

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ
БИБЛИОТЕКА
СОЛДАТА



Проф. А. А. Космодемьянский

Н. Е. ЖУКОВСКИЙ
ОТЕЦ РУССКОЙ АВИАЦИИ

НАУЧНО-ПОПУЛЯРНАЯ БИБЛИОТЕКА СОЛДАТА

ДОКТОР ФИЗИКО-МАТЕМАТИЧЕСКИХ НАУК
ПРОФЕССОР ИНЖЕНЕР-ПОЛКОВНИК

А. А. КОСМОДЕМЬЯНСКИЙ

НИКОЛАЙ ЕГОРОВИЧ
ЖУКОВСКИЙ—
ОТЕЦ РУССКОЙ АВИАЦИИ



ВОЕННОЕ ИЗДАТЕЛЬСТВО
ВОЕННОГО МИНИСТЕРСТВА СОЮЗА ССР

Москва — 1952

СОДЕРЖАНИЕ

	<i>Стр.</i>
1. Введение	5
2. Гимназические годы Н. Е. Жуковского	13
3. Николай Егорович Жуковский — студент Московского университета	19
4. Работы Н. Е. Жуковского по гидромеханике	31
5. Из истории авиации в России	52
6. Работы Н. Е. Жуковского по теоретической аэродинамике	75
7. Работы Н. Е. Жуковского по экспериментальной аэродинамике	93
8. Работы Н. Е. Жуковского по технической аэродинамике	106
9. Н. Е. Жуковский и советская наука	118

Редактор член-корреспондент Академии наук СССР профессор
генерал-майор инженерно-технической службы В. В. ГОЛУБЕВ

Редактор издательства Я. М. КАДЕР

Консультанты: Заслуженный деятель науки и техники, профессор
генерал-лейтенант инженерно-технической службы В. С. ПЫШНОВ,

доцент кандидат технических наук инженер-полковник С. Я. СТРИЖЕВСКИЙ

Обложка художника С. А. МИТРОФАНОВА

Технический редактор Г. Ф. СОКОЛОВА

Корректор Е. А. МУСАТОВА

Г92007.

Подписано к печати 29.1.52.

Изд. № 1/2757.

Формат бумаги 84×108¹/₃₂ — 2,125 б. л. = 6,97 п. л. 7,119 уч.-изд. л. Зак. 539.

Номинал — по прейскуранту 1952 г.

1-я типография имени С. К. Тимошенко

Управления Военного Издательства Военного Министерства Союза ССР

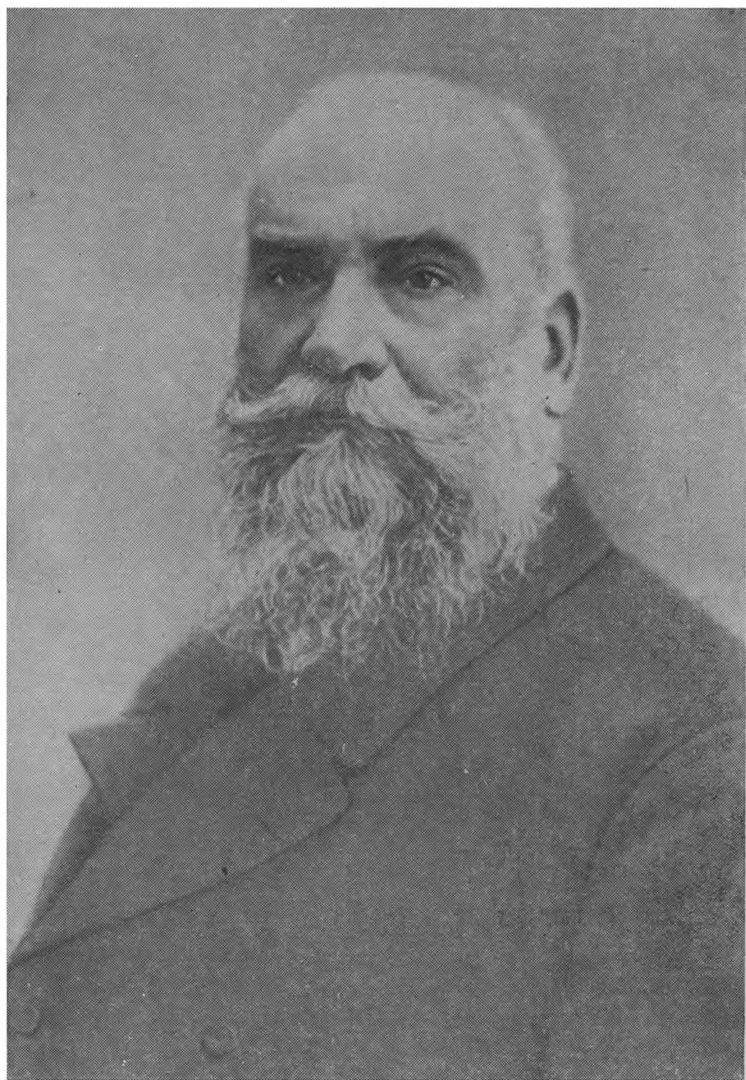


Рис. 1. Николай Егорович Жуковский (1847—1921)



1. ВВЕДЕНИЕ

История нашей Родины знает много славных имён революционеров науки и техники, сделавших открытия мирового значения. К таким революционерам науки и техники и принадлежал всемирно известный учёный Николай Егорович Жуковский. Профессор Московского университета и Московского Высшего Технического училища, Н. Е. Жуковский был гениальным русским исследователем, основоположником теоретической, технической и экспериментальной аэромеханики. Владимир Ильич Ленин назвал Жуковского «отцом русской авиации».

Мы гордимся гениальными научными открытиями Жуковского, оригинальными приёмами и методами его исследовательской работы в различных отделах теоретической и прикладной механики. Созданные Жуковским плодотворные научные направления и новые пути научных изысканий оставили неизгладимый след на последующем развитии механики и аэромеханики в России. Они явились надёжным фундаментом дальнейшего научно-технического прогресса, вошли в мировую сокровищницу науки.

Научные исследования Жуковского отмечены широтой научного кругозора и полным пониманием передовых устремлений своего времени. **«Решение определённых реальных задач механики»** — вот руководящий девиз научной школы Жуковского.

Жуковский произвёл подлинную революцию в преподавании теоретической механики в высшей школе нашей страны. Созданные им учебники по механике являются золотым фондом русской научно-учебной литературы.

Научная деятельность Н. Е. Жуковского знаменует новую эпоху развития теоретической механики в нашей стране. До работ Н. Е. Жуковского в русских универ-

ситетах теоретическая механика не считалась самостоятельным предметом и развивалась как прикладная математика. Специальных кафедр теоретической механики не было. Преподавание и научную работу по всему циклу механических дисциплин вели кафедры прикладной математики. У научных работников, занимавшихся в те годы исследованиями по механике, центр тяжести творческих исканий лежал главным образом в преодолении вычислительных (или, как говорят учёные, — аналитических) трудностей. Созданию методов вычислений и совершенствованию техники расчётов, позволяющих получать в конечном результате число, учёные уделяют главное внимание. Арифметика объявляется царицей наук. Подавляющее большинство научных работ этого периода развития русской механики посвящено чисто математическим исследованиям и обобщениям уравнений движения, отысканию решений сложных и весьма общих уравнений.

Учёные этой научной школы основное внимание уделяли строго математическим приёмам решения задач. На первый план в научном исследовании выдвигались: возможно более общая и широкая постановка задачи, стремление учесть даже второстепенные факторы, точность и логичность развиваемых методов. Образно выражаясь, можно сказать, что учёные-механики аналитической школы создавали богатую серию инструментов, но мало заботились о тех исходных материалах, которые подвергались обработке созданными инструментами. Как правило, новые инструменты проверялись на старых, хорошо известных материалах, а потому создаваемые вещи больше поражали красотой и изяществом исполнения, но не оригинальностью и новизной. Практические приложения создаваемых теорий часто оставались нераскрытыми.

Научная школа механиков-аналитиков конца XVIII и начала XIX веков значительно подвинула вперёд развитие точных методов исследования тех задач механики, которые, в сущности, были поставлены основополагающими работами Ньютона и Лагранжа.

Как неоднократно писал и говорил Жуковский, — «При своём дальнейшем развитии в 19 веке динамика пошла главным образом по направлению, указанному Лагранжем. Появляется школа аналитиков, которая ставит себе задачей исследование общих уравнений

движения с целью отыскания методов их интегрирования и установления **новых** принципов динамики»¹.

Школа механиков-аналитиков имела в России выдающихся, талантливых представителей. Здесь прежде всего необходимо назвать академика Михаила Васильевича Остроградского (1801—1861) — крупного математика и основоположника аналитической механики в нашей стране. Ему принадлежат первоклассные результаты по методам интегрирования уравнений аналитической механики и разработке обобщённых принципов статики и динамики. Учениками и последователями Остроградского были профессора Московского университета Н. Д. Брашман, Ф. А. Слудский и А. Ю. Давыдов. От них Жуковский получил в Московском университете хорошую аналитическую выучку; однако он превосходно видел сравнительно малую практическую действенность этой научной школы.

Математические методы для учёного-механика представляют техническую сторону мастерства. Это как бы правила стихосложения для поэта. Всякому ясно, что истинная поэзия не только область для приложения логичных и непреложных законов стихосложения. Биение горячего человеческого сердца и высокую благородную мысль несёт в себе истинная поэзия. Так и в механике. Бывает, и нередко, что научный труд по механике — это собрание более или менее трудных упражнений в различных отделах математики. Красивый набор формул, отточенная формальная логика суждений, но очень мало истинного познания законов движения. **Изучение реальных закономерностей простейшей формы движения материи и стремление использовать эти закономерности для сознательной перестройки жизни людей — вот что характерно для подлинной науки — механики.**

Научная школа механиков-аналитиков в России развивала идейное богатство теоретической механики, выросшее на материале человеческой культуры XVII и XVIII веков. Главные проблемы, решаемые учёными этой школы, естественно, вытекали из развития самой науки. Реальным основанием большинства их логических обобщений и умозаключений являются главным образом наука и техника предшествовавшей эпохи.

