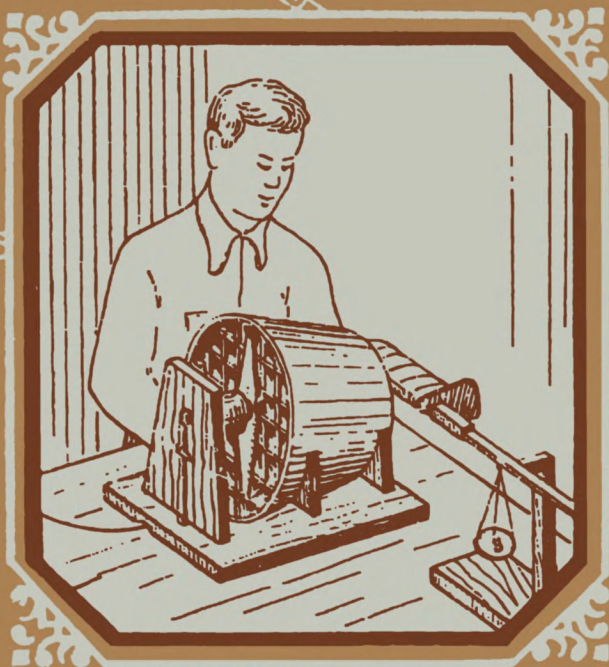


ЦЕНТРАЛЬНАЯ СТАНЦИЯ ЮНЫХ ТЕХНИКОВ
имени Н. М. ШВЕРНИКА

Для умелых рук



Наибольшая
аэродинамическая
ТРУБА

НАЗНАЧЕНИЕ АЭРОДИНАМИЧЕСКИХ ТРУБ

В современной науке, для изучения воздушных сил, возникающих при движении твердых тел в воздухе, применяют специальные приборы, позволяющие искусственно создавать воздушный поток нужной скорости. В этот поток воздуха устанавливаются предметы, подлежащие испытанию. Воздействие на предмет сил воздушного потока измеряется с помощью дополнительных приборов, чаще всего весов разной конструкции.

Такие приборы называются аэродинамическими* трубами. В них можно проследить, какова сила сопротивления испытываемых тел, какую величину имеет создаваемая крылом подъемная сила. Аэродинамические трубы нужны для уточнения и проверки расчетов самолетов и отдельных их частей и для многих других практических целей.

Первые аэродинамические трубы в России созданы знаменитым деятелем науки К. Э. Циолковским (в январе 1897 года) и «отцом русской авиации» профессором Н. Е. Жуковским.

«Прибор, устроенный мною... — писал К. Э. Циолковский — так быстро решает неразрешимые теоретические вопросы, что должен считаться необходимой принадлежностью каждого университета или физического кабинета».

Труба К. Э. Циолковского была небольшой, «настойной»; трубы Н. Е. Жуковского — значительных размеров. А современные аэродинамические трубы, используемые для нужд авиационной промышленности и науки, столь велики и мощны, что требуют для установки возведения особых многоэтажных корпусов. Воздушный поток создается в них двигателями мощностью в десятки тысяч лошадиных сил. В таких трубах продуваются самолеты в натуральную величину.

Учебную аэродинамическую трубу в состоянии построить своими силами любой технической кружок. Такая труба будет хорошим подарком школьному физическому кабинету. Без настольной аэродинамической трубы не может обойтись ни один, серьезно работающий авиамодельный кружок.

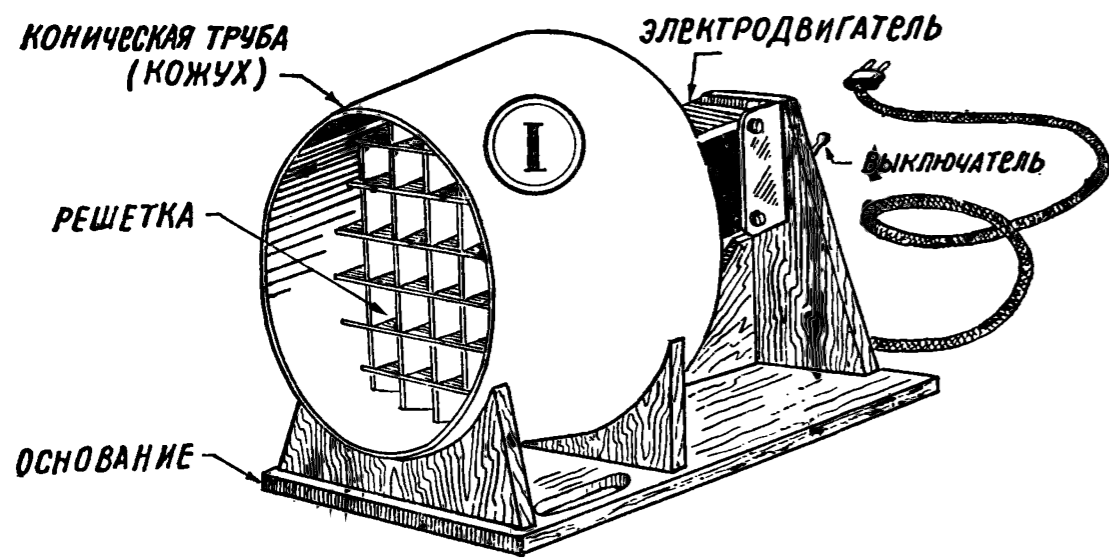
НАСТОЛЬНАЯ АЭРОДИНАМИЧЕСКАЯ ТРУБА

Описанная ниже настольная аэродинамическая труба сконструирована кандидатом технических наук И. К. Костенко, автором ряда пособий по авиационному моделизму.

