

А.П. Ковалев

**Аэродинамические
исследования летающих
моделей**

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 656
ББК 39.1
А11

А11 **А.П. Ковалев**
Аэродинамические исследования летающих моделей / А.П. Ковалев – М.:
Книга по Требованию, 2018. – 57 с.

ISBN 978-5-458-68855-0

Книга содержит описание опытов по авиамоделизму, произведенных
в Центральной авиамодельной лаборатории ЦС Осоавиахима СССР.

ISBN 978-5-458-68855-0

© Издание на русском языке, оформление
«YOYO Media», 2018

© Издание на русском языке, оцифровка,
«Книга по Требованию», 2018

Эта книга является репринтом оригинала, который мы создали специально для Вас, используя запатентованные технологии производства репринтных книг и печати по требованию.

Сначала мы отсканировали каждую страницу оригинала этой редкой книги на профессиональном оборудовании. Затем с помощью специально разработанных программ мы произвели очистку изображения от пятен, клякс, перегибов и попытались отбелить и выровнять каждую страницу книги. К сожалению, некоторые страницы нельзя вернуть в изначальное состояние, и если их было трудно читать в оригинале, то даже при цифровой реставрации их невозможно улучшить.

Разумеется, автоматизированная программная обработка репринтных книг – не самое лучшее решение для восстановления текста в его первоизданном виде, однако, наша цель – вернуть читателю точную копию книги, которой может быть несколько веков.

Поэтому мы предупреждаем о возможных погрешностях восстановленного репринтного издания. В издании могут отсутствовать одна или несколько страниц текста, могут встретиться невыводимые пятна и кляксы, надписи на полях или подчеркивания в тексте, нечитаемые фрагменты текста или загибы страниц. Покупать или не покупать подобные издания – решать Вам, мы же делаем все возможное, чтобы редкие и ценные книги, еще недавно утраченные и несправедливо забытые, вновь стали доступными для всех читателей.



Серия Книжный Ренессанс

www.samizday.ru/reprint

ПРОСТЕЙШАЯ УЧЕБНАЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТРУБА

Опыты, проведенные в аэродинамических трубах, играют огромную роль в развитии авиации. Это хорошо знает каждый авиамоделист, читающий авиационную литературу.

Расчет всякого современного самолета основывается главным образом на тех „опытных коэффициентах“, которые предоставляются в распоряжение конструктора аэродинамическими лабораториями. Точно так же обстоит дело и в „маленькой авиации“ — авиамоделлизме. Конструктор-авиамоделист работал бы вслепую, если бы не располагал сведениями об аэродинамических свойствах той или иной детали. Эти аэродинамические характеристики дают возможность правильно подобрать размеры и форму деталей и подсчитать, какие силы будут действовать на них в полете.

В умении хорошо пользоваться опытными данными — залог высоких летных качеств модели, залог успеха в завоевании новых рекордов.

Для того чтобы хорошо разбираться в явлениях, сопровождающих полет модели, уметь оценивать их не только качественно, но и количественно, нужно знать основы аэродинамики. Поэтому изучению аэродинамики в программе кружка юных авиастроителей должно быть отведено определенное место.

Одним из средств наглядного показа основных законов аэродинамики является опыт в аэродинамической трубе учебного типа. Такого рода трубой должен быть оборудован аэродинамический класс каждой авиамодельной организации. Это поможет сделать занятия более интересными и облегчит усвоение материала лекций. Разумеется, такая труба и ее оборудование должны быть достаточно просты по устройству и дешевы, чтобы изготовление

