

Б.Н. Юрьев

Аэродинамические исследования

**Москва
«Книга по Требованию»**

УДК 53
ББК 22.3
Б11

Б11 **Б.Н. Юрьев**
Аэродинамические исследования / Б.Н. Юрьев – М.: Книга по Требованию, 2018. – 447 с.

ISBN 978-5-458-32105-1

ISBN 978-5-458-32105-1

© 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 первозданном 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.

ГЛАВА I.

История Аэродинамической Лаборатории имени проф. Н. Е. Жуковского.

Возникновение Аэродинамической Лаборатории.

Аэродинамическая Лаборатория Московского Высшего Технического Училища возникла очень своеобразно. Она создавалась не по приказу начальства „свыше“, а стихийно, „снизу“, силою самих студентов, собравшихся около незабвенного Николая Егоровича Жуковского.

После первых его лекций по „Воздухоплаванию“ в 1908 году в Московском Высшем Техническом Училище возник „Воздухоплавательный кружок“, возглавляемый почетным председателем Н. Е. Жуковским. Кружок очень быстро сорганизовался и перешел к практической работе. В 1909 году Кружок уже имел планеры, и его члены делали на них полеты. Одновременно многие работники Кружка занимались постройкой различных летающих моделей и аппаратов и разрабатывали теоретические вопросы.

Кружок с самого основания возбудил живейший интерес среди широких студенческих масс. Интерес к этому Кружку был и вне стен Училища, и многие общественные деятели того времени оказывали ему как моральную, так и материальную поддержку.

Работа Кружка все время шла в двух ясно различаемых направлениях: в теоретическом и практическом. Это отразилось и на структуре Кружка. Две основные, выбранные Кружком комиссии — теоретическая и практическая — выделили из своей среды ряд подкомиссий, как-то: библиотечную, научно-рефератную, переводную, лабораторную, строительную, из которых каждая вела работу в порученной ей области с широким привлечением рядовых членов Кружка.

Работы этих комиссий выразились в целом ряде рефератов по различным научным вопросам, прочитанных членами Кружка, а также и в постройке целого ряда различных лабораторных и демонстрационных приборов и планеров. Эти первые практические работы Кружка демонстрировались на воздухоплавательной выставке, устроенной в Московском Университете на XII Съезде естествоиспытателей и врачей. Кружок принял самое деятельное участие в организации „Воздухо-

плавательной подсекции секции физических наук“, собравшей из всех секций Съезда наибольшее число членов.

На Съезде членам Кружка удалось познакомиться с работами старых русских аэродинамических лабораторий — Кучинской, основанной Д. П. Рябушинским еще в 1904 году и выпустившей первые научные труды в 1905 году, и Университетской, устроенной Н. Е. Жуковским при Механическом Кабинете. Это ознакомление указало на назревшую необходимость создания новой, более совершенной лаборатории.

Надо заметить, что эти лаборатории были одними из первых аэродинамических лабораторий на земном шаре. До этого по аэродинамике производились лишь эпизодические исследования в различных физических лабораториях.

Из многих прочитанных на Съезде докладов по теории крыльев стало вполне ясным, что в области аэродинамики нельзя идти вперед без хорошо поставленных и точных экспериментальных исследований.

В это время и за границей пришли к сознанию необходимости постройки специальных аэродинамических лабораторий. Наиболее известные аэродинамические лаборатории Прандтля в Гёттингене, Эйфеля в Париже и Английская Национальная Физическая Лаборатория были начаты постройкой в 1909 году и заработали в 1910 году.

Воздухоплавательный Кружок вследствие этого и решил создать такую лабораторию при МВТУ. Правление Училища пошло, как это оно делало всегда и в дальнейшем, навстречу студентам и разрешило им пользоваться мастерскими Училища и отвело для установки приборов половину „чертежной пятого курса“. В этом помещении и решено было установить две аэродинамических трубы — одну круглую с диаметром в 1 метр и другую, по идее Н. Е. Жуковского и П. П. Соколова, прямоугольную с размерами сечения рабочей части $1,5 \times 0,3$ метра. Проектирование и наблюдение за постройкой этих труб было возложено на студента А. Н. Туполева, вполне успешно выполнившего эту работу.

Одновременно с трубами была построена собственноручно В. И. Слесаревым деревянная ротативная машина для исследования моделей винтов, приводившаяся в действие с помощью подающих грузов.