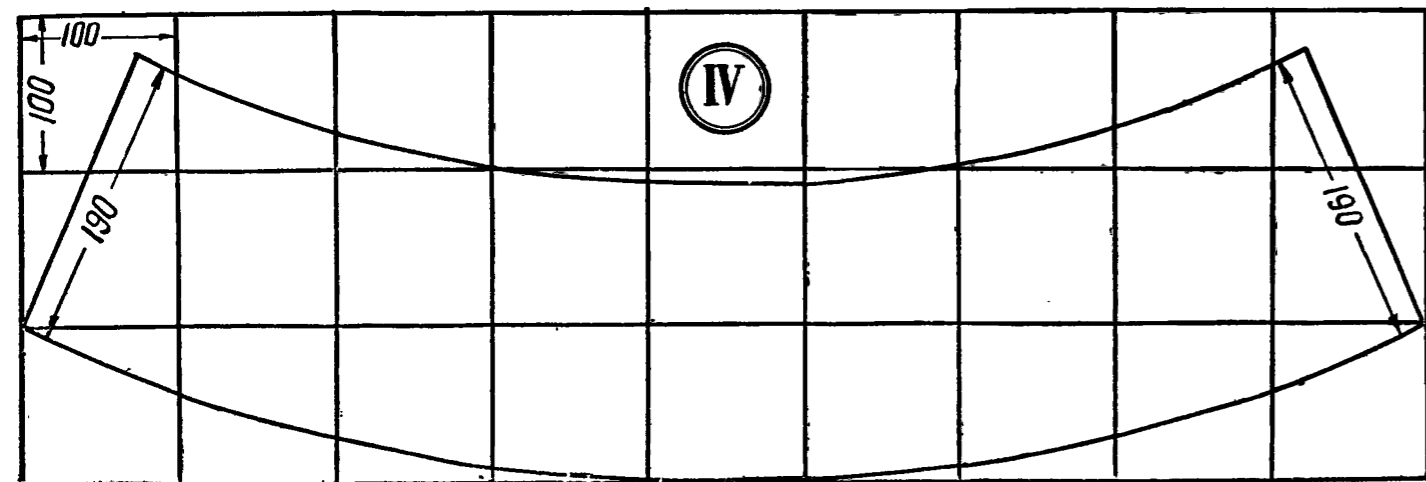
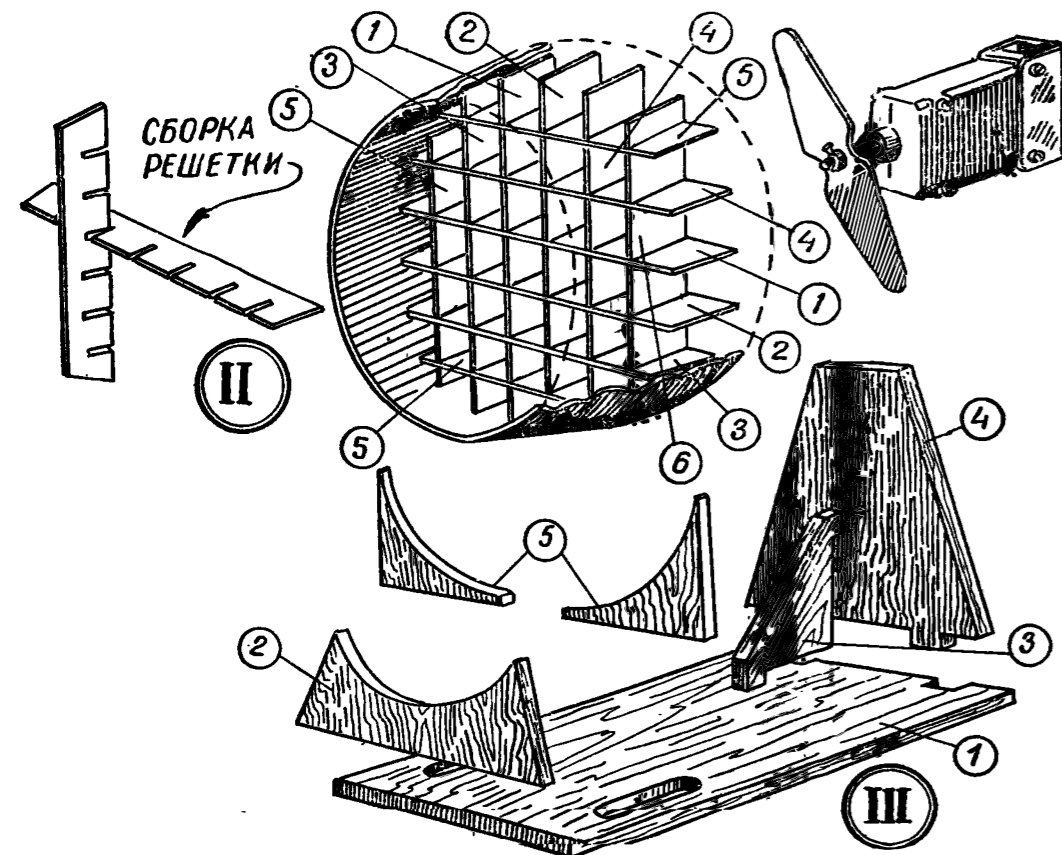
Прибор (I) представляет собой картонную коническую трубу (кожух), расположенную на фанерном основании; перед ее широкой стороной находится вентилятор, вращаемый электрическим двигателем.