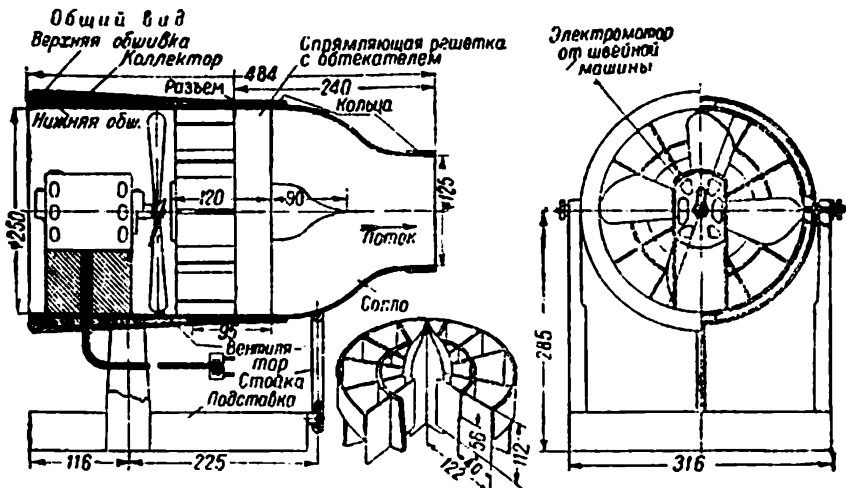


Рис. 1. Общая схема устройства ПУТ

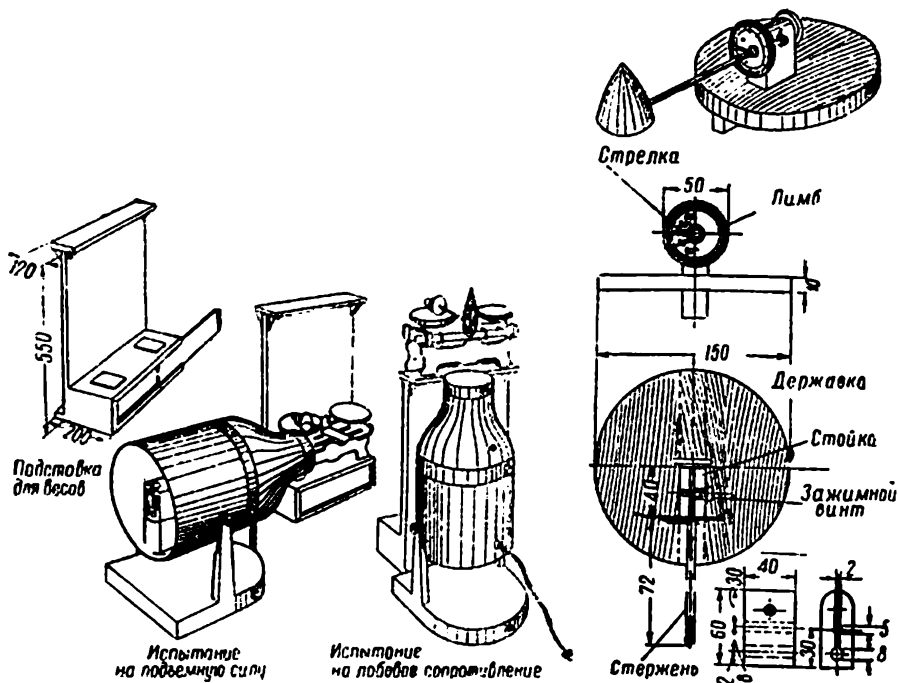


Рис. 1а. Общий вид трубы и деталей приспособления для установки испытываемой модели на весах