Постройка труб истощила небольшие средства Кружка, между тем перед ним уже стояла новая задача, а именно — постройка собственного аэроплана, на что требовались опять-таки деньги и не малые, для студенческой организации.

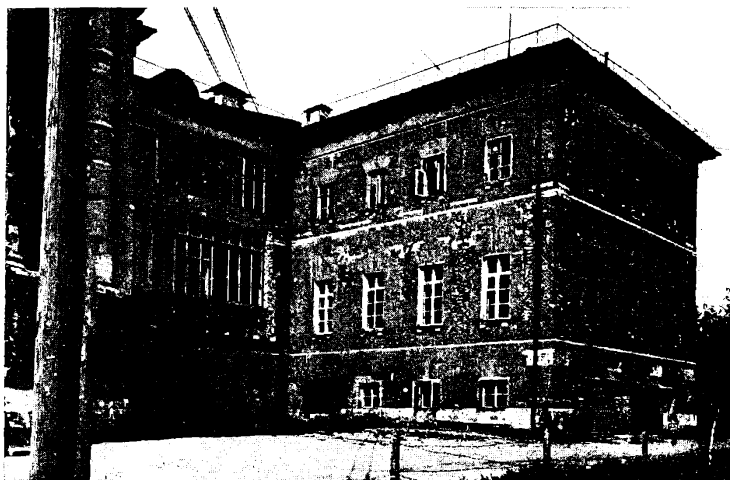
Кружок с честью вышел и из этих затруднений, устроив в МВТУ выставку воздухоплавания, где демонстрировались всевозможные приборы, как вновь построенные Кружком, так и доставленные из Университета и Кучинского Института. Выставка вполне удалась и на полученные средства Кружок смог закончить и постройку труб, и начать постройку аэроплана типа, близкого к Блерио XI.

Недостаток средств вскоре (в 1910 г.) заставил Воздухоплавательный Кружок продать построенные им трубы Московскому Высшему Техническому Училищу, которое и продолжило дальнейшую организацию лаборатории на средства, полученные от общества имени Леденцова.

С этого момента и началась собственно работа Аэродинамической Лаборатории МВТУ.

Однако, работы Кружка и Лаборатории МВТУ за все время их существования переплетались весьма тесно. Последовательно в Лаборатории собирались и строились различные планеры, аэроплан Кружка, геликоптер Юрьева и проч.

Лаборатория постепенно разрасталась, и Училище прирезывало ей помещение за помещением, пока она, наконец, в 1916 г. не легла в естественные границы здания, не дающие ей теперь возможности развиваться дальше (см. фиг. 1).



Фиг. 1. Общий вид Аэродинамической Лаборатории имени проф. Н. Е. Жуковского. Лаборатория помещается в третьем этаже здания МВТУ.

Историю Лаборатории можно разбить на три характерных периода: 1) довоенная, „героическая“ история, 2) военная работа Лаборатории и 3) работа при советской власти.

Довоенная работа Лаборатории.

Этот период может быть вполне по праву назван героическим. Работники Кружка отдавали все свои силы на работу в Лаборатории или в мастерских Училища, строя различные приборы и аппараты. Работа велась с огромным энтузиазмом, совершенно бескорыстно; многие проводили чуть не круглые сутки в Лаборатории.

Понятно, что лишь при таких условиях можно было вести научные исследования на те жалкие средства, какие отпускались тогда Лаборатории.

Одною из первых работ Лаборатории было исследование теоретических крыльев. Проверялась теорема С. А. Чаплыгина о подъемной силе тонкого крыла в виде цилиндрической поверхности,— по этой теореме подъемная сила при нулевом угле атаки пропорциональна не площади крыла, а стрелке его вогнутости. Эта теорема довольно хорошо подтвердилась на опытах, произведенных в плоской трубе. Далее шли опыты с теоретическими крыльями Н. Е. Жуковского и С. А. Чаплыгина типа инверсий параболы. Ассистент Н. Е. Жуковского Г. И. Лукьянов вел в плоской трубе исследования крыльев всех аэропланов того времени. Эти работы докладывались на первом и втором Всероссийских Воздухоплавательных съездах и частично были напечатаны на русском и немецком языках.