Развертку конической трубы вырезают по выкройке (IV) из плотного картона толщиной не менее 1,5 мм. Концы развертки стачивают рашпилем «на ус» и тщательно зачищают шкуркой, затем изгибают выкройку в коническую трубу, смазывают концы развертки столярным или казеиновым клеем и зажимают склеенное место между двумя широкими планками — до полного высыхания.

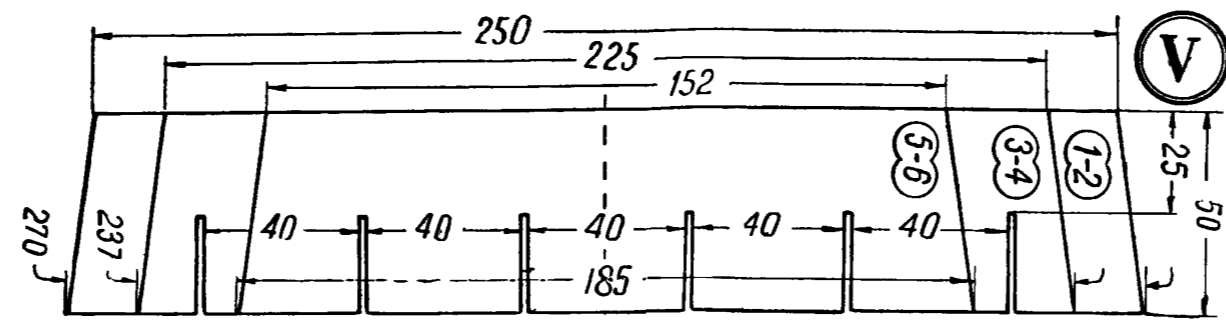
* Аэродинамика — раздел аэромеханики, посвященный изучению движения воздуха, движения твердых тел в воздухе, а также возникающих при этом сил и моментов. Аэродинамика делится на теоретическую, экспериментальную, промышленную и аэродинамику самолета.



Общий вид настольной аэродинамической трубы



Развертка (выкройка) трубы



Шаблоны деталей решетки

Отдельные части основания (III) делают из двух слоев фанеры толщиной 3—5 мм. Стойки 2, 3, 4 и 5 прикрепляют к доске 1 клеем и гвоздями. Места соединения этих стоек с трубой также смазывают клеем, затем накладывают на них трубу: для большей прочности стенки трубы прибивают небольшими гвоздями к стойкам 2 и 5.

Для выпрямления воздушного потока, несколько закручивающегося от вентилятора, служит картонная решетка (II). Она собирается из 12 лент, вырезанных из плотного, но тонкого картона, желательнее — глянцевого с обеих сторон. Размеры каждой ленты указаны на чертеже (V): в каждой из них делается прорезы до половины ширины. Места соединения лент решетки смазывают клеем. Получившуюся таким образом решетку подгоняют к внутренней поверхности трубы и укрепляют с помощью клея. Надо тщательно следить, чтобы плоскость картонных лент решетки располагалась строго по оси трубы.

Вентилятор представляет собой двухлопастный винт, выгнутый из листового дуралюмина или из латуни толщиной 1—2 мм. Выкройку винта (VI) сначала лучше сделать из картона. Вентилятор надевается на вал электродвигателя. Наиболее подходящим будет электродвигатель от швейной машины. Крепление его к стойке ясно из рисунка (VII).

Для измерения скорости воздушного потока в трубе необходим манометр с приемником скоростного напора. На рисунке (VIII) показаны все детали бачка манометра и манометр

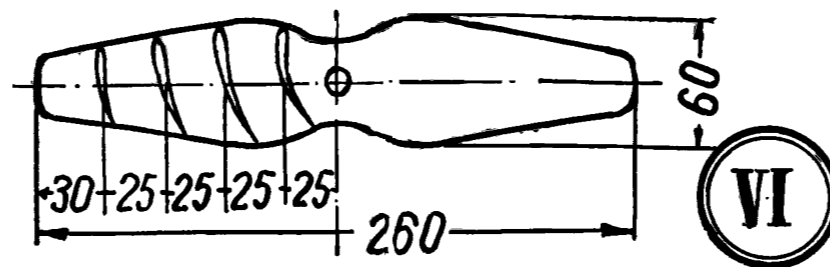
в собранном виде. Бачок делается из целлулоида толщиной 0,5—1 мм. Деталь 13 представляет собой кольцо, по обеим сторонам которого приклеены диски 14 и 15. До склейки бачка в деталях 13 и 15 нужно прорезать отверстия для трубок 6 и 7. Целлулоид хорошо клеится ацетоном.

Склеенный бачок проверяют на герметичность. Для этого нужно зажать пальцем конец одной из трубок, выходящих из бачка, и подуть в другую трубку. Воздух не должен проходить сквозь щели в бачке. Если воздух проходит, то все швы следует дополнительно смазать ацетоном.

