацией спортивных достижений осуществил московский авиамоделист

ранее объявленных эволюций в полете, за что ему был присужден приз памяти М. Л. Мила (рис. 91).

Весной 1979 года В. Макеев установил первый всесоюзный рекорд по радиоуправляемым моделям вертолетов: продолжительность полета равнялась 6 мин 20 с (рис. 91). Летом того же года мастера спорта В. Макеев и И. Цыбизов ус-

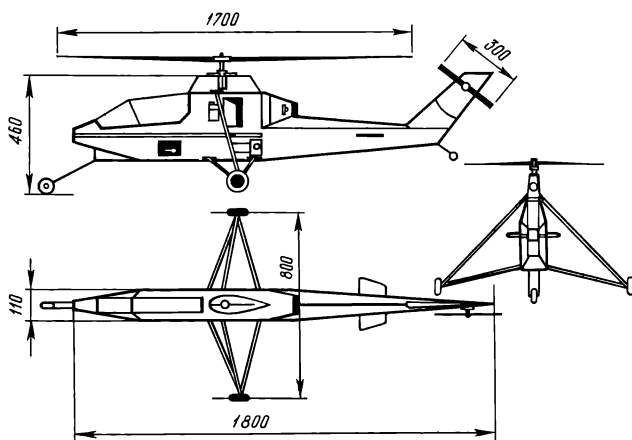


Рис. 90. Радиоуправляемая модель вертолета Д. Шлютера (1968 г.)

В. Саломыков на матчевой встрече авиамоделистов-экспериментаторов в г. Ижевске в 1978 году. После этого ежегодно на соревнованиях «Эксперимент» встречаются советские авиамоделисты, соревнующиеся по разным экспериментальным моделям, в том числе и по радиоуправляемым моделям вертолетов. В частности, на соревнованиях «Эксперимент-85» в Тушине выступали четыре участника в этом интересном классе авиамоделей. Первое место завоевал мастер спорта СССР В. Макеев, продемонстрировавший шесть за-

тановили 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 моделью по радио производилось из следовавшего за ней автомобиля.

В 1980 году В. Макеев устанавливает мировой рекорд высоты полета по радиоуправляемым моделям вертолетов — 1120 м. Через два года, 9 апреля 1982 года, им уже установлен мировой рекорд скорости полета для этого же класса моделей — 82,9 км/ч. В

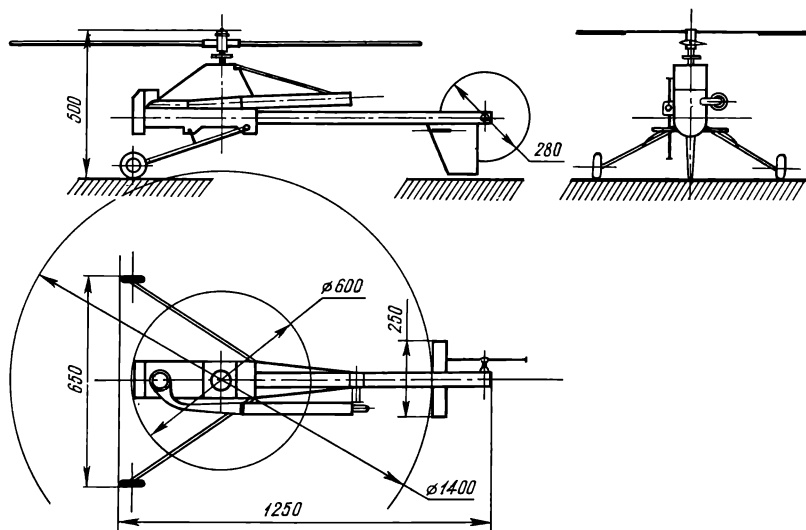
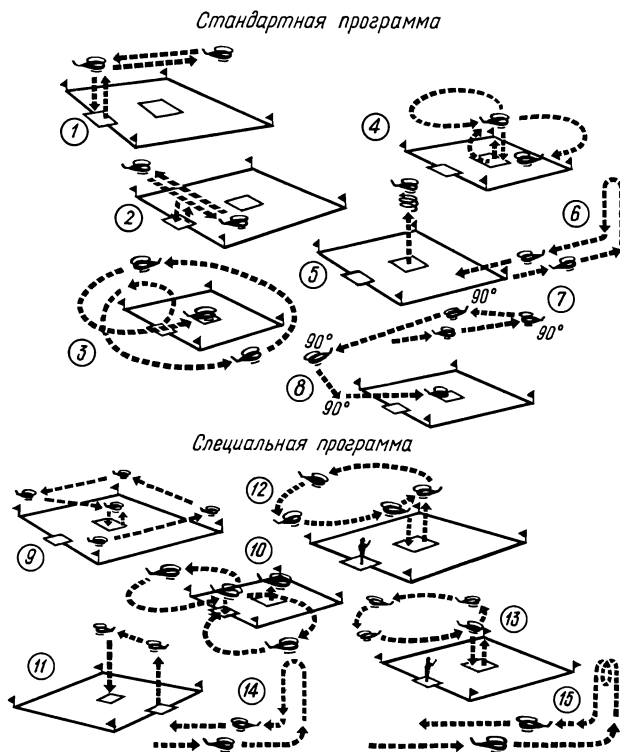


Рис. 91. Радиоуправляемая модель вертолета В. Макеева (1985 г.)

Рис. 92. Схема выполнения зачетных упражнений радиоуправляемых моделей вертолетов, утвержденных ФАИ



тот же день И. Цыбизов ставит мировой рекорд скорости по замкнутому маршруту — 63,7 км/ч.

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 вертолетов зачетных упражнений для соревнований (рис. 92). 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 Супэ.

Летом 1985 года проходили очередные международные соревнования по радиоуправляемым моделям вертолетов в Канаде. В них приняли участие 37 человек из 17 стран. Первое место занял спортсмен из Японии С. Тоя. Он набрал наибольшее число очков — 4691 за

блестяще выполненную программу упражнений. В этих соревнованиях приняло участие 7 команд по три человека в каждой. Командное первенство выиграли японцы (9).