Большие исследования были произведены Г. И. Лукьяновым по проверке теории обтекания жидкостью цилиндра и шара. Эти работы были начаты им еще в бытность студентом Московского Университета и продолжались в МВТУ вплоть до войны. Эти работы частью вошли в „Теоретические Основы Воздухоплавания“ Н. Е. Жуковского и частью были напечатаны в изданиях Леденцовского Общества. Ссылки на эти работы приходилось встречать в иностранной литературе даже в 1923 году.

В этот же период Лаборатория провела много исследований с вентиляторами типа „Нория“, над которыми тогда работал Н. Е. Жуковский. Опыты велись как над малыми моделями, так и над большою опытною установкою, устроенною в коридоре Лаборатории.

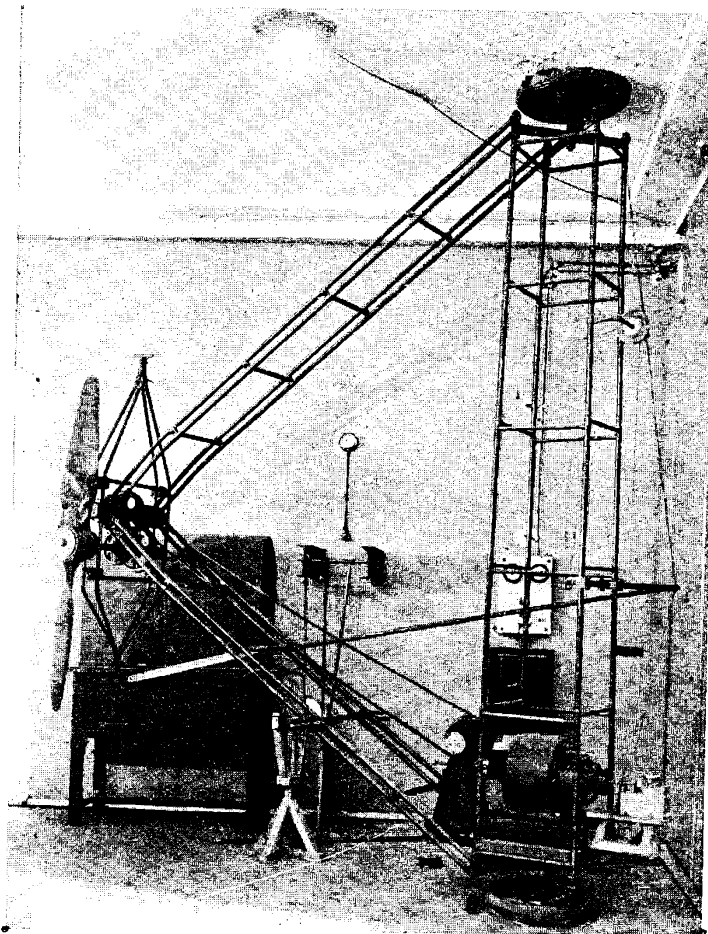
К этому же времени относятся первые исследования по гребным винтам, производившиеся Г. Х. Сабининым, Б. Н. Юрьевым и В. П. Ветчинкиным. Опыты велись на построенном по идее Николая Егоровича в 1911 г. Н. Р. Лобановым крановом станке для исследования винтов работою на месте (см. фиг. 2). Опыты эти принесли большую пользу для развития в России теории гребных винтов,— первые исследования уже обнаружили сжатие струи за пропеллером, наличие вихрей и т. д.

Г. В. Сорокоумовский производил интересные исследования над трением воздуха о твердые тела и изучал явления авторотации гребных винтов. Им же и Г. И. Лукьяновым велись опыты по исследованию колебаний моделей аэропланов в аэродинамических трубах. Эти работы были доложены на 2-ом Воздухоплавательном Съезде в Москве в 1912 году. Опыты эти следует признать за одни из самых ранних исследований по динамической устойчивости самолетов.

Следует заметить, что весьма трудно выделить отдельные работы того времени, ибо производилось их вообще очень много и при той бурной деятельности Лаборатории, какая имела место в те героические годы, многое совершенно не было зафиксировано. Работы делались, результаты их докладывались на заседаниях Кружка или Московского Общества Воздухоплавания, иногда печатались, после

чего протоколы Лаборатории или оставались на руках авторов, или же просто уничтожались.

Помимо собственно научной работы, в лаборатории постоянно велись, как мы уже на это указывали, различные постройки. Так, в Лаборатории был построен несколько видоизмененный аэроплан типа Блерио XI, на котором члены Клуба обучались впоследствии полетам.