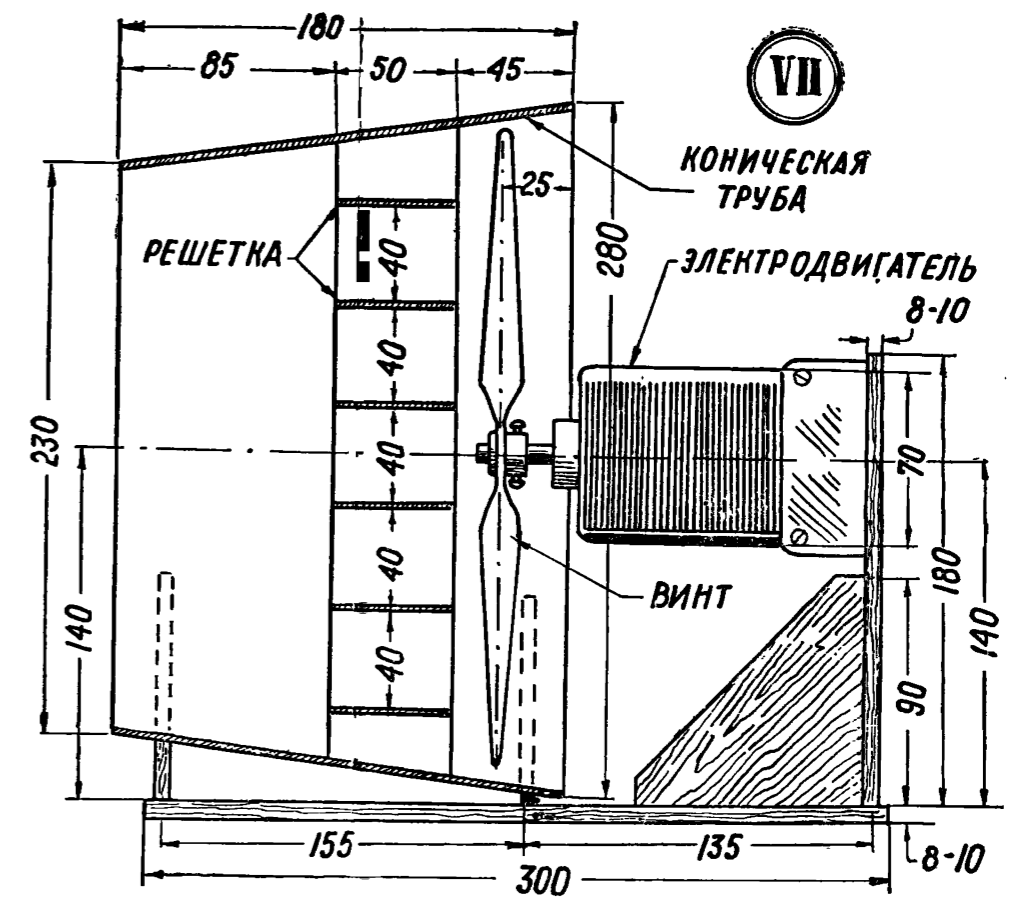
Бачок укрепляется на деревянной подставке с помощью трех шурупов или гвоздиков. Шкалу манометра с делениями в миллиметрах вырезают из бумаги и наклеивают на целлулоидную пластинку 12. Сама пластинка укрепляется вдоль подставки, в вертикальном положении. Вдоль шкалы крепится стеклянная трубка 10 длиной 105 мм и внешним диаметром 5 мм. Она должна быть укреплена точно под углом 11°30'. С помощью отрезка резиновой трубки 11 трубка 10 соединяется с трубкой 6 вклеенной в стенку бачка.

Приемник скоростного напора — стеклянная трубка 8 длиной 80 мм и внешним диаметром 5 мм. Она крепится жестяным хомутиком на стойке 16 и соединяется с трубкой 7, вклеенной в крышку бачка, с помощью резиновой трубки 9.

Через трубку 8 в бачок заливают воду — и манометр готов.



Выкройка винта



Продольный разрез трубы

Измерение скорости воздушного потока. Уровень воды в бачке и в наклонной трубке 10 очень чутко реагирует на изменение наклона манометра, поэтому его всегда следует ставить строго горизонтально.

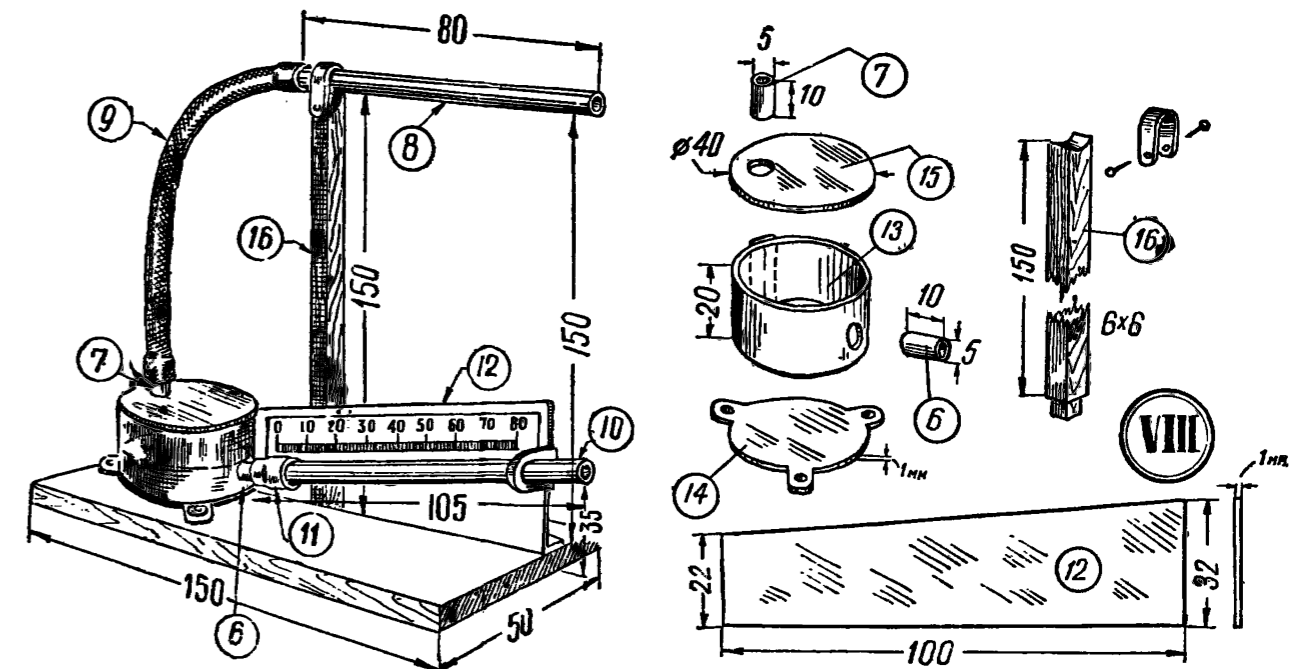
Для измерения скорости воздушного потока манометр ставят перед аэродинамической трубой, направив приемник скоростного напора (трубку 8) в сторону решетки. Поток воздуха, устремляясь в приемник, воздействует на воду, находящуюся в бачке манометра, и поднимает ее уровень на несколько миллиметров в трубке 10. Важно знать, на каком уровне была вода в этой трубке до включения вентилятора и насколько он повысился при включенном вентиляторе. Скорость потока воздуха опреде-