Авиамodelисты всего мира добиваются все новых успехов в создании радиоуправляемых моделей вертолетов. 17 июня 1974 года Д. Циглер из ФРГ осуществил перелет модели через пролив Ла-Манш. Модель представляла собой копию вертолета «Белл-212», выполненную по схеме Д. Шлютера и собранную из набора, выпускаемого западногерманской фирмой «Граупнер». Перелет длился 67 мин. При этом двигатель модели рабочим объемом 10 см³ израсходовал 1,5 л горючего.

Результаты, достигнутые в последние годы в классе радиоуправляемых моделей вертолетов, убедительно показали их перспективность, а также большие возможности для творческого усовершенствования модельстов.

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 SR71» — обладатель мирового рекорда скорости на дистанции 15 км (3331 км/ч) и французский одноместный истребитель «Мираж-2000», рассчитанный на скорость порядка 2500 км/ч.

Не только в большой, но и в малой авиации растет интерес к «летающему крылу».

Первые спортивные модели такого типа создали советские авиамоделисты. В 1925 году киевский спортсмен И. Бабьюк построил простейшую модель планера, повторяющую геометрические и аэродинамические особенности планера Б. И. Черановского «Парабола БИЧ-2».

спортсменов до 16 лет рекорд для моделей планеров типа «летающее крыло» поставил В. Голубев из Ленинграда: дальность полета — 596 м, продолжительность — 2 мин 5 с. На этих же соревнованиях в старшей возрастной группе показал рекордный результат для моделей планеров типа «летающее крыло» Н. Петров из Ленинграда: дальность полета

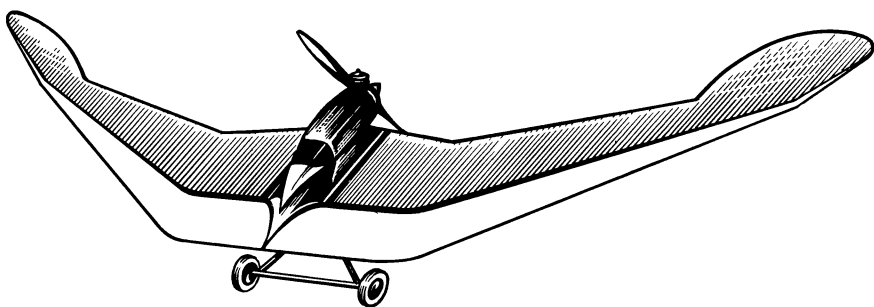


Рис. 93. Модель «летающее крыло» (1938 г.) инструктора-моделиста Центрального аэроклуба СССР М. Зюрина

Модель И. Бабьюка прекрасно летала, и аналогичные модели начали создавать многие любители авиамоделизма.

В первой половине 30-х годов наши спортсмены не раз устанавливали всесоюзные рекорды для моделей и планеров типа «летающее крыло». Так, в 1933 году на IV Всесоюзном слете юных авиамоделистов среди участников до 16 лет рекорд для резиномоторных моделей установил Н. Трунченков из Западной Сибири. Его результат: дальность полета — 315 м, продолжительность — 1 мин 40 с. В следующем году на V Всесоюзном слете среди

5510 м, продолжительность — 2 мин 55 с.

В те же годы по схеме «летающее крыло» строили и модели самолетов с поршневым двигателем. Первые спортивные модели такого типа появились у нас в 1938 году (рис. 93).

Начиная примерно с 1939 года модели самолетов и планеров типа «летающее крыло» стали строить во всем мире, и Федерация авиационного спорта (ФАИ) начала фиксировать по ним мировые рекорды.

С 1946 по 1949 год во Франции, в городе Лионе, регулярно проводились международные соревнования свободнолетаю-

щих моделей планеров и моделей самолетов типа «летающее крыло» с поршневыми двигателями. Кроме французских авиамodelистов в них участвовали спортсмены Англии, ФРГ, Швейцарии и Нидерландов. На первых соревнованиях наибольшую продолжительность полета (3 мин 34 с) показала модель планера со стреловидным крылом швейцарца Х. Рустенхольца. На последних соревнованиях значительного успеха добился нидерландец М. Отто — его модель планера со стреловидным крылом летала в течение 8 мин 45 с.

На этих же соревнованиях французский modelист 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 рабочим объемом 0,9 см³, при времени работы двигателя 16 с показала суммарное время полета — 4 мин 42 с.

Несмотря на интерес, который проявляли спортсмены многих стран к модели самолетов и планеров типа «летающее крыло», в 1955 году авиамodelьная комиссия ФАИ приняла решение не регистрировать больше мировые рекорды по классу этих моделей, ссылаясь на то, что они не имеют 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 комбинированные, частично с обратной стреловидностью.

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 6 мин 16 с (97 + 69 + 110 + 46 + 54 с). Второе место — 6 мин 12 с, третье — 4 мин 28 с.

Первый результат для моделей планеров оказался у Хинтермана из Швейцарии. Суммарное время полета его модели равнялась 11 мин 51 с

(180 + 180 + 111 + 67 + 173 с). Второе место — 9 мин 15 с, третье — 9 мин 13 с.

С 1961 года международных соревнований по моделям самолетов и планеров типа «летающее крыло» не было. Однако в отдельных странах они организуются довольно регулярно. Причем 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 резинодвигателя — 50 г, продолжительность работы двигателя таймерной модели — 15 с. Соревнования 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 авиамоделистов Великобритании регулярно разыгрывается Кубок леди Шелли. 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, резинодвигательные модели. В частности, в 1968 году модель К. Аттивелля со стреловидным крылом и толкающим винтом показала суммарную продолжительность полета 8 мин 39 с, модель А. Брокле-херста со стреловидным крылом и тянущим винтом — 6 мин.

Спортсмены ФРГ начиная с 1977 года проводят весьма интересные соревнования по радиоуправляемым моделям планеров типа «летающее крыло». Они устраиваются в окрестностях города Кальтенкирхен в дюнах при ветре, дующем на склоны. Модели, имеющие нагрузку на крыло от 22 до 35 г/дм² 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 среднее арифметическое одиннадцати замеров. Каждый участник соревнования имеет право выполнить три зачетных полета.