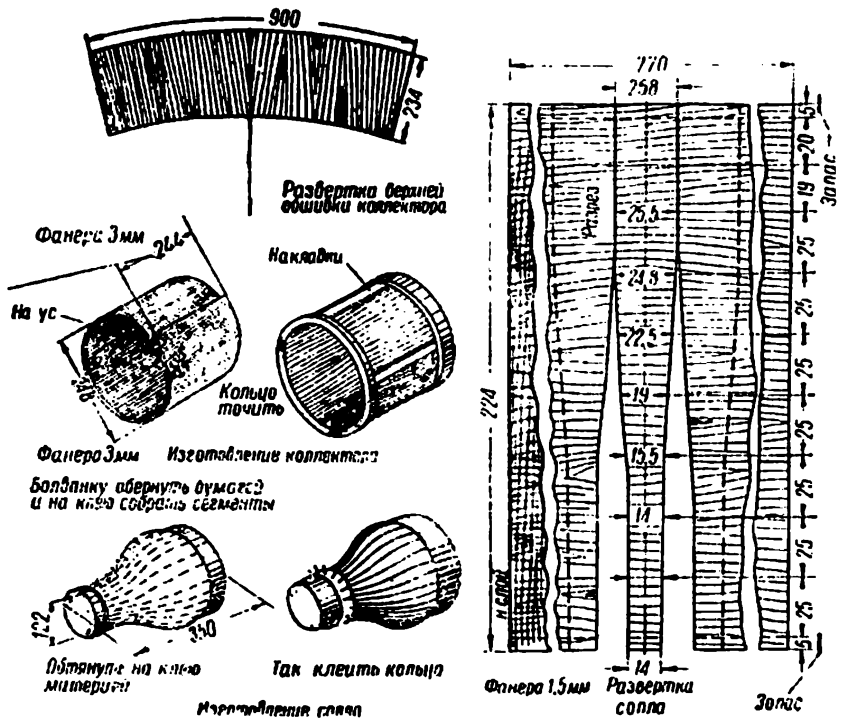


Рис. 16. Схема изготовления коллектора и сопла

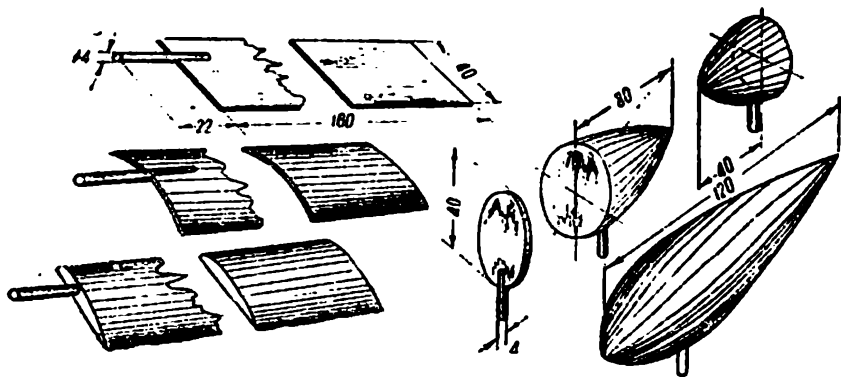


Рис. 1в. Простейшие тела для проведения испытаний в ПУТ

или приобретение их было под силу всякому низовому кружку.

В настоящее время в нашей популярной авиационной литературе почти отсутствуют материалы, касающиеся постройки аэродинамических труб и методики работы в них. Эти вопросы считаются пока слишком специальной областью и почти не освещаются в популярной литературе. Предлагаемая простейшая учебная аэродинамическая труба, описание и чертежи которой приводятся ниже, представляет попытку восполнить в известной степени указанный пробел.

Простейшая учебная труба (сокращенно ПУТ) построена по инициативе Центральной авиамодельной лаборатории (ЦАМЛ) при ЦС Осоавиахима СССР силами ее сотрудников. Ниже мы даем описание этой трубы и простейших опытов, которые можно провести в ней.

Прежде чем приступить к описанию ПУТ, скажем несколько слов об аэродинамических трубах и о предъявляемых к ним требованиях.

Что представляет собой аэродинамическая труба? Это—канал, по которому с большой скоростью движется поток воздуха. Движение воздуха обычно создается вентилятором, вращаемым электромотором.

Поток воздуха, набегая на поставленные для испытания модели (крылья, фюзеляжи и т. п.), оказывает на них такое же давление, какое получилось бы, если бы воздух был неподвижен, а модель двигалась.

Модель укрепляется на специальных весах, которые измеряют аэродинамические силы.

В этом схематически и заключаются основные опыты в трубах.