ляется по разнице этих уровней (h мм) пользуясь формулой:

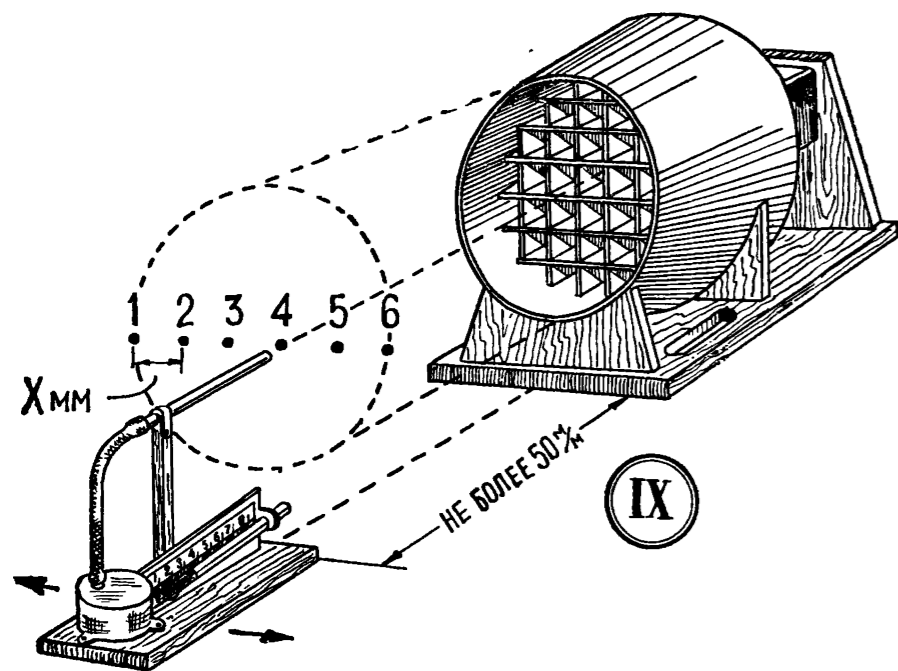
$$V \text{ м/сек} = 1,8 \sqrt{h \text{ мм}} \quad (1)$$

Например, если разница уровней составила 9 мм, то $V = 1,8 \sqrt{9} = 5,4 \text{ м/сек}$.

Как определить характер изменения скорости воздушного потока перед аэродинамической трубой, то есть построить график ее поля? Для этого нужно передвигать манометр так, как показано стрелками на рисунке (IX): при этом приемник скоростного напора должен находиться на расстоянии 50 мм от трубы, не больше, на высоте ее середины. Затем измеряют скорость потока в шести точках по всему диаметру трубы и в результате получают