На эти соревнования были представлены модели самых разнообразных конструктивных форм: с прямым крылом, с крылом обычной и 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^2 и раздельное радиоуправление на элероны и рулевые закрылки, располо-

шого удлинения, толкающий винт и двухкилевое оперение. В носовой части фюзеляжа размещался передний киль с рулем направления, который отклоняется с помощью системы радиоуправления (в те годы были распространены одноканальные системы). Аппарат А. Бюкеля стал призером и на международных соревнованиях в 1960 году в Бельгии.

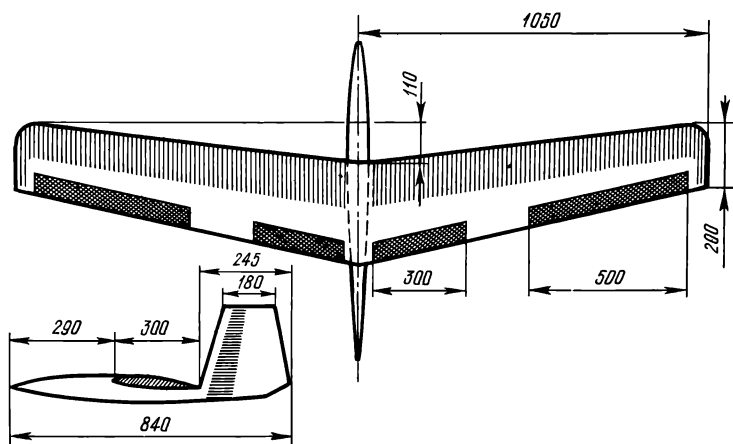


Рис. 94 Победительница западногерманских соревнований по радиоуправляемым моделям планеров типа «летающее крыло» (1978 г.)

женные в центроплане и выполнявшие функции руля высоты (рис. 94). Модель показала скорость $54,36 \text{ км/ч}$ при высоте $28,5 \text{ м}$ (10).

Первыми зарубежными соревнованиями по радиоуправляемым моделям, где модель самолета типа «летающее крыло» заняла первое место, были швейцарские соревнования 1955 года. Модель победителя А. Бюкеля имела стреловидное крыло сравнительно неболь-

В Швейцарии ежегодно проводятся как внутрикантонные (внутриобластные), так и национальные соревнования авиамodelистов по моделям планеров типа «летающее крыло». На этих соревнованиях одновременно с моделями планеров обычной схемы — чемпионатного класса А-2 участникам разрешается соревноваться и с моделями планеров «особой конструкции». Хотя по условиям соревнований в этот класс

допускаются модели любой необычной схемы, в том числе выполненные по схемам «утка» и «летающее крыло», в соревнованиях принимают участие практически только «летающие крылья». Так как в Швейцарии подобного рода соревнования проводятся уже много лет подряд, оказалось возможным провести сравнение лучших достижений моделей планеров типа «летающее крыло» с лучшими достижениями моделей планеров обычной схемы класса А-2. В результате выяснилось, что летные достижения «летающих крыльев» в среднем составляют около 65% от достижений планеров обычной схемы.

В нашей стране до середины 50-х годов Всесоюзные соревнования авиамоделлистов были направлены на установление международных рекордов, которые для «летающих крыльев», как уже упоминалось, регистрировались ФАИ до 1955 года. После 1955 года соревнования по моделям самолетов и планеров типа «летающее крыло» не проводились. Четырьмя годами раньше, летом 1951 года харьковский школьник Б. Муращенко установил на своей модели планера типа «летающее крыло» мировые рекорды: продолжительность — 1 ч 16 мин 32 с, дальность — 32,56 км.

Регулярные соревнования авиамоделлистов по моделям типа «летающее крыло» были возобновлены лишь в 1967 году благодаря исключительно большому интересу к ним со стороны спортсменов города

Серпухова Московской области. В 1967 и 1968 годах здесь состоялись соревнования по этим моделям на приз газеты «Комсомольская правда». Туров было пять. Для таймерных моделей время работы двигателя ограничивалось 60 с при объеме двигателя 2,5 см³. На соревнованиях неплохие результаты показала таймерная модель ученика седьмого класса В. Шербы: суммарное время полета составило 5 мин 20 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 также добился школьник А. Батанин из поселка Протва Калужской области, выступивший с моделью планера. Ее суммарная продолжительность полета составила 5 мин 27 с (156 + 31 + 40 + 52 + 48 с). Модель отличалась прямой центральной частью крыла, занимающей половину его размаха. Ее консоли имели угол стреловидности 30°, закрылки, размещенные по их концам, были сильно отогнуты вверх, вертикальное оперение укреплялось на хвостовой части фюзеляжа со значительным плечом. После 1968 года у нас в стране соревнования по моделям самолетов и планеров типа «летающее крыло» проводятся регулярно, обычно один раз в году, и носят характер матчевых встреч ряда городов. На таких соревнованиях

1969 года первое место по классу таймерных моделей занял Ю. Сипигин из Казани. Его модель имела крыло необычной формы — с обратной стреловидностью крыльев. Суммарная продолжительность ее полета составляла 6 мин 22 с ($51 + 60 + 60 + 131 + 80$ с).

Так как модели совершенствовались и их результаты росли, в 1971 году время работы

за пять туров 13 мин 12 с ($153 + 172 + 150 + 172 + 145$ с).

В последние годы на соревнованиях «Эксперимент» разыгрываются призы памяти академика А. Н. Туполева за лучшие полеты моделей типа «летающее крыло» — таймерных, резиномоторных и планеров. Больших успехов в классе таймерных моделей добился О. Вишницкий из Москвы с

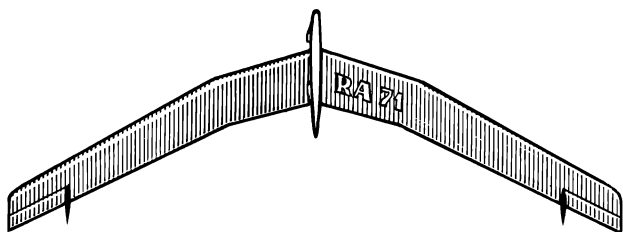


Рис. 95. Модель планера типа «летающее крыло» эстонского спортсмена А. Роотса

двигателя таймерных моделей самолетов типа «летающее крыло» было уменьшено с 60 до 30 с, а с 1983 года до 20 с.