ОПИСАНИЕ ПУТ

ПУТ (рис. 1) представляет собой деревянную трубу; размеры ее $484 \times 410 \times 316$ мм, вес 13 кг. Как видно из чертежа, изготовление такой трубы силами авиамodelистов-кружковцев никакой трудности не представляет, поэтому она вполне оправдывает название простейшей. Труба может легко переноситься и устанавливается в любом помещении, где только имеется электропроводка.

Состоит труба из электромотора, коллектора, мотора с вентилятором, спрямляющей решетки, сопла.

Электромотор покупается в готовом виде. Это наиболее дорогая часть трубы. Все остальное может быть по существу изготовлено собственными силами.

Коллектор выполнен в виде цилиндра с закругленными краями. Диаметр его 250 мм. В конце коллектора расположен мотор с вентилятором.

Мотор—коллекторный, пригодный для переменного и постоянного тока; мощность его 80 ватт, номинальное число оборотов 5 000 об/мин. При помощи реостата мощность мотора можно снижать до нуля, чем достигается:

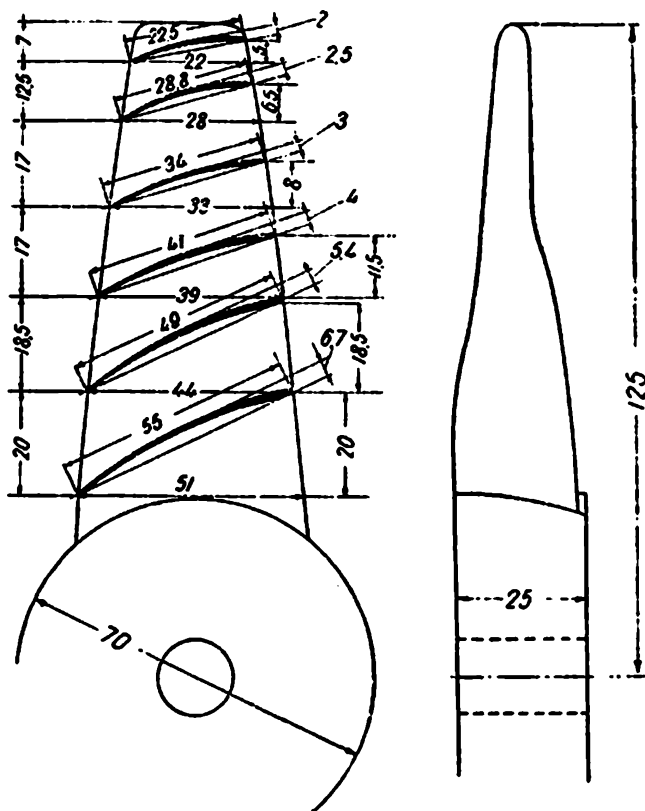


Рис. 2. Вентилятор

изменение скорости его вращения от нуля до максимальной.

Вентилятор, изображенный на рис. 1, представляет собой обыкновенный оконный вентилятор, имеющийся в продаже. Он не совсем подходит для данных условий и поставлен в трубу временно. Создаваемая им скорость воздушного потока около 12 м/сек. Здесь более подошел бы двухлопастный вентилятор, изображенный на рис. 2.

В этом случае можно было бы рассчитывать на скорость порядка 14—15 м/сек.

Спрямяющая решетка представляет собой ряд радиально расположенных плоскостей, служащих для спрямления воздушного потока, создаваемого вентилятором. Вообще говоря, чем чаще такая решетка и чем больше по площади, тем сильнее ее выравнивающее действие. Однако слишком густая решетка сильно тормозит поток и, кроме того, дает за собой так называемую „аэродинамическую тень“ — местное торможение отдельных струек воздуха.