¹ Н. Е. Жуковский, Соч., т. II, 1935, стр. 150.

Но XIX век ознаменовался в России быстрым развитием техники как гражданской, так и военной. Это была техника нарождающегося промышленного капитализма. Характерной особенностью народного хозяйства России в первые десятилетия XIX века было разложение крепостного уклада под влиянием развития капиталистических отношений. Хорошо известно, что начало XIX века было временем широкого практического внедрения таких технических изобретений, как паровоз и пароход. Применение паровых машин привело к зарождению механизации промышленности.

Перед механикой начали ставиться реальные задачи. Эти новые задачи ясно показывали ограниченность методов классической аналитической механики.

После 1861 года в России наступил «...пореформенный, капиталистический период русской истории»¹, это было время быстрого развития капитализма в России. В. И. Ленин в одной из своих работ писал, что «...после 61-го года развитие капитализма в России пошло с такой быстротой, что в несколько десятилетий совершались превращения, занявшие в некоторых старых странах Европы целые века»².

Несмотря на тяжёлые условия работы учёных, гнёт царского самодержавия, этот период в истории науки и культуры России отмечен выдающимися произведениями русского гения. Развитие новых способов сообщения, рост техники и мастерства, новые оригинальные изобретения, строительство фабрик и заводов, а также развитие механизации промышленного производства, естественно, приводили к расширению тематики исследований русских учёных-механиков. Достаточно указать, что в эти годы учёный и инженер Н. П. Петров (1838—1920) создаёт теорию работы подшипников скольжения, так называемую гидродинамическую теорию смазки; Н. В. Маиевский (1823—1892) разрабатывает новые артиллерийские нарезные орудия для стрельбы вращающимися продолговатыми снарядами и создает теорию полёта вращающегося артиллерийского снаряда; Д. И. Журавский (1821—1891) даёт новое направление мостостроению, предложив совершенно оригинальную конструкцию мостовых ферм и разработав теорию рас-

¹ В. И. Ленин, Соч., т. 4, стр. 76.

² В. И. Ленин, Соч., т. 17, стр. 95—96.

чёта этих ферм; К. И. Константинов (1818—1871) создаёт надёжную конструкцию пороховой оперённой ракеты на чёрном дымном порохе — лучшую боевую ракету в Европе XIX века.

Во всех упомянутых случаях разработки прогрессивных научных теорий были неразрывно связаны с потребностями техники, с потребностями развивающейся промышленности и общественными нуждами страны.

Второе научное направление в области теоретической механики появилось вместе с техническими изобретениями и усовершенствованиями капиталистического периода развития нашей страны. Это направление было **рождено развивающейся промышленностью России**. Своеобразие технического прогресса нашей страны, ускоренные темпы развития отдельных областей индустрии наложили печать оригинальности и самобытности на большинство научных изысканий учёных этой школы. **Второе направление и есть собственно механика как научная основа техники развивающейся промышленности.**

Специфичность запросов техники привела к развитию приближённых методов решения. Получение точных результатов в стиле научной школы механиков-аналитиков требовало весьма длительного хода вычислений и часто, практически, не могло быть выполнено в нужный срок. Реальное осуществление технического проекта заканчивалось раньше, чем подробное решение какого-либо вопроса, выполненное в духе аналитической механики Лагранжа.

К научным изысканиям стало предъявляться требование доступности понимания широкому кругу инженеров-практиков. Всё это вызвало внедрение наглядных геометрических методов решения задач и развитие экспериментальных методов. Учёные-механики начинают отчётливо понимать значение своих изысканий для прогресса техники. Они уже не только просветители, но и преобразователи. Главное внимание учёных этой школы сосредоточивается на расширении области научных исследований, на постановке совершенно новых задач, на простоте, наглядности решений и рекомендациях тех практических выводов, которые можно извлечь из получаемых теоретических результатов.

Привлечение нового фактического материала для научных исследований обогащало не только технику, но

и саму науку. Реальные задачи техники совершенствовали математический аппарат не меньше, а больше, чем формально логические исследования «чистой науки». Убыстрялся темп развития научной мысли, совершенствовалось качество мышления.

Н. Е. Жуковский был признанным вождём этой новой научной школы механиков, стремившихся к решению реальных задач развивавшейся техники.

В жестокой борьбе с рутинной, косностью, корыстолюбием приходилось Н. Е. Жуковскому отстаивать в предреволюционные годы свои материалистические научные принципы.

Велико и многогранно научное и инженерное наследство гениального учёного. Жуковский в своих замечательных научных работах, докладах, лекциях рассматривал и разрешал самые разнообразные научно-технические вопросы. Жуковский, например, занимался вопросами движения твёрдых и жидких тел; баллистики; гидродинамической теорией смазки; скольжением ремня на шкивах и т. д. Великий учёный изучал движение планет, комет и частиц кометных хвостов; движение подпочвенных вод и влияние атмосферного давления на насыщенные водой пески. Николай Егорович в гениальной работе «О гидравлическом ударе в водопроводных трубах» теоретически и практически разрешил задачу предохранения водопроводных магистралей от разрывов. Важное значение имели труды Жуковского по вопросам судостроения — о наиболее выгодной форме судов, о качке корабля на волнах; движения поездов — анализ напряжения в рельсах, трение колес о рельсы, колебания паровозов на рессорах и т. д.

Научные работы Жуковского оказали огромное влияние на нашу отечественную механику. Они во многих отношениях определили развитие нашей научно-технической мысли.

Н. Е. Жуковский, обладавший богатейшими знаниями в области механики и склонный решать самые трудные и неизведанные задачи, не мог пройти мимо вековой проблемы о полёте человека на аппарате тяжелее воздуха. В его время господствовало мнение, что решение проблемы завоевания воздушного океана связано с развитием аппаратов легче воздуха — воздушных шаров и дирижаблей. Николай Егорович правильно понял и оценил величайшее значение авиации для

человечества. Своей первостепенной научно-технической задачей он поставил создание теоретических основ авиационной техники. **Жуковский является зачинателем новой науки — аэродинамики.**

Аэродинамика как новый раздел механики ставит перед собой следующие важнейшие проблемы:

1. Изучение движения воздуха (и вообще газов) при различных скоростях и различных формах границ пространства, в котором происходит движение. Так, например, изучение течений газа в трубопроводах, патрубках, насадках, камерах реактивных двигателей, аэродинамических трубах, исследование движения атмосферного воздуха, дыма, тумана — всё это задачи аэродинамики.

2. Изучение движения твёрдых или упругих тел в воздухе и определение сил воздействия воздушной среды на перемещающиеся в ней тела. Так, например, определение сил, действующих на летящие в воздухе самолёт, пулю, снаряд, ракету, бомбу, парашют, — представляет различные и весьма сложные задачи аэродинамики.

Аэродинамика как теоретическая основа авиации развивалась на объединении классического наследства гидромеханики несжимаемой жидкости и тщательного экспериментального изучения явлений движения тел различной формы в воздухе.

Изучение движения тел в воздухе и измерение сил воздействия воздуха ясно показывало, что теоретические выводы гидромеханики не могут служить надёжной основой для построения самолётов. В подавляющем большинстве случаев выводы классической гидромеханики не согласовывались с экспериментом. Так, например, подъёмная сила, подсчитанная для плоской пластинки по формулам так называемой струйной теории сопротивления, оказалась в четыре раза меньше её экспериментального значения. Сила лобового сопротивления, найденная из формул, была в два раза меньше её реального значения.

Некоторые консервативные учёные привлекали эти весьма ограниченные теоретические формулы для доказательства, что человек никогда не сможет летать на аппаратах тяжелее воздуха — самолётах. Только после открытия Жуковским закона о поддерживающей (подъёмной) силе крыла самолёта аэродинамика стала

подлинной наукой, позволившей создать прочные основы проектирования и конструирования самолётов.

Главное в научно-исследовательских работах Жуковского по авиации состояло в том, что он расширил возможности научных теорий, привлекая к исходным уравнениям непосредственные данные экспериментов, технического опыта, практики. Сближение теории с практикой позволило открыть новые законы, которые явились фундаментом прогрессивной и могущественной авиационной науки.

«Сближение теории с практикой, — говорил академик П. Л. Чебышев, — даёт самые благотворные результаты, и не одна только практика от этого выигрывает; сами науки развиваются под влиянием её: она открывает им новые предметы для исследований или новые стороны в предметах давно известных.

...Она предлагает вопросы существенно новые для науки и, таким образом, вызывает на изыскание совершенно новых методов. Если теория много выигрывает от новых приложений старого метода или от новых развитий его, то она ещё более приобретает открытием новых методов и в этом случае науки находят себе верного руководителя в практике» (Собрание сочинений, том V, 1951, стр. 150).

На основе научной теории, созданной Н. Е. Жуковским, проектировались и строились многие русские самолёты. Жуковский создал в нашей стране первоклассные аэродинамические лаборатории и организовал первые курсы по теоретической подготовке офицеров-лётчиков для воздушного флота. Жуковский явился инициатором организации Центрального аэрогидродинамического института и Военно-воздушной инженерной академии.

Жуковский — национальная гордость русской науки. Своими трудами он поднял на новую ступень развитие нашей авиации, теоретической механики, технических наук. К его имени советские люди всегда будут испытывать чувство большого уважения.

Жуковский был глубоким знатоком классического наследства теоретической механики, любознательным наблюдателем и естествоиспытателем, инженером высшего ранга, создателем новой науки — аэродинамики и аэродинамической школы мирового значения. Николай

Егорович — обаятельный, мудрый, простой человек прославил на много столетий Россию и русское имя.