Больших спортивных успехов в матчевых встречах 1972 и 1976 годов достигли авиамodelисты Эстонской ССР (рис. 95). В частности, таймерная модель самолета типа «летающее крыло» эстонского мастера спорта А. Сильда, имевшая крыло с обычной прямой стреловидностью и толкающий винт, показала в 1972 году суммарную продолжительность

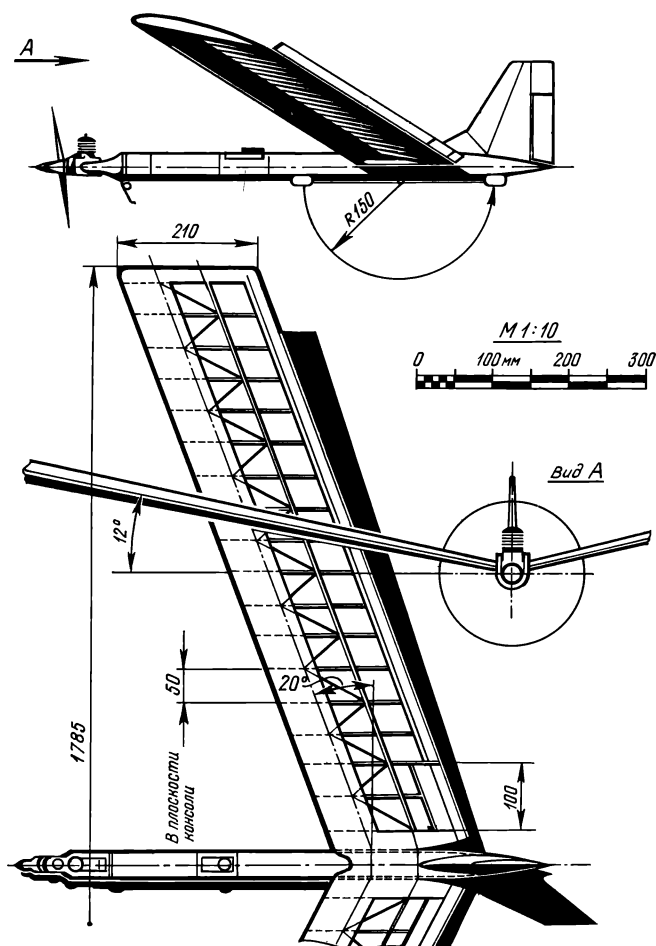
оригинальной моделью (рис. 96), имеющей крыло с обратной стреловидностью, показавшей, например, в 1984 году результат 10 мин 27 с ($140 + 64 + 180 + 63 + 180$ с). Отличную модель «летающего крыла» с резиномотором построил мастер спорта из Таллинна И. Харьё. Его модель (рис. 97) с крылом прямой стреловидности и тянущим винтом при каждом запуске демонстрировала устойчивый полет и хорошие результаты. В частности, в 1984 году на со-

ревнованиях «Эксперимент-84» ее суммарное время составило 11 мин 7 с ($109 + 159 + 39 + 180 + 180$ с). Все упомянутые выше спортсмены завоевали призы памяти академика А. Н. Туполева.

Начиная с 1984 года в ежегодных соревнованиях — матчевых встречах «Эксперимент» регулярно принимают участие спортсмены с радиоуправляе-

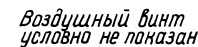
мыми моделями планеров типа «летающее крыло». Спортивная задача, которая ставится по такому классу моделей на этих соревнованиях, — добиться наиболее продолжительного радиоуправляемого полета модели в пределах 3 мин с посадкой в заданное место, не вдалеке от старта. При старте применяется леер длиной 200 м. Наилучшие достижения по это-

Рис. 96 Таймерная модель типа «летающее крыло» москвича О. Вишницкого (1985 г.)



элероны, выполняющие одновременно функции и руля высоты (устройство кинематики, обеспечивающее такое управление от трех рулевых машин, видно на рисунке).

Таким образом, экспериментальные модели типа «летающее крыло», являющиеся весьма разнообразными по своим аэродинамическим компонентам, могут быть участниками



Ось воздушного
винта развернута
вправо на 2°

Угол
атаки - 5°

Угол атаки - 10°

Килевая шайба

190

напряженных спортивных баталлий, так как их летные достижения находятся ненамного ниже уровня достижений моделей обычной схемы. При проектировании и строительстве таких экспериментальных моде-

лей юные авиамodelисты расширяют кругозор своих авиационных знаний и тем самым у них развивается живой интерес к специальности, которую они, возможно, изберут в будущем.

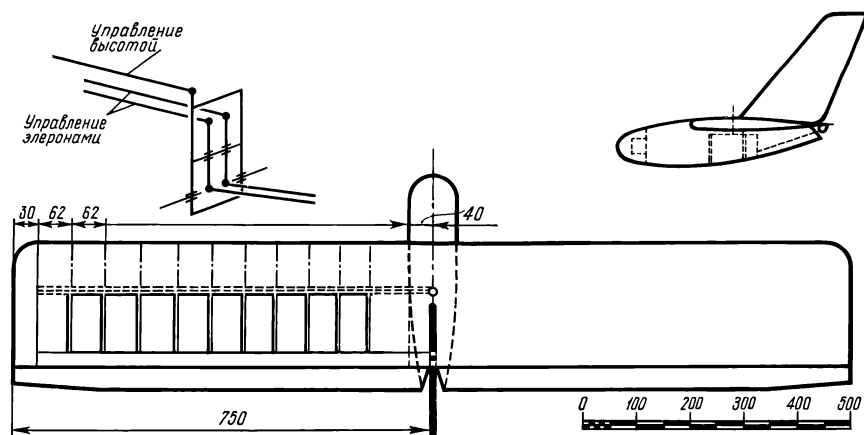


Рис. 98. Радиоуправляемая модель планера «летающее крыло» чехословацкого спортсмена Я. Хейера

Экспериментальный малый флот

В судомоделизме одним из классов экспериментальных моделей является класс так называемых поисковых моделей яхт. Единственное ограничение для моделей яхт такого типа относится к площади паруса — она должна быть не более 1000 см^2 .