Манометр и его детали



Измерение скорости воздушного потока

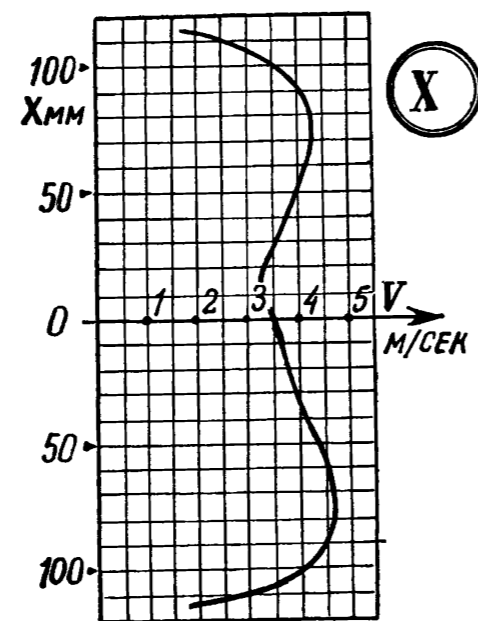
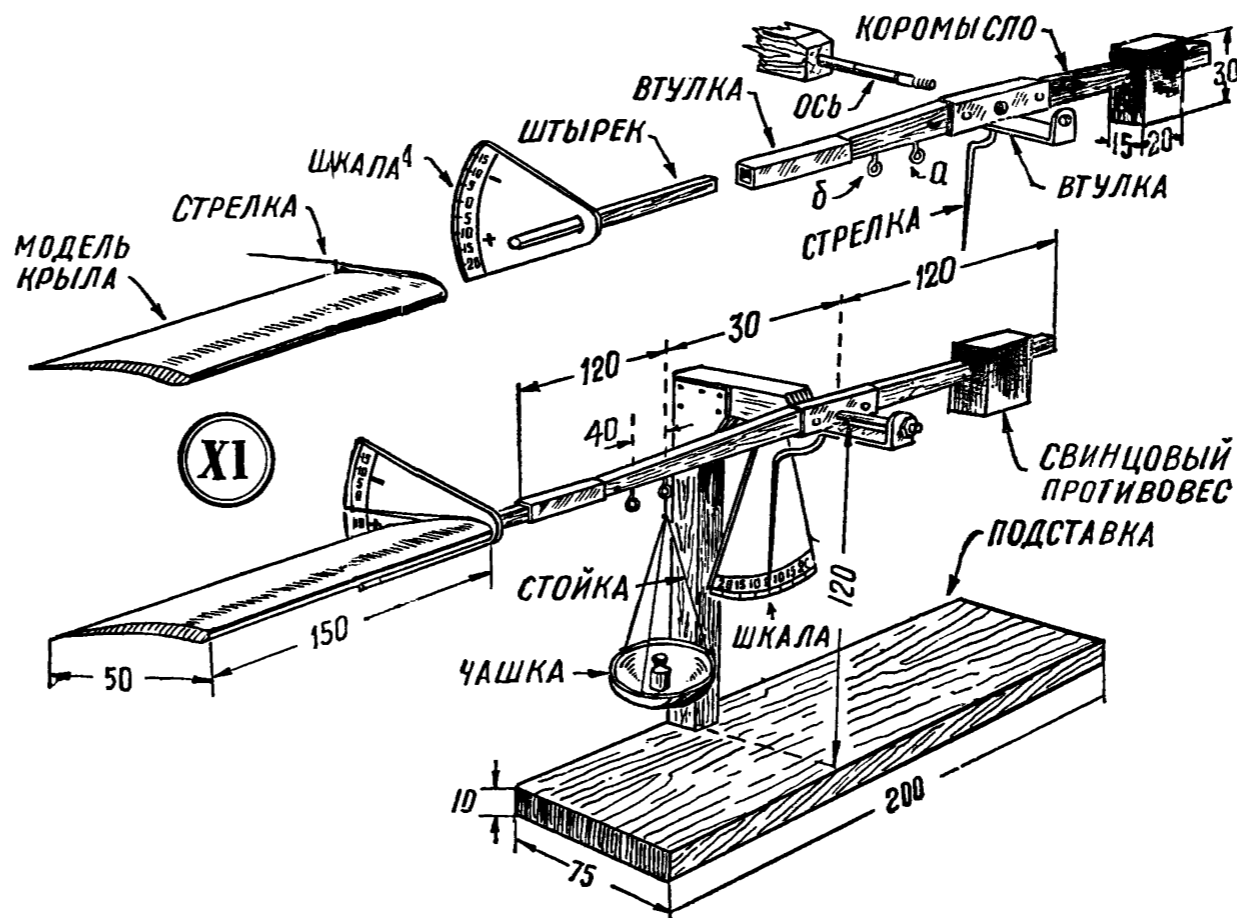
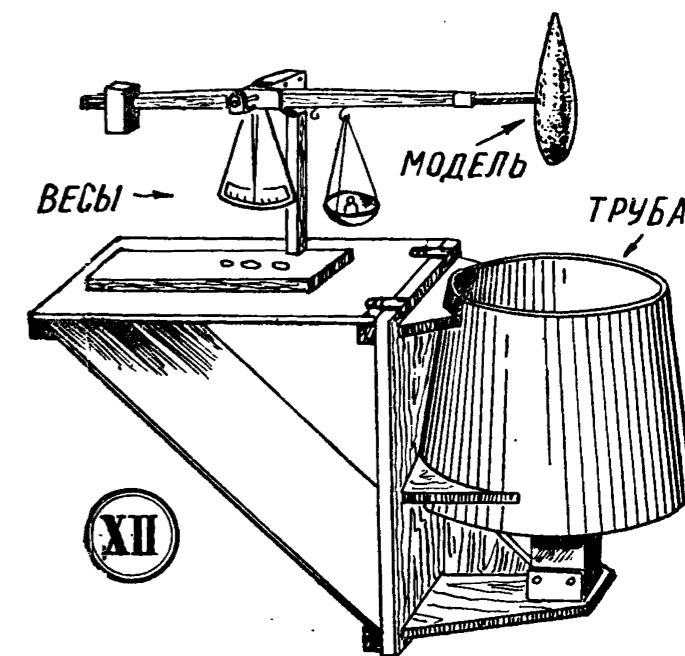


График поля трубы



Аэродинамические весы



Измерение силы лобового сопротивления

кривую изменения скорости потока воздуха по ее сечению. Изображенная на диаграмме (X) кривая характеризует поле скоростей описываемой трубы. Средняя скорость воздушного потока — при использовании электродвигателя от швейной машины — составляет 4,3 метра в секунду.

Измерение подъемной силы крыла

Для измерения подъемной силы крыла (и ряда других опытов) необходимы простейшие аэродинамические весы (XI). Они состоят из коромысла, выстроганного из сосновой рейки, надетого на стальную ось. Ось укрепляется в горизонтальном положении на деревянной Г-образной стойке. На одном конце коромысла находится свинцовый противовес, который можно передвигать для уравновешивания, на другом — втулка для закрепления испытываемой детали.

Со стороны втулки, на коромысле укреплены два крючка «а» и «б». К одному из них подвешивается чашечка для гирь, выштампованная из целлулоида толщиной 0,7—1 мм. В середине коромысла укреплена проволочная стрелка. Она располагается перед шкалой, прикрепленной к Г-образной подставке: при горизонтальном положении коромысла стрелка должна указывать на 0.