Жуковский был лучшим другом и советчиком для первых лётчиков нашей Родины. Он часто посещал аэродром, где беседовал с лётчиками, предостерегал их от ошибок, давал ценные указания и советы. Советами великого ученого пользовался выдающийся русский лётчик П. Н. Нестеров.

Жуковский по праву считается выдающимся деятелем отечественного воздушного флота. Таким знает Жуковского наша страна, создавшая за годы сталинских пятилеток первоклассную авиационную промышленность. Многочисленные ученики Жуковского продолжают его славное дело, развивают советскую науку, крепят мощь советского воздушного флота.

2. ГИМНАЗИЧЕСКИЕ ГОДЫ Н. Е. ЖУКОВСКОГО

Николай Егорович Жуковский родился 17 января 1847 года¹ в деревне Орехово (в 30 км от города Владимира) Владимирской губернии. Дед его был офицером русской армии, участником Отечественной войны 1812 года, отец — штабс-капитаном, военным инженером.

Отец Николая Егоровича работал инженером на строительстве Московско-Нижегородской шоссейной дороги. Он был талантливым, высокообразованным инженером, воспитанником Петербургского института корпуса путей сообщения. Знание дела, добродушие и честность создали ему авторитет среди строительных рабочих, но мало способствовали его служебной карьере. А после того как инженер Жуковский отказался признать годными совершенно недоброкачественные строительные материалы, начальство предложило ему подать в отставку. Государственная служба Егора Ивановича (так звали отца Николая Егоровича) на этом закончилась, и почти всю свою дальнейшую жизнь, до 1881 года, он работал управляющим имениями богатых помещиков Зубовых и Оболенских, недалеко от деревни Орехово.

Детские годы, проведённые Николаем Егоровичем в Орехове, создали у него сыновнюю привязанность к этой небольшой деревушке средне-русской равнины.

¹ Все даты, относящиеся к биографии Н. Е. Жуковского, даны по новому стилю.

Всю жизнь Николай Ёгорович с величайшим удовольствием проводил свой летний отпуск в Орехове, купался в ореховском пруду и целыми днями бродил с ружьем по глухим окрестным лесам. Первые опыты по определению подъёмной силы были проведены Жуковским в 90-х годах XIX века за околицей деревни Орехово. Многие научные работы зародились и получили первоначальное оформление в ореховском домике большой и дружной семьи Жуковских.



Рис. 2. Дом в деревне Орехово, где родился Н. Е. Жуковский

В 1854 году для подготовки в гимназию Николая Ёгоровича и его старшего брата Ивана был приглашён домашний учитель, студент Московского университета А. Х. Репман. Он обладал хорошим знанием иностранных языков и страстной любовью к естественным наукам. Репман возбудил в своих учениках интерес к занятиям, несложным опытам по физике и химии; он всячески поощрял стремление воспитанников к изучению явлений природы.

Дети вместе со своим учителем собирали гербарии, часто ходили на охоту, много читали русских и иностранных классиков. Особой любовью пользовался Диккенс и его «Посмертные записки Пиквикского клуба», а позднее «Воздушный корабль» Жюль Верна. Когда Николай Ёгорович стал всемирно известным учёным,

в его научной библиотеке на почётном месте всегда стояла книга «Воздушный корабль» Жюль Верна. Неизгладимое впечатление на Н. Е. Жуковского произвели рассказы об опытах с воздушным змеем, проведённых гениальным Ломоносовым. Любимым занятием юного Жуковского было пускать воздушные змеи.

К осени 1857 года домашняя подготовка в гимназию была закончена и Жуковские (братья — Иван и Николай) поехали с матерью Анной Николаевной в Москву держать вступительные экзамены.

В феврале 1858 года Н. Е. Жуковский поступил в четвёртую московскую гимназию, где, начиная с 3 класса, он выделился как лучший ученик по алгебре, геометрии и естественным наукам. Очень трудно давались Николаю Егоровичу иностранные языки, особенно латынь и немецкий.

В то время при московских гимназиях, которых было всего четыре, имелись пансионы для гимназистов. Все гимназисты, живущие в пансионе, делились на «благородных» и разночинцев. Благородные платили в год 700 рублей, а разночинцы по 450 рублей. Родители Николая Егоровича не могли внести повышенную плату за обучение, и он попал в группу разночинцев. Распорядок дня и занятий был общим для всех гимназий. По звонку в пять часов утра ученики вскакивали и бежали чистить сапоги, платье и пуговицы. Одежда воспитанников состояла из серых нанковых брюк и чёрных курточек с медными пуговицами и стоячими воротниками. Одевшись, дети становились во фронт и проходили перед надзирателем, который всех осматривал. Неисправных наказывали — оставляли без хлеба и чая.

В шесть часов всех вели на молитву, которую хором пели воспитанники. Затем шли в классы и самостоятельно повторяли уроки. В половине девятого вносили большую корзину с чёрным хлебом, нарезанным кусками. Проголодавшиеся могли немного покушать. С девяти часов начинались занятия в классах с преподавателями.

В два часа пополудни гимназисты обедали. Обед состоял из супа с мясом и гречневой каши. В праздники давали ещё молочное блюдо. Лишение этого блюда являлось наказанием за шалости во время обеда. «Благородным» гимназистам подавался особый обед, и спали они отдельно.

В пять часов вечера начинались вечерние занятия по подготовке уроков, которые продолжались до семи часов вечера. Затем в восемь часов воспитанники получали по кружке молока с хлебом и расходились по спальням, где поступали под надзор дядек.

Каждые две недели воспитанников водили в баню. Выходили в четыре часа утра. Из бани зимой шли по колено в снегу. Снег в то время не вывозили, и даже на главных улицах Москвы имелись лишь узкие проходы между сугробами, в которых извозчики при встрече с трудом могли разъехаться.

Детей за шалости и неуспехи в науках строго наказывали. Розги покупались возами. Провинившихся секли по средам и субботам. О переживаниях воспитанников мало кто заботился. Формализм и муштра процветали во всех пансионах.

Трудно было юному Жуковскому привыкать к этой суровой обстановке. Как «разночинец», он не имел никаких поблажек от начальства гимназии и пансиона.

Наибольшее количество учебных часов отводилось изучению латинского языка. Уроки латинского языка были каждый день. Окончание курса гимназии давало право на поступление в университет без экзамена.

В последних классах гимназии Н. Е. Жуковский всё более и более увлекается математическими науками. Учителя гимназии советовали ему после окончания гимназии поступить на физико-математический факультет Московского университета. Однако мечтой семьи и самого Николая Егоровича было инженерное образование в Петербургском институте инженеров путей сообщения, в котором с 1829 по 1832 год учился его отец.

Институт инженеров путей сообщения был одной из лучших высших технических школ дореволюционной России, но плата за обучение в нём была гораздо больше, чем в университете. В связи с ухудшением материальной обеспеченности семьи Жуковских Николая Егоровича за год до окончания гимназии известили письмом, что ему лучше подумать о поступлении в университет. Сохранившийся ответ Николая Егоровича очень хорошо передаёт его настроение и отношение к дореволюционному университетскому образованию. Вот это письмо:

«Милая мамаша! Ужасно опечалило меня последнее письмо Ваше, в котором Вы пишете, что не будете в си-

лах отдать меня в Петербург, в Инженерный корпус, потому что идти в университет, да еще на математический факультет, я не вижу никакой дороги. А время уже подумать, и серьезно, о самом себе,— я уже не ребенок... Оканчивая университет, нет другой цели, как сделаться великим человеком, а это так трудно: кандидатов на имя великого так много...

Я сдружился здесь в гимназии с одним воспитанником... он в пятом классе, но знает даже больше седьмого. С ним я пристрастился теперь к математике, и поэтому исключительно ею теперь занимаюсь... Если Вы хотите обрадовать нас и наградить за успехи, то возьмите с собой в деревню на праздники. Присылайте поскорее за нами. Прощайте, будьте здоровы. Ваш сын Н. Жуковский».

Интересно отметить в этом письме явное противоречие между глубоким влечением Николая Егоровича к физико-математическим наукам и теми сомнениями, которые высказывает он по адресу математического отделения физико-математического факультета университета.

Математические способности Жуковского выявлялись в гимназии всё более ярко, и в старших классах он был одним из лучших учеников по математике. Он сильно любил геометрию и занимался ею самостоятельно в силу внутренних побуждений. Ему нравились опыты по физике, и он с удовольствием мастерил разнообразные модели и приборы. В нём вырастал и начинал проявляться ум проницательного естествоиспытателя.



Рис. 3. Н. Е. Жуковский — ученик 4 гимназии в г. Москве

теля, владеющего точным математическим анализом и изучающего природу в её подлинных проявлениях.

В гимназические и студенческие годы представления об университетской науке связывались у Жуковского с полным отрывом от практической деятельности. Образный, конкретный стиль мышления Николая Егоровича противился этому схоластическому представлению о творчестве, и поэтому он с величайшим вниманием и сочувствием слушал рассказы своего друга Щукина о деятельности инженера. Щукина и Жуковского соединяло общее влечение к технике, к предметному инженерному творчеству.

Весной 1864 года Николай Егорович успешно держал выпускные экзамены в гимназии и был удостоен по окончании серебряной медали. В полученном аттестате за № 225 говорится:

«Предъявитель сего, ученик Московской четвёртой гимназии, Николай Жуковский поступил в гимназию в феврале 1858 г. по экзамену в первый класс.

В 1864 г. подвергся он окончательным испытаниям в Совете Московской четвёртой гимназии. Успехи его в науках следующие: по закону божьему, русскому языку, математике, физике, естественной истории — отличные; по языкам: латинскому, немецкому, французскому — хорошие. Во все время пребывания его в гимназии поведение его было отличное. Вследствие сего Педагогический совет гимназии постановил:

1 — Выдать ему аттестат об окончании курса с предоставлением прав и преимуществ, в законе установленных, для окончивших курс в среднем учебном заведении, и права вступить в студенты Университета.