Сопло трубы представляет собой постепенно сужающийся канал с диаметром входного отверстия 250 мм и выходного — 125 мм. Таким образом, воздушный поток, создаваемый вентилятором, постепенно сжимается и выбрасывается в помещение в виде струи диаметром 125 мм. Уменьшение площади выходного отверстия называется поджатием сопла. Оно способствует выравниванию воздушного потока и уничтожению пульсаций скорости. В нашем случае площадь входа в сопло в четыре раза больше площади выхода.

Характер распределения скоростей в различных сечениях перед соплом трубы показан на рис. 3. На рис. 4

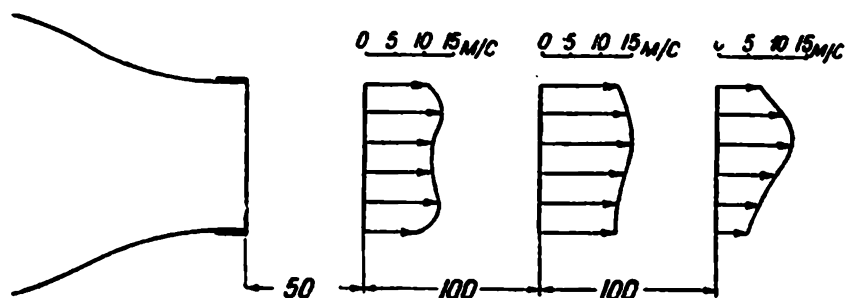


Рис. 3. Поле скорости в различных сечениях трубы

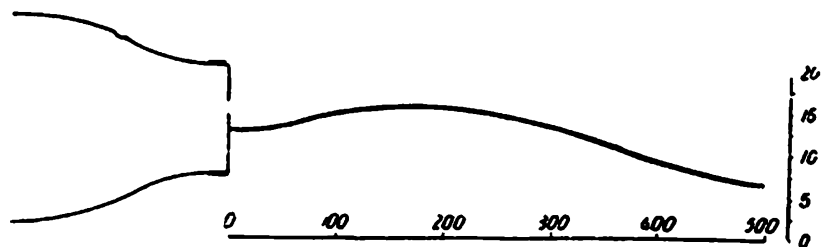


Рис. 4. Изменение скорости воздушного потока трубы по мере удаления от сопла

дана зависимость скоростей в центральной части по мере удаления от сопла. Для учебной трубы такое поле скоростей можно считать вполне удовлетворительным.

В центре воздушной струи замечается некоторая закрученность потока, что очень хорошо можно наблюдать при помощи щупа—палочки с укрепленной на ее конце шелковой нитью. Испытываемые модели лучше всего располагать на расстоянии 150 мм от обреза сопла. Здесь скорость вдоль оси трубы наибольшая и неравномерность потока наименьшая.

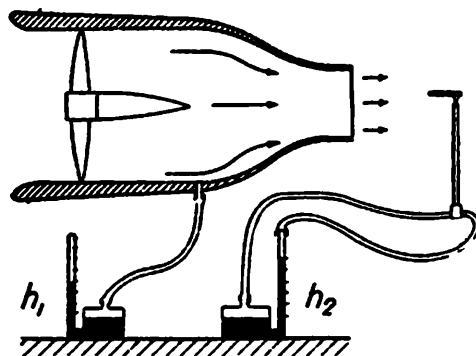


Рис. 5. Измерение скорости воздушного потока

Для измерения аэродинамических сил служат обычные столовые весы со специальным приспособлением для укрепления модели и изменения углов атаки. При измерении лобового сопротивления труба ставится вертикально, как показано на рис. 1. Измерение скоростей при наладке трубы производилось при помощи трубки Пито и микроманометра типа ЦАГИ.

В условиях авиамodelьного кружка приобретение таких приборов может встретить затруднение, и, кроме того, в ряде случаев трубка Пито мешает установке модели. Поэтому можно рекомендовать иной способ измерения скорости воздушной струи. В боковой стенке трубы (рис. 5) просверливается отверстие перпендикулярно поверхности стенки, диаметром около 0,5 мм. Это отверстие соединяется с бачком микроманометра посредством резиновой трубки. Второе отверстие микроманометра оставляется открытым. Тогда высота столба спирта в микроманометре будет указывать величину давления в трубе.