Этот класс, обозначаемый индексом ДХ, пользуется широкой популярностью во всем мире. У нас в стране первенство по нему ежегодно разыгрывается на городских, республиканских, зональных и всесоюз-

ных соревнованиях. Соревнования заключаются в проведении гонок на заданную дистанцию.

Работа судомodelистов в классе моделей ДХ по разработке целесообразных конструктивных решений моделей яхт и созданию принципиально новых схем имеет прямую практическую пользу, так как их достижения в дальнейшем могут быть использованы в большом флоте. Ведь в настоящее время в ряде стран самым серьезным образом рассматривается вопрос о возрождении

Рис. 99. Модель
яхты «Ятаган» —
призер соревнова-
ний 1970-х годов

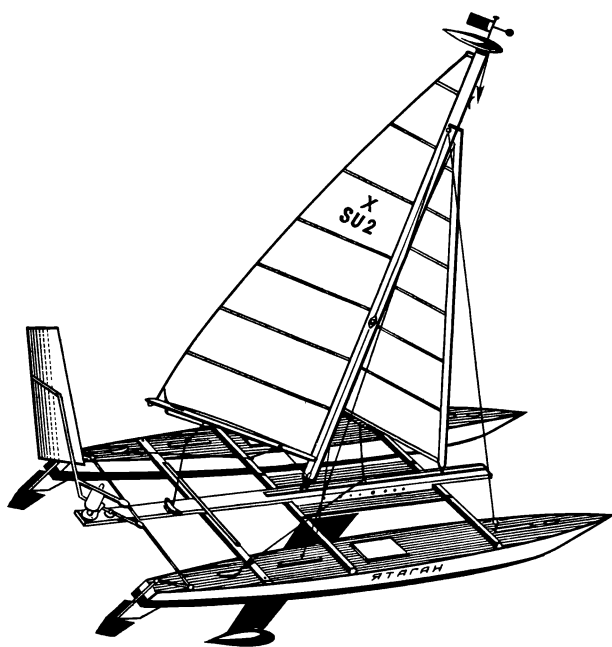
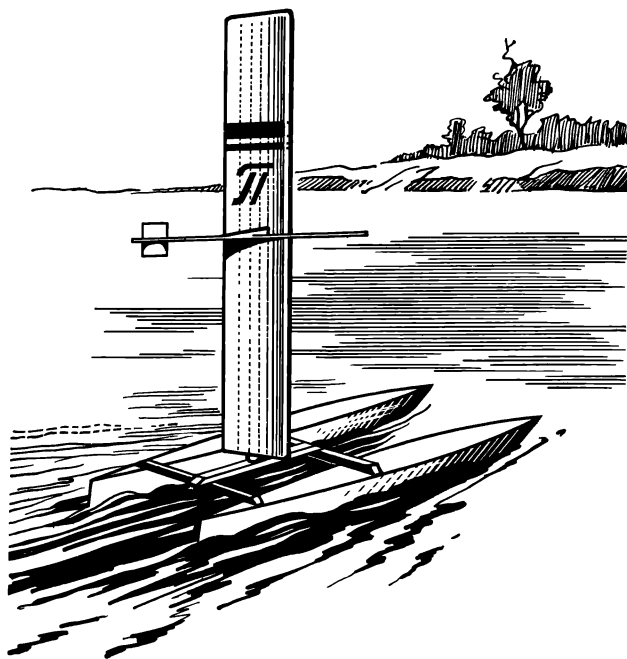


Рис. 100. Модель
яхты с самобалан-
сирующимся парус-
ом-крылом — при-
зер городских со-
ревнований судомо-
делей в Ленингра-
де



парусного торгового флота.

Судомodelисты-экспериментаторы создали уже немало интересных моделей. Это, в частности, яхты-катамараны (рис.

99), яхты на подводных крыльях, яхты с самобалансирующимся парусом-крыльями (рис. 100) (12).

Экспериментальные микроавтомобили

Автомоделизм тоже может заинтересовать молодежь изготовлением экспериментальных

го энергией солнечных батарей, а также модели ветромобилей, работающих от энергии ветра.

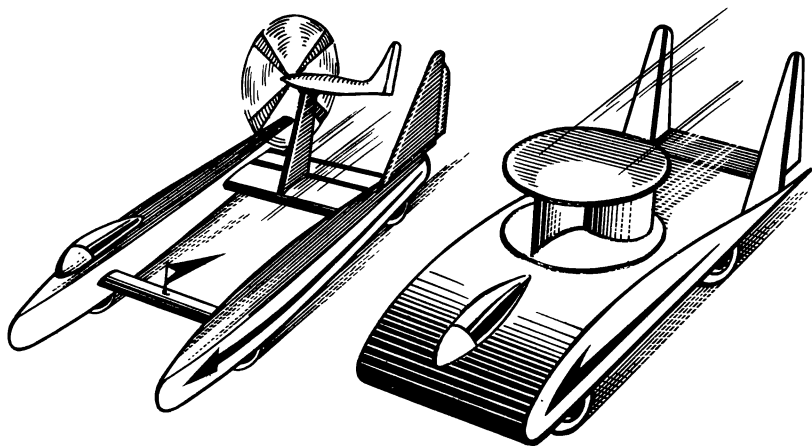


Рис. 101. Экспериментальные модели ветромобилей

самоходных автомобилей. Во всем мире в настоящее время стремятся по возможности сократить расход горючего при езде на автомобилях. Поэтому одно из заманчивых направлений для автомodelистов — заняться изготовлением самоходных моделей автомобилей, совсем не требующих расхода горючего. Это могут быть модели, колеса которых имеют привод от электромотора, питаемого