2 — На основании § 18-го правил для испытания поместить в аттестат его ручательство Совета о способности его к слушанию университетских лекций.

3 — На основании циркулярного предписания г. Попечителя Московского Учебного округа от 20 мая 1861 г. за № 1301 наградить его серебряной медалью.

В удостоверение всего сказанного с разрешения Попечителя Московского Учебного округа дать ему сей аттестат.

Москва, июля 30-го дня 1864 г.»

После успешного окончания гимназии Н. Е. Жуковскому не удалось поступить в Петербургский институт

инженеров путей сообщения. Материальное положение семьи становилось всё более трудным. С осеннего семестра 1864 года семнадцатилетний Жуковский начал слушать лекции на математическом отделении физико-математического факультета Московского университета.

3. НИКОЛАЙ ЕГОРОВИЧ ЖУКОВСКИЙ — СТУДЕНТ МОСКОВСКОГО УНИВЕРСИТЕТА

Московский университет — старейший рассадник науки и просвещения в нашей стране. Он был основан в 1755 году. Самое близкое участие в организации университета принимал гениальный русский учёный, поэт, философ и инженер Михаил Васильевич Ломоносов. Подготовленное Ломоносовым «письмо об учреждении Московского университета» легло в основу проекта об организации университета. Разработанный Ломоносовым план учебной деятельности университета был принят правительством почти без всяких изменений.

Открытие Московского университета состоялось 7 мая 1755 года в доме бывшей аптеки у так называемых Воскресенских ворот (теперь на этом месте находится Государственный исторический музей). По совету Ломоносова при университете были организованы три факультета: юридический с тремя профессорами, медицинский с тремя профессорами и философский, на котором было четыре профессора. По уставу университета философский факультет включал в себя весь цикл физико-математических наук.

В этом уставе, утверждённом 23 января 1755 года¹ законодательным актом, мы можем прочесть, что один из четырёх профессоров философского факультета должен обучать «физике экспериментальной и теоретической». В более поздних документах (1765 г.) задачи философского факультета представляются таким образом: «В оном обучают философическим и словесным наукам, математике и другим знаниям, которые не только разум человеческий очистить и просветить, но и в ежедневных потребностях наочевиднейшее действие и в государстве много добра произвести могут. Здесь

¹ День 23 января, когда был подписан акт об учреждении университета, обычно считают днём основания университета, хотя официальное открытие его состоялось 7 мая 1755 года.

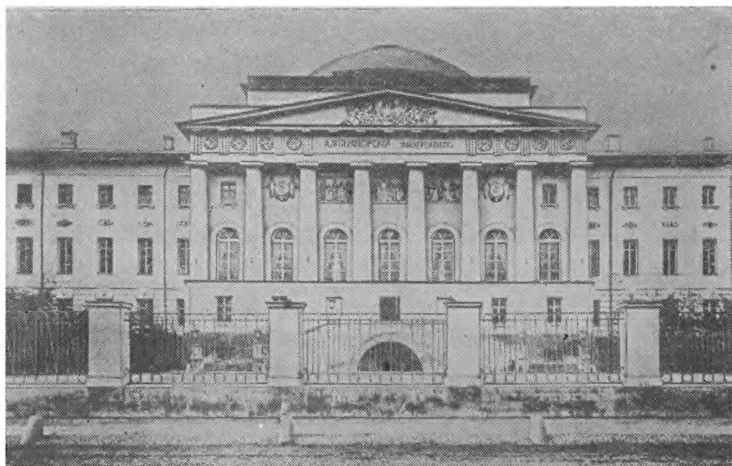


Рис. 4. Московский Государственный университет
(фото 80-х годов XIX века)

должно показывать основания камерных, коммерческих, полицейских, горных и мануфактурных дел и студентов технически и практически руководствовать, каким образом они, отчасти по примеру других народов, отчасти же по внутреннему состоянию их отечества, силы государства сохранять, умножать и ими пользоваться, а через искусное упражнение в камерных, коммерческих, полицейских, горных, мануфактурных делах богатство по всем состояниям государства распространять должны».

Преподавание механики в Московском университете сначала вёл немец И. А. Рост (с 1757 по 1791 г.). Это был весьма посредственный учёный, но незаурядный коммерсант. Он вёл преподавание все 34 года по учебнику Вейдлера, изданному на латинском языке, ничего к нему не добавляя. Коммерческие дела Роста шли блестяще — он умер почти миллионером. После Роста преподавание механики на более высоком научном уровне с привлечением основ дифференциального и интегрального исчисления¹ вели русские учёные М. И. Панкевич (с 1791 по 1812 г.), Ф. И. Чумаков

¹ Дифференциальное и интегральное исчисления — основные разделы высшей математики.

(с 1813 по 1832 г.), Д. И. Перевощиков (с 1832 по 1834 г.) и Н. Д. Брашман (с 1834 по 1864 г.).

История Московского университета отражает в себе историю нашего отечества. Развитие народного хозяйства в XIX веке и рост национального самосознания русского народа после Отечественной войны 1812 года в очень сильной степени содействовали развитию всех факультетов университета. В известном произведении «Былое и Думы» Герцен писал:

«Московский университет вырос в своём значении вместе с Москвою после 1812 года; разжалованная императором Петром из царских столиц, Москва была произведена императором Наполеоном (сколько волею, а вдвое того неволею) в столицу народа русского. Народ догадался по боли, которую чувствовал при вести о её занятии неприятелем, о своей кровной связи с Москвой. С тех пор началась для неё новая эпоха. **В ней университет больше и больше становился средоточием русского образования.** Все условия для его развития были соединены — историческое значение, географическое положение и отсутствие царя. Сильно возбуждённая деятельность ума в Петербурге, после Павла, мрачно замкнулась 14-м декабрем. Явился Николай с пятью виселицами, с каторжной работой, белым ремнём и голубым Бенкендорфом.

Всё пошло назад: кровь бросилась к сердцу, деятельность, скрытая снаружи, закипала, таясь изнутри. Московский университет устоял и начал первый вырезываться из-за всеобщего тумана. Государь его возненавидел с Полежаевской истории. Он... велел студентов одеть в мундирные сюртуки, велел им носить шпагу, потом запретил носить шпагу; отдал Полежаева в солдаты за стихи... посадил князя С. М. Голицына попечителем и не занимался больше «этим рассадником разврата»... **Но, несмотря на это, опальный университет рос влиянием: в него, как в общий резервуар, вливались юные силы России».**

В XIX веке, после того как руководство преподаванием механики возглавил Д. И. Перевощиков, высокий уровень развития физико-математического факультета стал особенно заметным. Появились первые учебники по механике, написанные профессорами Московского университета.

В 1864 году по инициативе Н. Д. Брашмана при университете был создан кружок любителей математических наук; позднее из этого кружка выросло Московское Математическое Общество. В числе его первых членов были учителя Жуковского—механики Ф. А. Слудский и А. Ю. Давыдов, а также математик-геометр В. Я. Цингер.

Характеризуя московскую механическую школу в своей речи, произнесённой на юбилее в 1911 году, Н. Е. Жуковский говорил: «Я хочу воскресить перед вами образы моих незабвенных учителей и поговорить с вами об учёных трудах моих дорогих товарищей и учеников. Я поступил в Московский университет в 1864 году. Этот год совпал с годом оставления профессорской службы Николаем Дмитриевичем Брашманом. Мне не пришлось его слушать, но от моего покойного товарища Ф. Е. Орлова я очень много слышал о Брашмане. Николай Дмитриевич Брашман был человеком большой эрудиции, с живым интересом следившим за развитием математики. К своим ученикам, особенно к даровитым, он относился с чрезвычайным вниманием».

Во время пребывания Жуковского в университете лекции по теоретической механике вели параллельно Ф. А. Слудский и В. Я. Цингер. Н. Е. Жуковский слушал главным образом лекции Слудского. Изложение Слудского было сжато, ясно, последовательно. Единым аналитическим методом он охватывал всю теоретическую механику. Жуковский писал: «...Ф. А. Слудский выработал стройный курс аналитической механики, который в 1881 году был им напечатан под названием «Курс теоретической механики». В сжатой и ясной форме излагались в этом курсе основные идеи Лагранжа. Правда, слушание этого курса казалось нам сначала трудным, но впоследствии мы оценили в нём единство метода и стройность и дружными аплодисментами благодарили своего профессора на нашей последней лекции четвёртого курса... Он не любил выставять на вид свои заслуги, не любил говорить о пользе, которую он приносил окружающим его людям. Но ученики Ф. А. Слудского высоко ценят эту пользу и надолго сохраняют в своём сердце глубокую благодарность незабвенному учителю».

Жуковскому приходилось в университете слушать лекции математика-геометра В. Я. Цингера. В лекциях

этого учёного на первый план выступали геометрические элементы. Трудные аналитические теоремы Цингер доказывал геометрическим методом чрезвычайно наглядно и ясно, показывая все основные качественные стороны изучаемых движений.

Пребывание Н. Е. Жуковского в университете совпало со временем защиты диссертаций на степень доктора математических наук Давыдовым, Слудским и Цингером. Все эти работы были посвящены быстро развивающейся в то время науке— гидромеханике. Особенно большое впечатление на Жуковского произвела защита докторской диссертации Цингера: «На меня особое впечатление произвела последняя работа. Стремление учёного дать детальный образ рассматриваемого движения, указать, как видоизменяется каждая частица движущейся жидкости, мне очень понравилось и, может быть, эта работа натолкнула меня на моё первое сочинение «Кинематика жидкого тела». Я с благодарностью вспоминаю теперь двух моих учителей¹, из которых один разъяснил нам широкое значение общих аналитических методов, а другой указал силу геометрических толкований рассматриваемых явлений».