Скорость воздушного потока мы можем подсчитать по формуле:

$$V = \sqrt{\frac{2(h - h_0)}{\rho}} \mu,$$

где V —искомая скорость воздушного потока в рабочем сечении;

h —высота столба спирта в трубке микроманометра, замеренная во время опыта (в миллиметрах);

h_0 —высота столба спирта, замеренная до опыта;

ρ —плотность воздуха;

μ —переходный коэффициент, зависящий от того, насколько отличаются скорости в различных точках трубы.

Коэффициент μ находится следующим образом. Измеряем высоту столба спирта в микроманометре h_1 по схеме рис. 5, одновременно с этим измеряем высоту столба спирта h_2 в другом микроманометре, соединенном с трубкой Пито, поставленной в рабочем сечении трубы.

Тогда будем иметь:

$$\mu = \frac{h_2}{h_1}.$$

В трубе было проделано несколько опытов по определению аэродинамического сопротивления тел (рис. 1). Эти немногочисленные опыты должны войти в программу демонстрационно-практических работ в трубе в низовом кружке при изучении аэродинамики. Они вводят учащегося в круг аэродинамических представлений и дают основные сведения о законах сопротивления воздуха. На рис. 6 даны три тела: a , b , c . Тело a представляет собой круглый диск диаметром 40 мм. Тело b можно себе представить как тело a , к которому спереди приделана удобообтекаемая носовая часть. Тело c имеет такие же поперечные размеры, как a и b , и его можно рассматривать как тело b , к которому приделан обтекатель сзади.

Испытание этих тел на лобовое сопротивление при скорости 12 м/сек дало такие результаты:

Тело a	16 г
„ b	4,5 г
„ c	1,5 г

Необходимо отметить, что приведенные цифры дают величину лобового сопротивления тел в чистом виде, т. е. за вычетом сопротивления державки, на которой они укреплены. Сопротивление державки было определено продувкой без тела.

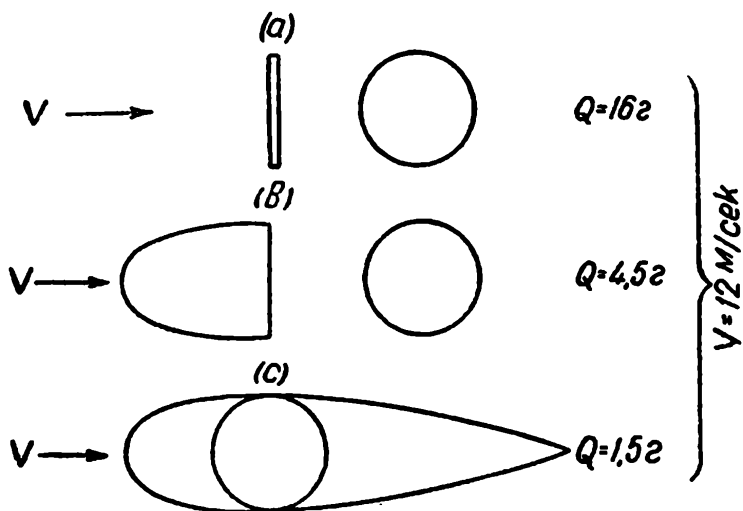


Рис. 6. Лобовое сопротивление тел различной формы по опытам в трубе (ПУТ). Поперечные размеры всех трех тел одинаковы