Фиг. 2. Станок для испытания винтов работою „на месте“, построен по идее Н. Е. Жуковского студентом Н. Р. Лобановым.

Эта машина была, повидимому, вторым аэропланом, построенным в России и из русских материалов. Следующею большою постройкою, также осуществленною в Лаборатории, была модель в натуру геликоптера Б. Н. Юрьева, построенная Клубом опять-таки почти исключительно силами своих членов¹⁾. Одновременно с этими большими постройками велись различные мелкие работы как по осуществлению разных изобретений, так и по изготовлению различных научных приборов.

¹⁾ С какими трудностями сопряжены были эти работы в то время, теперешние работники авиации не могут себе даже представить. Приходилось самим изготовлять болтики, гайки, тендеры и проч., что теперь стало уже стандартным материалом.

Работа на аэродинамических трубах показала, что они являются незаменимыми аппаратами для аэродинамических исследований. Однако, применявшиеся тогда размеры труб оказались слишком малыми для многих исследований, и у работников Лаборатории возникла мысль о необходимости создания труб значительно больших размеров.

У таких труб наиболее дорогою частью является моторная установка, и вопросы экономичности трубы начинают играть большую роль. Вследствие этого в Лаборатории начались под руководством Н. Е. Жуковского исследования как уже имевшихся труб, так и опыты над моделями труб, которые предполагалось когда-нибудь в дальнейшем осуществить.

Эти опыты вел М. Ф. Адамчик. Им было получено много интересных результатов; из них отметим выяснение влияния экрана, поставленного перед коллектором трубы, и доказательство возможности получения „качества труб“ значительно большего единицы.

Непосредственное руководство работой Лаборатории лежало на ученике Н. Е. Жуковского Г. И. Лукьянове, энергии и энтузиазму которого следует в значительной степени приписать успешность работ Лаборатории этого периода.

Душою же всех этих работ был Н. Е. Жуковский с его поразительным умением сочетать исследование самых сложных вопросов теории с применением их результатов для целей практики.

Следует еще заметить, что в то время весь официальный научный персонал Лаборатории состоял из заведующего в лице Н. Е. Жуковского и его ассистента Г. И. Лукьянова, вся же работа велась бесплатно добровольцами из членов Воздухоплавательного Кружка. Нередко этим добровольцам приходилось самим же добывать необходимые для научных работ средства, для чего приходилось прибегать к устройству платных лекций и выставок, организовывать платные полеты на аэродроме, собирать пожертвования и т. п.

Все это послужило к более тесной взаимной спайке работников Кружка и выработало в них, помимо умения коллективно работать, еще веру в собственные силы и упорство в достижении раз поставленной цели. Наличие этих работников и дало возможность создать впоследствии такие крупные научно-исследовательские учреждения, как Центральный Аэро-Гидродинамический Институт НТУ ВСНХ, Академия Красного Военного Воздушного Флота и аэромеханическая специализация при Московском Высшем Техническом Училище.

Военная работа Лаборатории.

С началом Европейской войны на Лабораторию выпали две задачи,— первая заключалась в обслуживании научными советами Управления Военных Воздушных Сил, а вторая состояла в первоначальном теоретическом обучении будущих летчиков.

Для решения первой задачи при МВТУ было организовано Расчетно-Испытательное Бюро. Это Бюро занималось, главным образом, проверочными расчетами различных закупаемых за границей и строящихся внутри страны самолетов, а также оно вело в Аэродинамической Лаборатории МВТУ все необходимые для Воздухофлота аэродинамические исследования, как-то: испытания моделей крыльев и фюзеляжей самолетов, исследования авиационных бомб и стрел и т. п.

Работа Расчетно-Испытательного Бюро была направлена почти исключительно на развитие методов расчета самолета и его частей, в области же экспериментальной хотя и было произведено много опытных исследований, однако почти все они велись по старым методам, выработанным еще до войны. Господствовала в то время почти исключительно плоская труба. Попытались некоторые опыты производить и в старой круглой трубе с $D=1$ м, однако она оказалась неудачною, и поток в ней был сильно закручен.



Фиг. 3. Большая бетонная труба с диаметром рабочей части в 3 метра; находится во дворе МВТУ.

В 1915 — 16 годах продолжались исследования над аэродинамическими трубами, начатые еще до войны. Недостатки имевшихся аэродинамических труб заставили заняться вплотную вопросом о постройке новых, более совершенных аппаратов этого рода.