В 1863 году был введён новый университетский устав, регламентировавший все основные стороны университетской жизни. Этот устав был более демократичным и прогрессивным по сравнению с предыдущим уставом университетов, и его введение отражало, с одной стороны, развитие освободительного движения после крестьянской реформы и, с другой стороны, требования растущей промышленности России.

«Если, — писал Ленин, — бросить общий взгляд на изменение всего уклада российского государства в 1861-м году, то необходимо признать, что это изменение было шагом по пути превращения феодальной монархии в буржуазную монархию. Это верно не только с экономической, но и с политической точки зрения»². Реформы этого периода в области суда, местного самоуправления и т. п., так же как и реформа университетской жизни, при всей их половинчатости и незавершённости способствовали развитию капитализма в России.

Устав 1863 года давал некоторые права коллегии

¹ Ф. А. Слудского и В. Я. Цингера.

² В. И. Ленин, Соч., т. 17, стр. 88.

профессоров. Центральным органом университета стал совет университета, состоящий из заслуженных, ординарных и экстраординарных профессоров. Совет распределял научные дисциплины по факультетам, определял порядок их преподавания, присуждал учёные степени, выдавал награды и объявлял конкурсы для замещения вакантных кафедр.

Реформа университетского устава в 1863 году способствовала развитию научной мысли в России. Были созданы некоторые возможности для проникновения в университет передовых естественно-научных теорий. Среди русской интеллигенции всё большим вниманием пользуются материалистические теории. Растёт интерес к физико-математическим наукам. Значительно расширяется круг задач, которые должны решать учёные-механики.

Ближайшими товарищами Н. Е. Жуковского в годы пребывания его студентом Московского университета были М. А. Шукин, В. В. Преображенский и Н. Н. Шиллер — впоследствии известные профессора нашей страны.

Н. Е. Жуковский в студенческие годы обладал ограниченными материальными средствами и для обеспечения своей жизни в Москве занимался вместе со своим товарищем М. А. Шукным изданием литографированных лекций своих профессоров. Жуковскому приходилось заниматься репетиторством, перебиваться случайными уроками, закладывать вещи. Он безуспешно хлопотал об освобождении от платы за обучение и о стипендии. В архивах Московского университета сохранилось письмо ректора от 9 ноября 1867 года. В этом письме по формальным соображениям Жуковскому, тогда студенту четвёртого курса, отказали в назначении стипендии имени Ломоносова... Весь период обучения в университете Жуковский жил впроголодь, часто спал на досках, покрытых одной простыней, ходил зимой в лёгком пальто, которое, как он сообщал матери, «не только не греет, а ужасно холодит».

После окончания университета Жуковский начал думать, как реализовать свою юношескую мечту — поступить в Институт инженеров путей сообщения в Петербурге.

В годы студенчества Н. Е. Жуковского его университетские учителя не сумели увидеть в нём будущую гордость русской науки. Жуковский в те годы стре-

мился к техническому инженерному образованию. Его мечтой попрежнему был Петербургский институт инженеров путей сообщения. Господствовавшая аналитическая школа и в преподавании и в научной работе физико-математического факультета университета не затрагивала глубоко самых сокровенных струн творческого гения Жуковского. Аналитическая школа давала, конечно, определённую культуру и дисциплину ума, но, несомненно, несла в себе значительную долю формализма и схоластики. Всё это было далеко от конкретного, материалистического мышления Жуковского. Геометрическая наглядность, стремление к эксперименту, живое наблюдение реально протекающих процессов, стремление овеществить, моделировать теоретические рассуждения — вот что характерно для творческого мышления Н. Е. Жуковского. Университетская механика стиля аналитической школы Лагранжа не могла удовлетворить Николая Егоровича.

Годы с 1864 по 1870 были для Жуковского, несомненно, годами исканий. Сомнения в выборе будущей профессии, колебания между научной деятельностью и деятельностью инженера, попытки технического творчества, стремление изобретать различные машины — как нельзя лучше характеризуют эти искания.

После окончания университета осенью 1868 года Жуковский решил реализовать мечту своей юности и поступил в Петербургский Институт инженеров путей сообщения. Как видно из сохранившихся писем этого периода, большую роль сыграл здесь студенческий товарищ Николая Егоровича — М. А. Щукин.

Петербургский Институт инженеров путей сообщения был в XIX столетии одним из лучших высших технических учебных заведений нашей страны. Самым выдающимся профессором этого института в то время был профессор О. И. Сомов, занимавший кафедру теоретической механики. Другие профессора не являлись крупными учёными и ценились главным образом за свои практические знания.

Преподавание в Институте инженеров путей сообщения очень сильно отличалось от преподавания в Московском университете. На первых двух курсах института главное внимание уделялось начертательной геометрии, черчению и геодезии.

Приехал Н. Е. Жуковский в Петербург с радужными надеждами. Сохранилось одно его письмо к родным от 13 октября 1868 года, где он писал: «Вот уже третий день, как я поселился в нашей северной столице, и всё медлил вам писать, потому что ожидал своего окончательного определения в студенты института. Вчера сообщили мне, что я буду принят и утверждён на первой конференции, но тем не менее могу посещать лекции с понедельника. Лекции эти не очень важны. Вся суть в одном черчении, на него-то я и намерен исключительно приналежать. **Нельзя быть хорошим инженером, не умея чертить.** «Щука» (так Николай Егорович называл своего товарища по университету М. А. Щукина) мне много

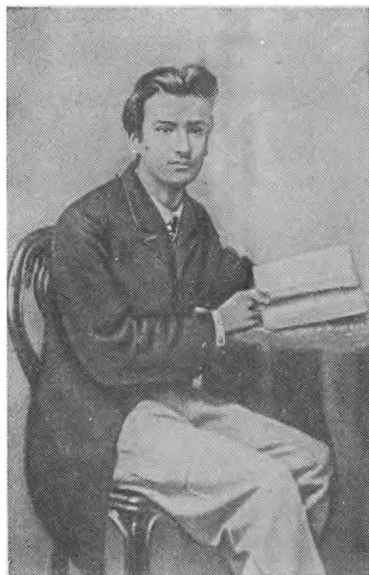


Рис. 5. Н. Е. Жуковский — в студенческие годы

помогал в эти три дня; пользуясь его советами, я уже могу кое-как владеть инструментами; в понедельник я подал инспектору... одну эпюру, не знаю, как она удастся. Директор Соболевский наговорил целую тьму о той блистательной участи, которая ожидает хорошего инженера. Вот всё, что я могу Вам рассказать о делах института».

Поскольку можно судить по письмам и более поздним рассказам Николая Егоровича, преподавание в Институте путей сообщения велось всё же достаточно шаблонно. Солидная общетеоретическая подготовка по математике и механике, полученная в Московском уни-

верситете, заставляла Жуковского критически воспринимать постановку преподавания в Институте путей сообщения.

Николай Егорович не был освобождён от сдачи тех научных дисциплин, которые он изучал в университете. Ему пришлось заниматься одновременно по большому

числу предметов. Всё это мешало сосредоточиться на основных и новых для Жуковского предметах — черчении и геодезии. Жуковский не мог сдать экзамена по геодезии и очень сильно отстал по черчению. Кроме того, петербургский климат оказался неподходящим для здоровья Николая Егоровича: он часто и продолжительно болел.

После отклонения преподавателями института ряда его чертежей Н. Е. Жуковский решил распрощаться с Петербургом и весной 1869 года уехал в Орехово, где на летние каникулы, по обыкновению, собралась вся семья Жуковских.

Нужно было решать, как же быть дальше. Чрезвычайно характерно для настроений Жуковского в то время одно из его писем Шукину, написанное осенью 1869 года:

«До сих пор я не стал на определённую почву относительно своего будущего. Занимаюсь математикой и читаю институтские лекции. Полагаю, что ты составил плохое мнение о моём характере. Сообщаю тебе об одном своём открытии: я совершенно сочинил нивелировочную машину на началах прочных и несхожих с теми, которые тебе известны. Важность и удобство этой машины так велики в моих глазах, что, несмотря на всю скудность финансов, я решился её сделать на собственный счёт. В следующем письме подробно опишу тебе её устройство и приложу рисунки. Теперь скажу только, что она может быть привинчена к экипажу и будет показывать на каком-угодно расстоянии высоту местности с точностью $1/1000$. Эта проклятая машина совершенно вскружила мне голову. Я отбил даже от математики, только и думаю о ней».

В письме от 12 января 1870 года Жуковский писал Шукину в Петербург: «Я писал тебе, что всё это время занимался праздными выдумками. Они состояли главным образом в изобретении графической геодезической машины. Осенью у меня уже был готов проект машины, наносящей вертикальный профиль местности. Но машина эта была очень длинна и должна была стоять порядочную сумму. Поэтому я отложил исполнение её в сторону и занялся усовершенствованиями. Теперь я узнал, что осенью же уже была изобретена подобная машина и пущена в ход. Какой-то франт подал её военному министру и выхлопотал себе привилегию (в военном деле такая машина еще нужнее, чем в инженерном). Теперь машина

уже в продаже. Она стоит около 1 000 рублей экземпляра и длиною в три сажени. Исполнительный механизм в ней такой же, какой был выдуман мною сначала. Несмотря на подобный конкурс, я не унываю. Я теперь уже вполне приготовил проект универсальной геодезической машины».