При создании ветромобилей моделисту приходится решать интересные конструктивные задачи. В частности, находить подходящий ветродвигатель, передающий крутящий момент на колеса при любом направлении ветра относительно трассы, по которой проходит гонка. Сложными задачами являются обеспечение прямолинейности хода на трассе и соблюдение поперечной устойчивости при боко-

вом ветре. Чем сложнее техническая задача, тем интересней ее решать. Возможны конструктивные решения модели ветромобиля в виде катамарана с самоориентирующимся ветряком в хвостовой части корпуса, либо с использованием короткого вингродора* сверху корпуса. Передачу крутящего момента от ветродвигателя на задние колеса можно обеспе-

чить посредством системы конических шестерен и шестеренчатого редуктора, но можно поискать и другие решения редуктора. Работа над моделями ветромобилей, без сомнения, расширит технический кругозор их создателей, поможет познакомиться с основами аэродинамики, а также освоить законы устойчивости и динамики автомобиля (рис. 101).

ЛИТЕРАТУРА

К главе «Машина-лилипут»

1. Библиотека воздухоплавания.— СПб., 1910, № 7—9, с. 54—55.
2. Юный моделист-конструктор: Альманах.— М., Молодая гвардия, 1964, № 8, с. 28.
3. Правда, 1966, 16 июня.
4. Хейердал Т. Экспедиция «Тигрис».— М., Физкультура и спорт, 1980, с. 40.
5. Бойчев И., Милов Г и др. Корабо-моделизм.— София, Техника, 1977, с. 3.
6. Смена, 1973, № 7, с. 16—17.
7. Popular — mechanics.— N.Y., 1965, № 1, p. 149.
8. Патрунов Ф. Электронные модели.— М., Московский рабочий, 1973.
9. Воронцов П. А., Михель В. М., Эрлер А. А. Использование радиоуправляемых авиамodelей для аэрологических исследований нижних слоев атмосферы.— Л., Труды Главной геофизической обсерватории им. А. И. Воейкова, 1958, вып. 73.

К главе «Модель прокладывает дорогу»

1. Виргинский В. С. Джордж Стефенсон.— М., Наука, 1964, с. 52—54.
2. Леонардо да Винчи. Избранное. Естественно-научные произведения.— М., Изд-во АН СССР, 1955, с. 695, с. 1021.
3. Needham J. Sciences and Civilisation in China.— Combridge, 1965, V. IV, № 2.
4. Gibbs-Smith C. H. Sir George Cayley's aeronautic. 1796—1855.— London, 1962, p. 175—176.
5. Scientist.— London, 1962, № 292, p. 14

* Вингродором называется ветродвигатель, представляющий собой цилиндрический ротор, образованный двумя взаимно перпендикулярными S-образными в поперечном сечении лопатками, соединенными по концам круглыми плоскими шайбами.

6. Journal de Paris, 1784, 19 Avril.
7. Lecoq J. La navigation aerienne.— Paris, 1903, p. 96.
8. Gibbs-Smith C. H. Sir George Cayley's aeronautics.— 1796—1855.— London, 1962, p. 2.
9. Lecoq J. La navigation aerienne.— Paris, 1903, p. 175.
10. Дузь П. Паровой двигатель в авиации.— М., Оборонгиз, 1939, с. 31—35.
11. Gibbs-Smith C. H. Sir George Cayley's aeronautics.— 1796—1855.— London, 1962, p. 17.
12. Там же, p. 138—139.
13. Кронштадтский вестник, 1877, 5 января, № 134.
14. L'Aeronaute, 1877, № 2, p. 59.
15. Dollfus E. H. Petits modèles d'aéroplanes.— Paris, 1912, p. 21.
16. Там же, p. 22—23.
17. Самолет, 1932, № 8—9, с. 53.
18. Lecoq J. Les cerfs-volants.— Paris, 1902, p. 60—61.
19. Prometheus, 1895, № 323, s. 169.
20. Dollfus E. H. Petits modèles d'aéroplanes.— Paris, 1912, p. 26—27.
21. Чарнлей М., Братья Райт.— М., Посредник, 1933, с. 3—4.
22. Вейгелин К. Е. Очерки по истории летного дела.— Киев, 1940, с. 345.
23. The Papers of Wilbur and Orvill Wright. Mc. Forland Editor.— N. Y.; Toronto; London, 1953. Volume one.
24. Langley S. Memoir on mechanical flight.— Washington, 1911.
25. Вейгелин К. Е. Очерки по истории летного дела.— Киев, 1940, с. 375—377.
26. Blatter für Technikgeschichte.— Wien, 1966, № 28.
27. L'aerophile, 1908, 15 Dec.
28. Труды XIII международного конгресса по истории науки, секция XII.— М., 1974, с. 248—249.
29. Nowak T. Kazimierz Siemienowicz.— Warszawa, 1969, s. 182—184.
30. Vilniaus Universitetas.— Vilnius, 1966, p. 43.
31. Труды XIII Международного конгресса по истории науки, секция XII.— М., 1974, с. 253—254.
32. Вечернее время, 1913, 16 марта, № 205.
33. Бубнов И. Н. Роберт Годдард.— М., Наука, 1978.
34. Ветчинкин В. П., Глушко В. П., Королев С. П., Тихонов М. К. Пионеры ракетной техники. Избранные труды (1929—1945).— М., Наука, 1972.

К главе «Инструмент познания»

1. A. Bié et G. Salomon. L'Aeronautique Son Histoire.— Paris, 1961, p. 28—30.
2. Менделеев Д. И. О сопротивлении жидкостей и о воздухоплавании.— СПб, 1880.
3. L'Abbé Bassut. Traité theoretique et experimental d'hydrodynamique.— Paris, 1787, t. II, p. 41.
4. South Kensington Museum Conference, held in connection with special loan collection of scientific apparatus 1876 Physics and Mechanics, p. 298.
5. Flyv, 1956, № 5, s. 79.
6. Аэродинамическая лаборатория при кабинете прикладной механики Императорского Московского Университета. Труды отделения физических наук О.Л.Е.— М., 1911, т. XV, вып. 1.
7. Записки русского технического общества.— СПб, 1896, № 10, с. 49—54.