Таким образом, возникла новая круглая труба с полутораметровым диаметром. Она помещена между каменными стенками коридора Лаборатории и сохранилась и работает до сего дня. Проект этой трубы был разработан М. Ф. Адамчиком.

Вторая труба, с очень большим по тому времени 3-х метровым диаметром, была начата постройкою во дворе МВТУ. Труба эта была спроектирована М. Ф. Адамчиком и построена из железо-бетона фирмою „Бр. Виноградовы“. Она теперь почти закончена (см. фиг. 3). В настоящее время она уже устарела, так как вследствие установки ее на открытом воздухе в ней не обеспечена равномерность потока, требующаяся для современных точных наблюдений.

Кроме постройки этих труб, были произведены капитальные переделки старых аппаратов Лаборатории, выработаны новые типы весовых устройств и построено несколько новых мелких аппаратов. Руководство постройкою труб и проектированием новых приборов лежало с 1916 до 1918 г. на А. Н. Туполеве.

А. Н. Туполев вел в эти годы большие исследования по аэродинамическим трубам и выработал оригинальную форму замкнутой трубы. Эту трубу предполагалось построить в очень больших по тому времени размерах для Центральной Научно-Технической Лаборатории военного ведомства в Петрограде (потом ГОНТИ).

Для наблюдения за этой работой был выделен из работников Расчетно-Испытательного Бюро Г. М. Мусинянц. Части трубы изготовлялись на аэротехническом заводе в Москве.

Работа эта не была окончена вследствие пожара на заводе, во время которого погибли все заготовки для этой трубы.

Большим ущербом для Лаборатории было отвлечение от нее на военную службу многих ее старых работников. Почти вся экспериментальная работа этого периода лежала на А. В. Раковском, Г. М. Мусинянце и К. А. Ушакове.

Работы Расчетно-Испытательного Бюро издавались в виде выпусков его „Трудов“. Всего вышло 7 литографированных выпусков „Трудов“ и несколько десятков литографированных проверочных расчетов различных аэропланов. В издании этих трудов особо деятельное участие принимали сам Н. Е. Жуковский и В. П. Ветчинкин, поместившие в них ряд своих ценных теоретических исследований. На В. П. Ветчинкине лежало руководство почти всеми проверочными расчетами, производившимися в Бюро. Однако, среди всех статей, помещенных в „Трудах“ Бюро, имеется всего лишь две, посвященных экспериментальным исследованиям Аэродинамической Лаборатории. Большая часть этих исследований не печаталась, а передавалась заинтересованным учреждениям в виде протоколов испытаний и светоконтий с диаграмм.

Что касается учебной деятельности Лаборатории, то она выразилась в создании „Теоретических Курсов по Авиации“ для подготовки будущих летчиков. Во главе этих курсов стоял Н. Е. Жуковский. Первые выпуски летчиков состояли почти исключительно из членов Воздухоплавательного Кружка. Полученная ими солидная научная подготовка, а также и практическая работа на фронте в качестве летчиков весьма пригодились впоследствии после войны, при организации ЦАГИ. Институт благодаря этому обстоятельству смог получить достаточное количество научно и практически подготовленных по авиации лиц для работы в отделах Института. Это же обстоятельство продолжает и теперь приносить большую пользу Лаборатории, поддерживая живую ее связь с „местами“. Многие авиа-работники, питомцы „Теоретических Курсов“ или МВТУ, считают своим долгом, приезжая из далекой провинции, где они служат, посетить „свою“

Лабораторию и узнать, что есть „нового по авиации“, навести справки о своих друзьях или поделиться полученными ими опытом на практической работе.

Новая история Лаборатории (после Революции).

После Революции Расчетно-Испытательное Бюро было переведено в Экспериментальный Институт Путей Сообщения в виде его отдела. Однако, такое положение не удовлетворяло работников Бюро, так как не позволяло развернуть работы в достаточно широком масштабе. Были сделаны попытки создать более мощное научное учреждение, — Центральный Институт Аэро- и Гидродинамики. Благодаря усилиям Г. И. Лукьянова, А. Н. Туполева и И. А. Рубинского это вскоре удалось осуществить. Бюро с несколько расширенными штатами вошло в Научно-Технический Отдел ВСНХ под названием Центрального Аэро-Гидродинамического Института (ЦАГИ).