В этот же период времени Н. Е. Жуковский усердно занимался математикой и практической механикой. Занятия шли вполне успешно. **Теоретическая механика и ее приложения к техническим вопросам всё более и более привлекали Жуковского. Он изучил почти все крупные и обстоятельные сочинения по механике.** Сопоставления учебников по прикладной механике с теми знаниями,



Рис. 6. Н. Е. Жуковский (слева) и его товарищ М. А. Шукин

которые были получены в Московском университете, изучение проблем, выдвигаемых развивающейся техникой, собственный опыт творческой исследовательской работы над изобретениями позволили Николаю Егоровичу кристаллизовать своё призвание. **Он решил избрать профессию научного работника и сдавать магистерские экзамены в Московском университете.**

Живя в Москве, Жуковский поддерживался только частными уроками, от которых, как он пи-

будущего академического года экзамены на магистра прикладной математики. Этим своим решением я вполне доволен, хотя ты, может быть, найдёшь его не очень-то практичным. **Механиком-теоретиком я сделаюсь хорошим...»**

Таким образом, неудачи, сопутствовавшие изобретательской работе Жуковского над всевозможными машинами, самостоятельные успешные занятия по физико-математическим дисциплинам позволили ему окончательно определить дальнейшее направление своей будущей деятельности. **Он решил стать научным работником по механике.**

Очень хорошо передаёт настроения Н. Е. Жуковского его письмо от 16 апреля 1870 года.

«...Я еду завтра поутру в деревню; погода стоит у нас такая прекрасная, что никак не утерпеть не подышать деревенским весенним воздухом. Скоро я возвращусь опять в Москву и побуду в ней до первых чисел мая, чтобы покончить некоторые свои уроки, а там и совсем переберусь в деревню; буду себе заниматься на спокойе. Я запасаюсь многими книгами... Теперь я дал себе слово серьёзно заниматься и отложил на время выполнение всевозможных выдумок, на которые истрачивал не мало времени. Прежде всего нужно знание и знание; я убедился, что всевозможные мои машины (а их накопилась порядочная куча), и нивелировочная, и филейная, и чулочная, имеют пока только схематическое существование, и для приведения их в исполнение нужно иметь более практического знания, нежели имею я...»

В те годы все научные работники по прикладной математике обычно начинали свою преподавательскую деятельность с уроков в средней школе (гимназии). Николай Егорович пошёл по тому же пути. С 28 августа 1870 года он занял место преподавателя физики во 2-й Московской женской гимназии вместо уехавшего в Одессу профессора физики Н. А. Умова.

Магистерские экзамены Жуковский сдавал на физико-математическом факультете Московского университета в весеннем полугодии 1871 года. Всех экзаменов было три: прикладная механика, теоретическая механика и чистая математика. Экзамены были сданы успешно, и Жуковский сделался так называемым магистрантом по прикладной математике. Звание магистранта позволяло

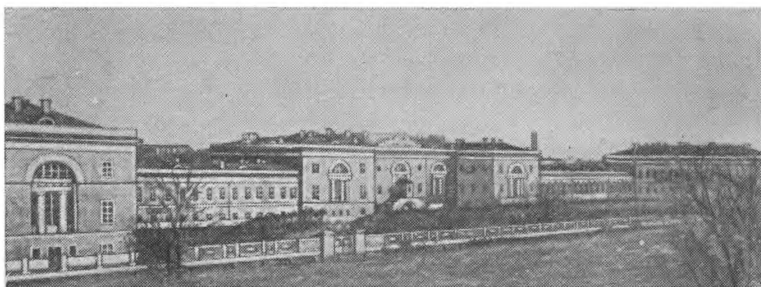


Рис. 7. Московское Высшее Техническое Училище (фото 80-х годов XIX века)

получить место преподавателя в высшем учебном заведении¹.

13 января 1872 года Н. Е. Жуковский был назначен преподавателем математики в Московское Техническое Училище (теперь Московское Высшее Техническое Училище имени Баумана) вместо выбывшего в длительную научную командировку преподавателя Преображенского.

В 1874 году Педагогическим Советом Московского Технического Училища Николай Егорович был избран штатным преподавателем кафедры Аналитической механики и 26 сентября 1874 года утвержден доцентом Московского Технического Училища. Началась плодотворная и целеустремленная научно-педагогическая деятельность Жуковского.

Занимаясь научной деятельностью, Николай Егорович в то же время живо откликался на политические события, которыми была богата вторая половина XIX столетия. Он резко выражал своё недовольство мерами царского правительства, направленными на сокращение количества студентов из «простого» звания. Жуковский говорил, что царское правительство проявляет полнейшее равнодушие к открытиям и изобретениям передовых русских людей, насаждает преклонение перед всем иностранным, распространяет неверие в силы и творческую мысль русского народа. Жуковский гордился русскими учёными, прославившими Родину всемирно известными открытиями.

¹ В дореволюционной России магистерские экзамены примерно соответствовали современному кандидатскому минимуму. Учёная степень магистра соответствует учёной степени кандидата наук.

4. РАБОТЫ Н. Е. ЖУКОВСКОГО ПО ГИДРОМЕХАНИКЕ

Николай Егорович Жуковский был гениальным русским механиком. Чтобы лучше понять главное направление творческой деятельности Жуковского, мы рассмотрим, чем занимается наука, называемая теоретической механикой.

Каждый из нас, начиная с рождения, наблюдает движения различных материальных тел. Мы видим относительное движение луны, движение кораблей, поездов, аэропланов. На заводах мы видим движение частей машин, движение подъёмных кранов, перемещения на конвейере готовой продукции. В реках, каналах, водопроводах можно наблюдать движение больших масс воды; при ветре мы чувствуем движение частичек воздуха, видим движение дыма из фабричных труб. Очень часто при движении тела его состояние, или, как часто говорят, его физические свойства, остаются практически неизменными. Камень, падая на землю, заметно не меняет своего веса, цвета, формы и других качеств. При падении он только перемещается относительно наблюдателя, связанного с землёй, сохраняя все свои качественные признаки.

Теоретическая механика есть наука о законах движения материальных тел. Движение в механике понимается как простое перемещение тел по отношению друг к другу без изменения качественных признаков этих тел. Мяч, брошенный рукой человека, движется, но при этом сохраняется его шаровая форма, вес, цвет, электрические и другие свойства. Маховое колесо, которое вы заставляете вращаться, ничтожно мало изменяется за время даже длительной эксплуатации; при изучении движения махового колеса можно считать его основные физические свойства сохраняющимися. Механика изучает движения тел, рассматривая только два главнейших их признака: геометрическую форму и материальность (вещественность).

«Механика,— пишет Ф. Энгельс,— в более широком или узком смысле слова знает только количества, она оперирует скоростями и массами и, в лучшем случае, объемами... Но это механическое движение не исчерпывает движения вообще. Движение — это не только перемещение места; в надмеханических областях оно является также и изменением качества». (Ф. Энгельс. Анти-Дюринг, Госполитиздат, стр. 355—356, 1950 г.).

При движении тел в природе мы часто видим, как одна форма движения переходит в другую. Например, при вращении электромотора (генератора) механическое движение превращается в тепло и электричество. Более сложные формы движения материи (как, например, тепло, свет, электричество и др.) содержат в себе простое механическое движение, но им не объясняются и не исчерпываются. Изучение механических движений является логически первой задачей науки. В истории развития человеческой культуры накопление знаний о механических движениях и создание науки — механики обычно предшествовало изучению более сложных форм движения.

В современной механике вполне сформировались следующие большие разделы: механика твёрдого тела, механика жидкости (или гидромеханика) и механика воздуха (или аэромеханика). Эти разделы изучают соответственно движение твёрдых тел, движение жидкостей и движение воздуха. Главная задача механики состоит в том, чтобы знать в любой момент движения положение отдельных частичек тела, их скорости и ускорения.

Так как в подавляющем большинстве механических задач, которые приходится решать человеку, имеет место движение или твёрдых тел, или жидкостей, или газов, то становится очевидным колоссальное значение механики в современном техническом прогрессе. Теоретическая механика — научная основа современной техники. Изучая общие свойства механических движений, механика даёт в руки инженеру метод познания закономерностей этих движений, направляет творческую интуицию исследователей, помогает созданию новых конструкций машин, аппаратов, механизмов. Развивающиеся технические потребности человеческого общества последовательно ставят перед механикой всё новые и новые задачи. Так, например, в XVIII веке в связи с дальнейшим развитием мореплавания требовалось разработать методы ориентировки корабля в море по положению небесных светил. Это дало толчок к изучению движения солнца, луны, планет и звёзд и вызвало к жизни специальный раздел механики, который в настоящее время называется небесной механикой. В XIX веке изучение движения продолговатых вращающихся артиллерийских снарядов привело к созданию нового раздела механики, который мы называем баллистикой вращающегося снаряда. В XX веке потре-



Рис. 8. Н. Е. Жуковский — профессор Московского университета

ности авиационной техники вызвали бурное развитие новой науки — аэродинамики, являющейся теоретической основой авиации.

Научное наследство Николая Егоровича огромно. Его исследования охватывали широкую область теоретической и прикладной механики. Изданные до настоящего времени труды Жуковского можно классифицировать по основным разделам механики следующим образом:

Гидромеханика	44 работы
Аэродинамика и воздухоплавание	43 работы
Теоретическая механика (включая астро- номию и математические работы)	40 работ
Прикладная механика	28 работ
Речи и статьи по истории науки	21 работа.

Подавляющее большинство его научных изысканий посвящено изучению движения, т. е. динамике. Динамические процессы были в центре внимания научного творчества Жуковского. Он сравнительно мало занимался проблемами равновесия — проблемами статики. **Аэродинамика как теоретическая основа авиации и воздухоплавания была создана фундаментальными трудами Николая Егоровича.**

Творческий гений Жуковского начал проявляться в области теоретической механики уже в зрелом возрасте. Первая научная работа Николая Егоровича была опубликована в 1876 году, когда Жуковскому было 29 лет. Жуковский пришёл к исследованиям по теоретической и прикладной механике, хорошо зная те возможности, которые давала старая аналитическая школа стиля прикладной математики, и отчетливо понимая истинные потребности и запросы современной ему техники.