Для измерения подъемной силы крыла, аэродинамическую трубу ставят горизонтально и перед ней — аэродинамические весы. Чашечку для гирь подвешивают на крючок «а». В торец модели крыла туго вставляют штырек так, чтобы крыло могло на нем вращаться, то есть менять угол атаки. С торцевой стороны крыла на штырек наклеивается целлулоидная пластинка с бумажной шкалой углов атаки. К торцу крыла, вдоль хорды, крепят проволочную стрелку, указывающую углы атаки по транспортиру.

Установив крыло под определенным углом атаки, уравновешивают коромысло с помощью свинцового противовеса и пачинают продувку (то есть пускают в ход вентилятор). Крыло

под давлением потока воздуха поднимется вверх. Не останавливая вентилятор, надо класть на чашечку мелкие разновесы до тех пор, пока коромысло с крылом не вернется в прежнее горизонтальное положение. Общий вес разновесов, потребовавшихся для этого, и покажет подъемную силу крыла (при определенном угле атаки) в граммах. После этого нужно убрать разновесы, установить крыло под новым углом атаки, возобновить продувку и снова, с помощью разновесов, определить величину подъемной силы. При отсутствии разновесов можно пользоваться монетами (1 копейка весит ровно 1 г, 2 копейки — 2 г, 3 копейки — 3 г и 5 копеек — 5 г). Таким образом можно замерить значение подъемной силы на каждом угле атаки крыла.

Данные замеров заносятся в специальную таблицу. В первой ее графе отмечается угол атаки крыла в градусах (α°); во второй — подъемная сила в килограммах (Y); в третьей — показания манометра (h) в миллиметрах; в четвертой — скорость воздушного потока (V) в м/сек, подсчитанная по приведенной выше формуле (1); в пятой — величина коэффициента подъемной силы (C_y).

Безразмерный коэффициент подъемной силы C_y , зависящий от формы тела и угла атаки, определяется по формуле:

$$C_y = \frac{Y}{\rho \frac{V^2}{2} S} \quad (2)$$

где Y — подъемная сила в килограммах, ρ (ρ_0) — массовая плотность воздуха, зависящая от атмосферного давления и температуры (при давлении, равном 760 мм ртутного столба и температуре $+15^\circ\text{C}$ принимается равным 0,125), V — скорость воздушного потока в м/сек, S — площадь крыла в квадратных метрах (площадь крыла при указанных на чертеже размерах равна $0,0075 \text{ м}^2$).

С помощью такой таблицы можно построить график зависимости коэффициента подъемной силы C_y от угла атаки крыла α .

Измерение силы лобового сопротивления

Для измерения силы лобового сопротивления крыла или другого какого-либо тела, аэродинамическую трубу ставят вертикально, а весы — над трубой, на какой-нибудь подставке (XII). Чашечку весов перевешивают на крючок «б». В остальном поступают так же, как и при измерении подъемной силы крыла. Однако общий вес разновесов в данном случае будет показывать не подъемную силу, а лобовое сопротивление Q.

Определяя лобовое сопротивление на разных углах атаки, можно заполнять таблицу, аналогичную описанной выше, только во второй графе нужно отмечать не подъемную силу, а лобовое сопротивление в килограммах, а в пятой графе — безразмерный коэффициент лобового сопротивления C_x . Величина последнего зависит от формы тела и положения относительно направления движения (угол атаки). Коэффициент лобового сопротивления высчитывается по формуле:

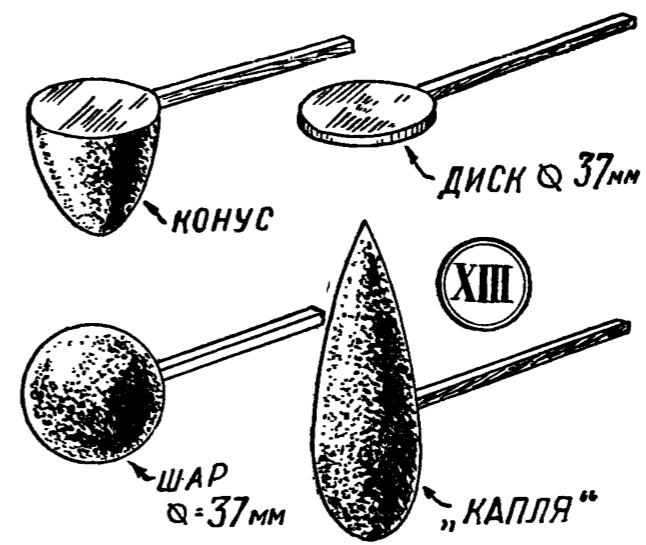
$$C_x = \frac{Q}{\rho \frac{V^2}{2} S} \quad (3)$$

где V, ρ , S — уже знакомые величины скорости движения, массовой плотности воздуха, площади крыла (или наибольшей поперечной площади тела) и Q — сила лобового сопротивления в кг.

В потоке аэродинамической трубы вместо крыла можно помещать и другие тела: диск, шар, полушарие, обтекаемое каплевидное тело (XIII). Их можно выстрогать из липы;

обтекаемое тело и полушарие склеивают из двух половинок, выдолбленных изнутри стамеской. Все тела должны иметь одинаковое наибольшее поперечное сечение (в данном случае — 37 мм). Каждое тело крепится на штырьке, выстроганном из сосны.

Силу лобового сопротивления каждого из этих тел определяют точно так же, как и силу лобового сопротивления крыла. При подсчете коэффициента лобового сопротивления по формуле 3 величину S в данном случае следует принять равной $0,00108 \text{ м}^2$.



Модели для продувок

Более подробные сведения об исследованиях аэродинамики летающих моделей и их деталей содержатся в следующих книгах и статьях:

Г. В. Миклашевский. Летающие модели. Оборонгиз, 1946.