8. Lanchester F. W. Aerial flight. Vol. I. Aerodynamics, Vol. II. Aerodnetics.— London, 1908.
9. Zeitschrift für Flugwissenschaften, 1957, № 1, s. 23—26.
10. Юрьев Б. Н. Избранные труды.— М., Изд-во АН СССР, 1961, т. II, с. 190—195.
11. Стражева И. В., Буева М. В. Борис Николаевич Юрьев — М., Наука, 1980.
12. Миклашевский Г. В. Летающие модели.— М., Главная редакция авиационной литературы, 1946, с. 225—229.
13. Самолет, 1940, № 23—24, с. 24—25.
14. Lutectvi + kosmonautika.— Praha, 1976, № 6, 32—33.
15. Luftwissen.— Berlin, 1938, № 2, s. 5—39.
16. Letectvi + kosmonautika.— Praha, 1975, № 11.
17. Мурычев Л. В. Летающие модели вертолетов.— М., ДОСААФ, 1955.
18. Бесхвостые самолеты: Сборник переводов.— М., БНИЦАГИ, 1946.
19. Aircraft engineering.— London, 1944, № 190, p. 340; 1945, № 191, p. 8; 1945, № 192, p. 41.
20. Flug + modelltechnik, Baden-Baden, 1962, № 6, s. 168.
21. Miller R. Without visible means of support.— Los Angeles, 1967, s. 47—51.
22. Model aircraft, Herts, 1955, № 1, p. 9.
23. Journal of Aeronautical Science.— N. Y., 1946, № 7, p. 335—343.
24. Aviation Week.— N. Y., 1948, № 22, p. 22—23.
25. Skrzydlata Polska.— Warszawa, 1977, № 13.
26. Radiocontrol. Manual.— 3.— Herts, 1956, № 2, p. 70—81.
27. Model airplane News.— N. Y., 1976, April, p. 48.
28. Там же, p. 46.
29. Flight.— London, 1977, № 3572, p. 620.
30. Skrzydlata Polska.— Warszawa, 1977, № 26.
31. Там же, 1963, № 19.
32. Там же, 1979, № 2.
33. Gillis C., Mitchell I., d'Aeutolo C. NASA technical Report, R-65.— Washington, 1960.
34. Wilcock A. Vane steering Gears.— Herts, 1960.
35. Катера и яхты: Сборник.— 1971, № 3, с. 35—43.
36. Изобретатель и рационализатор, 1969, № 11, с. 36.
37. Катера и яхты, 1974, № 2.
38. Там же, 1967, № 9; 1968, № 14.

К главе «Модель-учитель»

1. Самолет, 1936, № 8, с. 44—45.
2. Огонек, 1923, 1 июля (Внеочередной авианомер), с. 10.
3. Яковлев-Тернавский А. И. Исследование научно-изобретательской деятельности С. С. Неждановского в области авиационной науки и техники (диссертация).— М., 1964, с. 11.
4. Анощенко Н. Д. Воздухоплаватели.— М., 1960, с. 2.
5. Громов М. М. Через всю жизнь.— Новый мир, 1977, № 1, с. 199.
6. Яковлев А. С. Цель жизни.— М., Политиздат, 1974, с. 49.
7. Красные крылья, 1925, май, с. 135.
8. Крылья Родины, 1962, № 5.
9. Гай Д. И. Вертолеты зовутся МИ.— М., Московский рабочий, 1976, с. 28.

10. Юный моделист-конструктор: Альманах.— М., Молодая гвардия, 1965, № 13, с. 1.
11. Ильин В. А. Адмирал скоростного флота.— М., Политиздат, 1983, с. 7.
12. Юный моделист-конструктор: Альманах.— Молодая гвардия, 1962, № 2.
13. Гагарин Ю. А. Дорога в космос.— М., Детская литература, 1963, с. 16.
14. Letecký modelář, 1962, № 8 (обложка).
15. Центральный Военно-Морской музей: Путеводитель.— Л., 1971, с. 15, 38, 59, 79.
16. Центральный Дом авиации и космонавтики имени М. В. Фрунзе: Справочник-путеводитель.— М., ДОСААФ, 1984, с. 33, 37, 39.
17. Правда, 1986, 10 апреля, с. 3.
18. Правила соревнований по железнодорожному моделированию.— М., Изд-во МПС СССР, 1984.
19. Мардасов Н. Д. Архитектурное макетирование.— М.-Л. Стройиздат, 1965, с. 142, 146.
20. Патрунов Ф. Г. Электронные модели.— М., Московский рабочий, 1973, с. 42—45.
21. Messen + Prüfen, 1983, Sept., s. 477—482.
22. Советская военная энциклопедия.— М., Воениздат, т. V, с. 291.
23. Анашкин И. Н., Белакур М. Н., Мельчаков Н. Д. Тренировочные и имитационные средства наземной артиллерии.— М., Воениздат, 1977.
24. Бабенко В. С. Имитаторы визуальной обстановки тренажеров летательных аппаратов.— М., Машиностроение, 1978.
25. Циолковский К. Э. Аэростат металлический управляемый.— Калуга, 1892.
26. Самолет, 1938, № 8, с. 23.
27. Хроника воздушного дела, 1929, № 11, с. 9—10.
28. Моделист-конструктор, 1982, № 8, с. 1.
29. Моделист-конструктор, 1983, № 8 (центр. разворот).
30. Столяров Ю. С. Космос в ладонях.— М., ДОСААФ, 1984.
31. Моделист-конструктор, 1982, № 3, с. 1.

К главе «Сооружения в миниатюре»

1. Мардасов Н. Д. Архитектурное макетирование.— М., Стройиздат, 1965.
2. Морозов А. Тайны моделей.— М., Детская литература, 1955.
3. Вестник Академии наук СССР, 1952, № 7, с. 33.
4. Избаш С. В. Основы лабораторно-опытного дела в гидротехнике.— Л.-М., ОНТИ, 1938, с. 77.
5. Лызов И. Волна против волны.— Наука и жизнь, 1985, № 11.