Жуковский работал после окончания университета над созданием своих машин и знакомился по лучшим сочинениям того времени с обоснованиями и теоретической трактовкой проблем прикладной механики. Николай Егорович, несомненно, увидел строгую логическую ясность многочисленных работ учёных-аналитиков, где было всё безукоризненно, за исключением реальной постановки задач, и где, как правило, выводы теории редко подтверждались практикой.

В кругах инженеров, занимавшихся изучением движения жидкостей и газов, господствовал грубый эмпиризм при исследовании важных и нужных практических задач. Они вели экспериментирование над большим числом вариантов и частных случаев, показывая полную беспомощность при широких теоретических обобщениях.

Необходимость синтеза этих двух направлений развития научной мысли понималась наиболее крупными учёными второй половины XIX века. Гениальная проницательность Жуковского в области научно-технического прогресса помогла ему точно найти своё историческое место, и, начиная с 1870 года, Николай Егорович твёрдо решил стать учёным-механиком, определив главное направление своих творческих дерзаний. Позднее Жуковский стал общепризнанным руководителем этого нового направления научных изысканий в области теоретической и прикладной механики.

В 1876 году в восьмом томе Математического сбор-

ника, издаваемого Московским Математическим Обществом, была напечатана первая научная работа Н. Е. Жуковского, посвящённая исследованию вопросов движения жидкости. Эту работу Николай Егорович представил физико-математическому факультету Московского университета для соискания степени магистра прикладной математики. Защита диссертации состоялась 4 ноября 1876 года в новом здании университета. Официальными оппонентами Николая Егоровича были знаменитый профессор физики А. Г. Столетов (1839—1896), известный геометр, декан физико-математического факультета В. Я. Цингер (1836—1907) и Ф. А. Слудский (1841—1897), возглавлявший в то время кафедру прикладной математики. Защита диссертации прошла успешно, и Н. Е. Жуковский получил учёную степень магистра прикладной математики.

Магистерскую диссертацию Жуковский посвятил теории скоростей и ускорений частицы движущейся жидкости. Диссертация представляла, по существу, введение в общий курс гидромеханики. Эту часть гидромеханики называют кинематикой жидкости. Чтобы кратко пояснить здесь предмет исследования, заметим следующее: кинематика твёрдого тела представляет отдел теоретической механики, в котором изучается движение твёрдых тел с чисто геометрической стороны. Если для любой точки твёрдого тела можно найти траекторию, а также скорость и ускорение для любого момента времени, то задача кинематики считается разрешённой. В кинематике жидкого тела такое чисто геометрическое изучение имеет еще и то значение, что иногда позволяет найти верную дорогу к формулировке физических гипотез¹, связывающих распределение скоростей и ускорений жидкой частицы с возникающими внутренними силами. Правильные кинематические и геометрические образы, характеризующие движение жидкой частицы,— основа для правильного построения законов движения жидкости с учётом действующих сил (гидродинамики).

В предисловии к этой работе Н. Е. Жуковский совершенно отчётливо высказывает свою точку зрения о методе исследования. Он пишет: «Мы старались сделать изложение по возможности простым, предпочитая, где было возможно, геометрические соображения аналитиче-

¹ Гипотеза — научное предположение.

ским и пользуясь криволинейными координатами; имеющими непосредственное кинематическое значение в разбираемом вопросе. Мы старались следовать, насколько умели, совету... «изучать вещи в самих себе». Надеемся, что наш скромный труд не останется бесполезным и прольёт некоторый свет на трудные вопросы гидродинамики». Исследования Жуковского по кинематике жидкого тела, проведённые с большим мастерством и изяществом изложения, широко используются в наши дни учёными, работающими в области гидродинамики и аэродинамики. Большую известность получили теоремы и результаты, относящиеся к несжимаемой жидкости; анализ явлений движения сжимаемой сплошной среды, данный Жуковским, остаётся, к сожалению, мало распространённым до сих пор.

Научный девиз Жуковского — «решать реальные задачи механики» цементирует руководящей материалистической идеей всё многообразное научное творчество Николая Егоровича.

В 1882 году Жуковский защитил диссертацию на степень доктора прикладной математики, представив работу «О прочности движения». С 1886 года он экстраординарный профессор Московского университета по кафедре механики, а с 1887 года занимает одновременно должность профессора по кафедре аналитической механики в Высшем Техническом училище. С этими двумя высшими учебными заведениями нашей страны была тесно связана вся дальнейшая педагогическая и научная деятельность Жуковского.

Работа Н. Е. Жуковского в Московском университете, его активное участие в научных заседаниях физико-математического факультета и Московского Математического Общества позволяли ему быть в курсе всех новейших достижений теоретической мысли в области физико-математических наук. Деятельность Николая Егоровича в Высшем Техническом Училище связывала его с практическими задачами развивающейся промышленности России. Сложные расчёты новых конструкций, установок и сооружений приносили к Николаю Егоровичу его коллеги и ученики-инженеры для консультаций и экспертизы. Жуковский был в центре передовой технической мысли нашей страны. «Я с удовольствием вспоминаю беседы с моими дорогими товарищами по Техническому училищу, в котором... протекает моя педагогическая

КИНЕМАТИКА ЖИДКАГО ТѢЛА.

Н. Е. Жуковского.

(Читано 20 сентября и 18 октября 1875 г.).

Pour être en état d'appliquer facilement la Géométrie à la Mécanique, il ne suffit pas de connaître les diverses formes que les lignes ou surfaces peuvent présenter, et les propriétés de ces lignes ou de ces surfaces, mais il importe encore de savoir quels sont les changements de forme que peuvent subir les corps considérés comme des systèmes de points matériels, et à quelles lois générales ces changements de forme se trouvent assujettis.

A. Cauchy

Та высокая степень ясности, которая была внесена въ область динамики твердаго тѣла геометрическими изслѣдованіями движенія неизмѣняемой системы, заставляетъ ожидать значительнаго успѣха гидродинамики отъ сближенія ея съ кинематикою измѣняемой системы. Къ сожалѣнію геометрическая теорія движенія измѣняемой системы находится только на первыхъ ступеняхъ своего развитія. Всѣ работы по этому предмету ограничиваются небольшимъ числомъ изслѣдованій движеній простѣйшихъ измѣняемыхъ системъ и нѣкоторыми общими соображеніями о движеніи непрерывнаго измѣняющагося тѣла, причемъ послѣднія помѣщены по большей части въ сочиненіяхъ по гидродинамикѣ и по теоріи упругости.

Т. VIII. вып. I. отд. I.

1

Рис. 9. Магистерская диссертация Н. Е. Жуковского

деятельность. Они указывали мне на различные тонкие вопросы техники, требующие точного разрешения. От них научился я сближению научного исследования с наблюдаемой действительностью и уменью пользоваться приближением»¹.

При беглом рассмотрении научного наследия Жуковского поражает необыкновенное разнообразие тем. Здесь и исследование хвостов комет, и общая теория устойчивости движения, и теория регулирования машин, и распределение давления на нарезках винта и гайки, и прочность велосипедного колеса, и теория ветряных двигателей (ветряков), и множество других научно-технических вопросов. Но более внимательное изучение тематики показывает, что в течение всей многолетней исследовательской деятельности Николая Егоровича он систематически и последовательно посвящает свои труды изысканиям по **гидромеханике и аэромеханике**. Первой из этих областей Жуковский подарил ряд выдающихся сочинений, которые сделали его имя известным всему миру. **Аэромеханику Николай Егорович основал как самостоятельную науку, показав своеобразие и величие своего творческого гения.** Остановимся здесь только на наиболее важных научных достижениях Жуковского в области изучения движения жидкостей.

Выдающимся сочинением по гидромеханике была работа Николая Егоровича «О движении твёрдого тела, имеющего полости, наполненные однородной капельной жидкостью», удостоенная Московским университетом премии проф. Брашмана². Основное содержание работы вкратце можно пояснить так.

При изучении движений твёрдого тела можно самые сложные движения его представить составленными из простейших движений. Таких простейших, не сводимых друг к другу движений всего два: поступательное и вращательное. Эти простейшие движения соответствуют двум типам взаимодействия материальных тел. В механике действие одного тела на другое вызывает или рав-

¹ Н. Е. Жуковский, Механика в Московском университете за последнее пятидесятилетие, Соч., т. IX, 1937, стр. 209.

² Профессор Н. Д. Брашман был видным деятелем русского просвещения. 30 лет он возглавлял кафедру прикладной математики в Московском университете. Воспитал ряд выдающихся русских механиков и математиков.

новесие или движение. В случае поступательного движения тело перемещается так, что скорости всех его частиц в любой момент времени всегда равны между собой. Легко понять, что при этом любая прямая, проведённая в теле, будет перемещаться параллельно самой себе. Простейшим примером поступательного движения будет движение кузова железнодорожного вагона на прямолинейном участке пути. В случае вращательного движения каждая частица тела описывает окружность около некоторой неподвижной прямой, называемой осью вращения. Простейшим примером вращательного движения будет движение крыльев ветряной мельницы или движение маятника у часов. Любые более сложные движения твёрдого тела можно составить из последовательной серии поступательных и вращательных движений. В классической механике до появления работы Н. Е. Жуковского изучались движения только твёрдых тел различной формы. Николаю Егоровичу принадлежит честь строгой постановки и решения нового класса задач механики — исследование движения твёрдого тела с полостями, наполненными жидкостью. Из простейших опытов хорошо известно, что вращательные движения твёрдого тела с жидким внутренним наполнением происходит иначе, чем вращение сплошного твёрдого тела. Еще наши бабушки, для проверки, сырое или варёное куриное яйцо, заставляли его быстро вращаться на столе. Сырое куриное яйцо можно рассматривать как твёрдую оболочку с жидким наполнением.