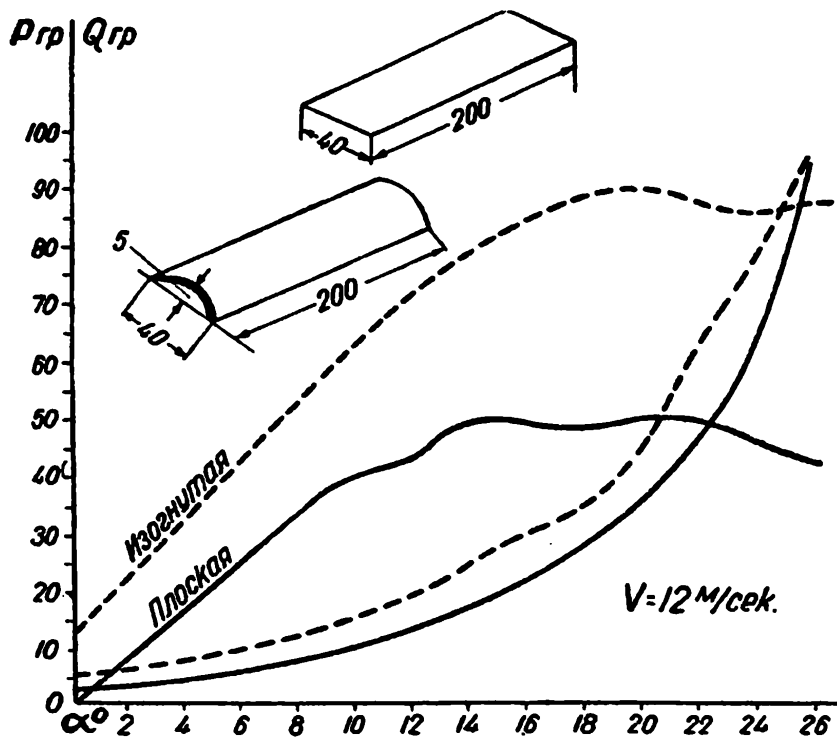


Рис. 7. График подъемной силы и лобового сопротивления плоской и вогнутой пластинки. Результаты испытаний в трубе (ПУТ)

Таким образом, результаты опытов показывают, что сопротивление тела *b* благодаря наличию спереди обтекателя уменьшается по сравнению с телом *a* в три с лишним раза, а при обтекателе, имеющемся спереди и сзади, как у тела *c*, — в десять с лишним раз. Эти результаты наглядно показывают учащемуся влияние формы тела на сопротивление. Попутно с этим полезно было бы продемонстрировать спектры обтекания таких тел, если есть демонстрационная гидродинамическая ванна. На этих спектрах учащийся уяснил бы причину такой разницы в сопротивлениях. Если указанные результаты перевести в коэффициенты C_x по известной формуле:

$$C_x = \frac{Q}{\rho \cdot S \cdot V^2},$$

то их величины вполне согласуются с теми, которые приводятся в авиационных справочниках. Таким образом, мы

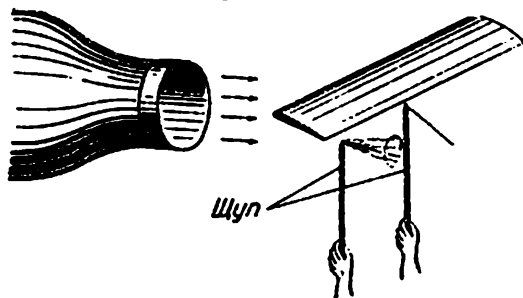


Рис. 8. Обнаружение посредством щупа вихревых усов на конце крыла

видим, что даже такая простая труба дает достаточно верные результаты не только с качественной, но и с количественной стороны.

На диаграмме рис. 7 показаны результаты испытаний плоской и вогнутой пластинок размерами 40×200 мм по углам атаки. Вогнутость, т. е. отношение стрелы прогиба к хорде пластинки, было взято равным $1/8$. На диаграмме хорошо видно, как влияет вогнутость на величину подъемной силы и лобового сопротивления. На этих опытах учащийся убеждается в том, что вогнутая пластинка, хотя и имеет лобовое сопротивление, несколько большее, чем плоская, но зато обладает значительно большей подъемной силой. Следовательно, она более выгодна. Эти опыты с количественной стороны тоже довольно близки к тому, что обычно получается и в больших трубах.

Кроме опытов, связанных с измерением сил, можно ука-