О. К. Гаевский. Летающие модели планеров. Изд-во ДОСААФ, 1955.

В. П. Казневский. Аэродинамика в природе и технике. Учпедгиз, 1955.

В. С. Скобелцын. В помощь руководителю кружка по аэродинамике. Учпедгиз, 1953.

А. Васильев. Аэродинамика крыла летающей модели. «Крылья Родины», 1955, № 2.

Л. Белоруссов. Аэродинамические исследования профилей летающих моделей. «Крылья Родины», 1956, № 1.

И. М. Малышев. Модель аэродинамической трубы и опыты с ней. «Физика в школе», 1947, № 1.

Н. И. Зыкин. Аэродинамическая труба и опыты с ней. «Физика в школе», 1953, № 1.

П. Л. Анохин. Настольная аэродинамическая труба. «Техника — молодежи», 1952, № 3. Описание небольшой трубы с видимым потоком воздуха.

ЮНЫЙ ТЕХНИК!
СОВЕТЫ И УКАЗАНИЯ ПО
ПОСТРОЙКЕ ДЕЙСТВУЮЩИХ
МОДЕЛЕЙ ТЫ МОЖЕШЬ ПОЛУЧИТЬ
НА СТАНЦИИ ЮНЫХ ТЕХНИКОВ
ИЛИ В ОТДЕЛЕ ТЕХНИКИ ДОМА
ПИОНЕРОВ.

„ДЛЯ УМЕЛЫХ РУК“

ВЫШЛИ ИЗ ПЕЧАТИ: «Настольная аэродинамическая труба»; «Байдарка»; «Воздушные змеи»; «Воздушный шар»; «Детекторный радиоприёмник ЦСЮТ-1Д»; «Контурные модели кораблей»; «Модель автомобиля»; «Модель вертолета»; «Модель ветродвигателя»; «Модель катера»; «Модель подводной лодки»; «Модель шагающего экскаватора»; «Модель яхты»; «Самодельные электродвигатели»; «Самодельный батарейный радиоприёмник»; «Самодельный походный радиоприёмник»; «Самодельный сетевой радиоприёмник»; «Самодельный телефонный аппарат»; «Сделай сам» (Самодельные игрушки для новогодней ёлки); «Схематическая модель планера»; «Схематическая модель самолёта».

ПОДГОТОВЛЕНЫ К ПЕЧАТИ: «В помощь юному мастеру»; «Самодельный фотоаппарат».

Пособия «Для умелых рук» продаются во всех магазинах книго-торгов и киосках Союзпечати. Их можно также выписать наложенным платежом, послав заказ по адресу: Москва, В-36, 5-я Черемушкинская ул., д. 14, Магазин № 93 «Книга — почтой».



НАБОРЫ ДЕТАЛЕЙ, заготовок и основных материалов для постройки летающих и плавающих моделей («Авиамодельная посылка № 1» — схематическая модель самолёта с резиновым двигателем»; «Фюзеляжная модель самолёта»; «Летающая модель самолёта»; «Летающая модель планера», «Плавающая модель парусной яхты» и другие), модельные компрессионные двигатели внутреннего сгорания («МК-12С» и «МК-16»), наборы слесарных инструментов, лобзики и пилки к ним, наборы «Конструктор» и «Автоконструктор» и ряд других товаров для юных техников высылают Центральная торговая база Посылторга (Москва, Е-126, Авиамоторная ул., д. 50).

Прейскуранты Посылторга «Товары — почтой» имеются для ознакомления во всех почтовых отделениях, а также высылаются Центральной торговой базой по получении 60 коп. почтовыми марками.

Наложенным платежом товары не высылаются.

Заказы от учреждений и организаций Посылторг не принимает.

Редактор А. Стахурский

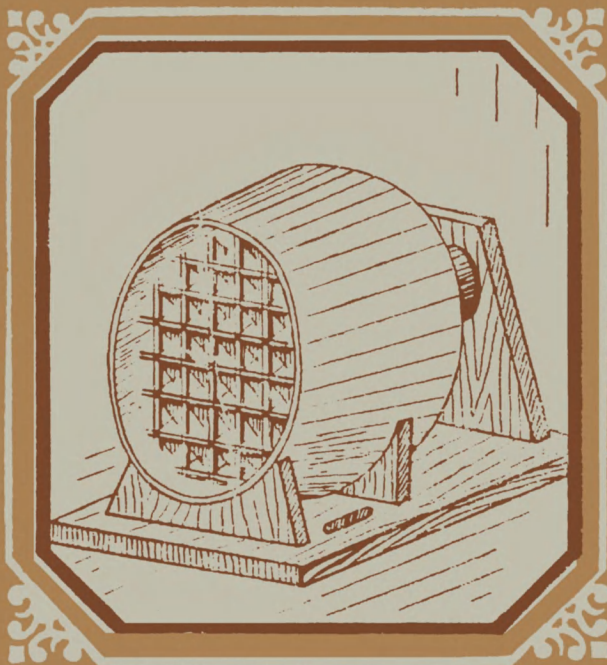
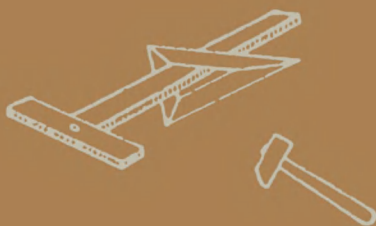
Л190425

Зак. 01323

Тираж 50 000

Министерство культуры СССР. Главное управление полиграфической промышленности.
13-я типография, Москва, Гарднеровский пер., 1а.

Цена 85 коп.



Москва — 1956