К главе «Модель-машина»

1. Oeuvres de Franklin, t. 1, p. 63.
2. История воздухоплавания и авиации в СССР / Под ред. В. А. Попова.— М., Оборонгиз, 1944, с. 252.
3. L'illustration, 1912, 19 Juin, № 3616.
4. Молчанов П. А. Методы исследования свободной атмосферы.— М.-Л., ОНТИ, 1936, с. 101—117.

5. Хахалин В. Г. Современные радиозонды.— М.-Л., Госэнер-
гоиздат, 1959.
6. Flugsport, 1925, № 1, s. 17—18; № 3, s. 58—60; № 55,
s. 124—125.
7. Воронцов П. А., Михель В. М., Эрлер Д. А. Использование
радиоуправляемых авиамоделей для аэрологических иссле-
дований низших слоев атмосферы.— Л., Труды Главной гео-
физической обсерватории им. Д. И. Воейкова, 1958, вып. 73,
с. 107—115.
8. Крылья Родины, 1978, № 10, с. 43.
9. Skrzydlata Rolska, 1979, № 4, s. 19.
10. Правда, 1980, 9 января.
11. Journal of Royal Aeronautical Society.— London, 1967, № 677.
12. Неделя, 1985, № 27.
13. Modelár, 1961, 12, s. 364.
14. Труды по истории техники. Вып. 1.— М., Изд.-во АН СССР,
1952, с. 130.
15. Letectvi + kosmonautika, 1985, № 13, s. 40.
16. Flying models, 1986, № 6, p. 20.
17. Военный вестник, 1969, № 9, с. 95—97.
18. Modelár, 1982, № 10 (обложка).
19. Красная звезда, 1976, 14 января.
20. Letectvi + kosmonautika, 1976, № 15, s. 21,
Flieger-revue, 1977, № 10.
21. Letectvi + kosmonautika, 1976, № 3.
22. Skrzydlata Polska, 1979, № 9.
Letectvi + kosmonautika, 1976, № 12.
Interavia airletter, 1976, 7 Sept., № 8583.
23. Interavia letter, 1975, № 8402.
24. Самолет, 1931, № 1, с. 46.
25. Morge, 1964, № 4.
26. Моделист-конструктор, 1985, № 7, с. 3 обложки.
27. Skrzydlata Polska, 1979, № 3.
28. Skrzydlata Polska, 1972, № 44.
29. Repules, 1979, 3 Julius.

Спорт плюс техника

1. Aero modeller, 1985, July, № 594, vol. 50.
2. Aero modeller, 1954, № 7, p. 350—352.
3. Крылья Родины, 1959, № 2; 1968, № 8; Юный моделист-кон-
структор: Альманах.— Молодая гвардия, 1963, № 6; 1984,
№ 7; 1965, № 13.
4. Камов Н. И. Винтовые летательные аппараты.— М., Оборон-
гиз, 1948, с. 120—122.
5. Zaic F. Model aeronautic year book, 1957—1958, p. 171.
6. Новости авиамоделизма: Инф.-техн. материалы.— М.,
ДОСААФ, 1958, с. 18.
7. Юный моделист-конструктор: Альманах.— М., Молодая гвар-
дия, 1964, № 10.
8. Aeromodeller annual.— Herts, 1969—1970.
9. Model magazine, 1985, Ostobre.
10. Aeromodeller annual, Herts, 1978—1979.
11. Modelár, 1975, № 8, s. 14—15.
12. Моделист-конструктор, 1986, № 3, с. 24—25.

СОДЕРЖАНИЕ

Машина-лилипут	3
Модель прокладывает дорогу	10
В поисках стального сердца	10
Дирижабль — первый управляемый летательный аппарат	14
Предшественники самолета	17
От воздушного змея — к искусству управлять полетом	25
Старты в Китти-Хоук	30
Как возник моноплан	36
Первые летающие «бесхвостки»	40
От фейерверков — к звездным трассам	43
Инструмент познания	48
Кораблики в бассейне	48
Эксперименты, опередившие время	53
Аэродинамика и простейшие модели планеров	61
Вязкий воздух	66
Загадочные колебания	68
Где он, аэродинамический фокус?	70
От «летающей палочки» до конвертоплана	73
Летающие «параболы», «треугольники» и «стрелы»	83
Теория подобия и авиамодели	89
Парящие паруса	93
Лаборатория летает на корде	98
Радиоуправляемые микрогиганты	102
На всем диапазоне скоростей	108
Яхтой управляет автомат	112
Модель-учитель	117
Одержимость идей	117
Модель — наглядное пособие	119
Электронное моделирование	124
Моделирование на ЭВМ	128
Модель тренирует	130
Модель-мечта	132
Сооружения в миниатюре	138
Модель-машина	148
Рабочее задание	148
Летающий метеоролог	150
К жерлу вулкана	152

На помощь «зеленому другу»	153
Охрана аэродромов и... виноградников	154
Модель-картограф	155
Для военного дела	156
Модель в роли актера	160
Модель — символ истории	166
Спорт плюс техника	168
Модели вертолетов — модели экспериментальные	168
На старте — «летающие крылья»	182
Экспериментальный малый флот	191
Экспериментальные микроавтомобили	193
Литература	194

Научно-популярное издание

Вадим Игоревич Костенко, Юрий Степанович Столяров

МИР МОДЕЛЕЙ

Заведующий редакцией **В. Е. Волков**

Художественный редактор **Т. А. Хитрова**

Технический редактор **В. А. Авдеева**

Корректор **Е. А. Платонова**

ИБ № 3005

Сдано в набор 24 07 88 Подписано в печать 10 07 89 Г-27333 Формат
60×90¹/₁₆ Бумага кн журн Гарнитура литературная Печать офсет-
ная Усл п л 13,0 Усл кр-отт 13,43 Уч-изд л 12,16 Тираж 75 000 экз
Заказ № 214 Цена 95 к Изд № 5/д-14

Ордена Знак Почета Издательство ДОСААФ СССР
129110, Москва, Олимпийский просп., 22

Областная книжная типография,
320091, Днепропетровск, ул. Горького, 20

Мир Могелей