Мы не будем останавливаться здесь на деятельности этого Института, как целого, и лишь ограничимся кратким описанием деятельности одной его составной части — Аэродинамической Лаборатории МВТУ. Первые годы жизни Института были направлены на организационные вопросы; кроме того, холод, голод и общая разруха не позволяли развернуть научную работу в сколько-нибудь значительном размере. Первое время пришлось ограничиваться уже налаженными приборами, перешедшими от Расчетно-Испытательного Бюро, и вести на них лишь самую неотложную текущую работу. Самый характер первых работ был чисто утилитарный. Лаборатория вела помимо экспериментальной работы еще различные проектирования и расчеты для Воздушного Флота и авиазаводов. Так, проектирование двухмоторного триплана КОМТА (Комиссии по Тяжелой Авиации) было проведено почти исключительно работниками Лаборатории и прикомандированными к ней инженерами из 6. Дивизиона Воздушных Кораблей. Проектировались также в Лаборатории многочисленные пропеллеры, лыжи и т. д. как для аэропланов, так и для аэросаней.

Вообще же, несмотря на весьма тяжелые материальные условия и необходимость для сотрудников заниматься побочными работами для поддержания своего существования, жизнь в Лаборатории шла все время, не прерываясь. Приходилось работать на аэродинамических трубах на искусственном ветре при температуре в помещении Лаборатории в минус 9° и затем дома, в „тепле“, т.-е. при — 3° до + 5° заниматься ремонтом пишущих машинок, часов или шитьем сапог.

Первоначально в Лаборатории работы велись так называемую экспериментальною группою, состоящею из откомандированных из разных отделов ЦАГИ сотрудников, ничем собственно не связанных между собою. Это весьма неблагоприятно отражалось на продуктивности и плане работ. Вследствие этого в 1920 году Аэродинамическая Лаборатория была развернута в Экспериментально-Аэродинамический Отдел ЦАГИ. После этого работа хотя и стала более организованной, но все

же общие условия были слишком неблагоприятны для развертывания широкой научной работы, и лишь в 1922 году удалось поставить лабораторные исследования на должную высоту.

Первый период усиленной научной работы Лаборатории можно назвать критическим периодом, так как он был посвящен главным образом критике и исследованию самих методов аэродинамических испытаний.

Первым прибором, попавшим под удары этой критики, была плоская труба, работавшая в Лаборатории без перерывов 12 лет. Подозрение пало сперва на точность установленных на ней весов, представляющих собою просто зеркальную стенку трубы, по которой катались шарики, поддерживающие раму, несущую модель. Мы здесь не будем описывать эту трубу в ее старом виде, так как она подробно описана в „Теоретических Основах Воздухоплавания“ проф. Н. Е. Жуковского. Отметим здесь лишь обнаруженное на опытах явление прогиба стеклянных стенок трубы и большое влияние неизбежного в этой трубе зазора на получаемые аэродинамические характеристики испытываемых в ней крыльев. Большим недостатком ее была схема весов, построенных для работы по способу трех моментов; их рабочие формулы были крайне неудобны для вычисления. Вскоре поэтому на этой трубе были установлены новые параллельные весы, — очень простое приспособление для параллельного направления перемещений платформы весов. Идея таких весов была высказана впервые Г. М. Мусинянцем, а осуществлены они были им совместно с К. А. Ушаковым. Прогиб стекла, несущего платформу, был изучен и были выработаны приемы для исправления опытов на его влияние. Кроме того, изменилась и сама методика исследований; отсчеты ранее велись по средним показаниям приборов за некоторый промежуток времени, теперь же все измерения делались исключительно по методу мгновенных отсчетов, т.-е. в моменты остановок платформы в равновесии. Этот метод получил на лабораторном жаргоне название способа „гоп-гоп“, по характерному выкрикиваемому экспериментаторами сигналу, хорошо покрывающему гул работающих труб.

Всеми указанными приемами была значительно повышена точность самих измерений; однако, возникли большие сомнения относительно законности переноса результатов испытания модели почти квадратного крыла с размерами 300×295 мм, заключающегося между двумя стенками с зазором в 2,5 мм, на аэропланное крыло с относительным удлинением, равным 6 (или даже 10), какое употребляется на аэропланах (см. фиг. 4).

Были предприняты специальные опыты по изучению влияния зазора на аэродинамические свойства крыльев. Опыты указали на весьма большое его влияние, и пришлось позаботиться о точной и однообразной установке моделей крыльев, обеспечивающей постоянство зазоров.