Николай Егорович показал, что при изучении поступательных движений тела мы можем пользоваться теми же самыми уравнениями механики, что и при изучении сплошного твёрдого тела. Вращательное движение твёрдого тела вызывает относительное движение жидкости в полостях, и законы движения твёрдого тела с жидким наполнением будут совершенно другими.

В работе Жуковского было совершенно строго доказано, что движение твёрдого тела с полостями, заполненными капельной жидкостью (вода, масло и др.), совершается так, как будто жидкие массы заменены эквивалентными твёрдыми телами. Массы (веса) этих эквивалентных тел равны массам жидкостей, наполняющих полости, их центры тяжести совпадают с центрами тяжести наполняющих полости жидкостей. Но при вращательном движении твёрдого тела с полостями, наполненными

ФИЗИЧЕСКІЙ ОТДѢЛЪ

ОТДѢЛЪ ПЕРВЫЙ.

О движеніи твердаго тѣла, имѣющаго полости, наполненныя
однородной капельной жидкостью.

Н. Е. Жуковскаго.

Рядомъ съ задачею о движеніи твердаго тѣла въ безпредѣльной жидкой массѣ возникла другая задачъ — о движеніи твердаго тѣла, заключающаго въ себѣ жидкія массы. На сколько намъ извѣстно, Стоксъ первый обратилъ вниманіе на эту интересную задачу. Въ своихъ мемуарахъ „On some cases of fluid motion“ ¹⁾ и „On the critical values of sums of periodic series“ ²⁾, читанныхъ въ 1842 и 1847 году, онъ рассмотрѣлъ два случая полостей, изъ которыхъ одна имѣетъ форму прямоугольнаго параллелепипеда, а другая — форму цилиндра съ основаніемъ по круговому сектору, и высказалъ весьма важную мысль, что движеніе твердаго тѣла не измѣнится, если замѣнить въ немъ жидкую массу нѣкоторымъ эквивалентнымъ твердымъ тѣломъ (equivalent solid); впрочемъ, справедливость такой замѣны онъ доказываетъ только для случая малыхъ скоростей.

Въ 1860 году Гельмгольцъ въ своемъ сочиненіи „Ueber Reibung triebbarer Flüssigkeiten“ ³⁾ изслѣдовалъ колебательное движеніе твердаго тѣла подъ вліяніемъ тренія жидкости, наполняющей его сферическую полость, а въ 1873 году эта же задача съ болѣею подробностью была разобрана Любскимъ въ его сочиненіи „Ueber den

¹⁾ Transactions of the Cambridge Philosophical Society, Vol. VIII, p. 105.

²⁾ Transactions of the Cambridge Philosophical Society, Vol. VIII, p. 533.

³⁾ Sitzungsberichte der mathematisch-naturwissenschaftlichen Classe der k. Akademie der Wissenschaften zu Wien, Bd. XL, S. 607.

жидкостью, получается, что инерция тела изменяется¹ и привести тело во вращение становится легче. Особенно интересно ведёт себя тело с жидким наполнением, если жидкость имеет некоторое начальное движение. В этом случае оказывается, что движение тела происходит так, как будто внутри тела находится быстро вращающийся маховичок (гироскоп — как говорят в механике). Все предыдущие выводы справедливы при условии, что жидкость, наполняющая полости, не имеет собственной вязкости (внутреннего трения). Такую жидкость в механике называют идеальной, и естественно, что реальные жидкости тем ближе к идеальной, чем меньше внутреннее трение при движении частиц жидкости друг относительно друга. Так, например, вода, спирт, бензин имеют очень малую вязкость (малое внутреннее трение), а смазочные масла, патока, мёд имеют большую вязкость (большое внутреннее трение).

Если вязкостью (внутренним трением) жидкости пренебречь нельзя, тогда задача полного изучения движения тела усложняется даже для полостей простейших геометрических очертаний. Для этой труднейшей проблемы гидромеханики Жуковский указал метод определения того предельного движения, которое будет иметь тело по истечении достаточно большого времени. Он сформулировал и доказал, что «если в теле имеется какая-нибудь полость, наполненная трущейся жидкостью, и такой системе сообщены какие-нибудь начальные скорости, то движение её будет стремиться к предельному состоянию, при котором одна из главных осей инерции рассматриваемых масс займёт направление главного момента начальных количеств движения, и вся система будет вращаться около неё как одно неизменяемое тело с постоянной угловой скоростью, получаемой от разделения главного момента начальных количеств движения на момент инерции системы относительно этой оси»².

Не этой ли теоремой, — указывал в заключение Жуковский, — следует объяснить то обстоятельство, что, несмотря на всякие случайные начальные скорости, планеты вращаются около своих главных осей инерции?

¹ Инерцию тела по отношению к восприятию вращательных движений измеряют в механике особой величиной, называемой моментом инерции тела относительно оси.

² Н. Е. Жуковский, Соч., т. III, 1936, стр. 181.

Поясним эту теорему Жуковского. Для однородного тела главные оси инерции будут совпадать с осями симметрии. Так, например, для однородного шара любая прямая, проходящая через центр шара, будет главной осью инерции. Землю, на которой мы живём, можно приближённо рассматривать как немного сплюснутый шар, плотность этого шара зависит только от глубины погружения. По научным воззрениям 19 века внутренняя часть земли представляет собой сильно вязкую жидкость. У немного сплюсненного шара (точно говоря: эллипсоида вращения) одна из главных осей инерции будет совпадать с «осью земли», т. е. с прямой, проходящей через северный и южный полюсы и являющейся осью симметрии эллипсоида вращения. Жуковский видел в факте вращения земли около своей оси симметрии подтверждение полученных им теоретических результатов.

Для военных целей получили некоторое распространение артиллерийские вращающиеся снаряды с жидким наполнением. Опыты показали, что такие артиллерийские снаряды менее устойчивы по сравнению с нормальными снарядами с твёрдым наполнением. Строгая теория движения артиллерийских снарядов с жидким наполнением основывается на методах, полученных Жуковским в этой работе.

В наши дни ряд советских учёных успешно продолжили исследования Николая Егоровича по проблеме движения тел с полостями, наполненными капельной жидкостью. Работа Жуковского положила начало циклу исследований, имеющих большое научное и практическое значение. В те годы, когда создавалась эта замечательная работа, её практическое значение усматривалось, пожалуй, только в задачах астрономии. Однако глубину заключений и изящество математического анализа видели все специалисты. Работа была представлена на соискание премии профессора Брашмана. Отзыв на это выдающееся произведение русской механики был составлен учителем Николая Егоровича профессором Ф. А. Слудским. Он писал: «Если бы сочинение Николая Егоровича состояло только из шести последних страниц, то и тогда оно было бы вполне достойно премии профессора Брашмана».

Этой работой Жуковский поставил своё имя в ряды мировых корифеев теоретической механики и гидромеханики.

В 1911 году, подводя итоги своей научной деятельно-



Рис. 11. Николай Егорович Жуковский в 1911 году

сти за 40 лет, Н. Е. Жуковский отметил: «Мои главные работы по гидромеханике представляют три статьи — «Кинематика жидкого тела», «Движение твёрдого тела с полостями, наполненными жидкостью» и «Видоизменение метода Кирхгофа». Во всех своих работах я стремился нарисовать картину движения — дать его отчётливый геометрический образ»¹.

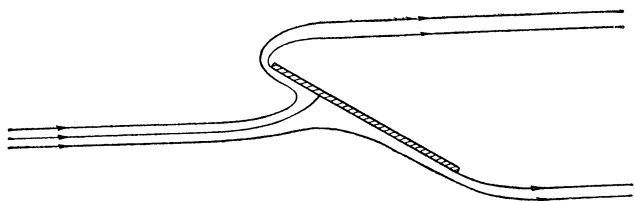


Рис. 12. Обтекание пластинки с образованием свободных струй

В работе «Видоизменение метода Кирхгофа» Жуковский даёт весьма оригинальный и эффективный метод решения важнейшей задачи гидромеханики, относящейся к так называемой теории струй. Развитие этой теории тесно связано с определением силы воздействия потока воздуха на движущиеся в нём тела.

Хорошо известно, что если тело произвольной формы перемещать в жидкости или газе равномерно, поступательно и прямолинейно, то эффект действия окружающей среды можно представить в виде системы сил, распределённых по поверхности движущегося тела. Эта система сил может быть в общем случае приведена к одной результирующей силе и к одной результирующей паре сил.

Проекция результирующей силы на направление скорости поступательного движения тела называется лобовым сопротивлением. Лобовое сопротивление — это сила, тормозящая движение тела и направленная в сторону, противоположную направлению скорости.

Полное сопротивление тела складывается из сопротивления трения и сопротивления давления. Возникновение сопротивления давления обусловлено вязкостью жидкости или газа. Поток жидкости, без трения, плавно обтекающей какое-либо тело, приводит к такому распределению местных нормальных давлений по поверхности тела,

¹ Н. Е. Жуковский, Соч., т. IX, стр. 206.

что результирующая этих давлений не даёт составляющей в направлении движения тела. Если при обтекании тела образуются свободные струи, тогда давление в струйной области понижается по сравнению с давлением в невозмущённом потоке. Сила сопротивления, возникающего при образовании струй, может быть рассчитана методами, предложенными Н. Е. Жуковским. На рис. 12 показано обтекание пластинки, поставленной под острым углом к потоку, с образованием свободных струй.

До Н. Е. Жуковского в теории струйного обтекания были известны два метода решения конкретных задач: обратный метод Гельмгольца и метод Кирхгофа. Число задач, решённых этими методами, было весьма ограничено. Наиболее трудные задачи методом Кирхгофа были решены русскими учёными Бобылёвым и Мещерским, которые подробно исследовали задачу о сопротивлении клина, помещённого в поток жидкости или газа. Мещерский особенно детально произвёл расчёты и дал таблицы для определения силы давления потока в зависимости от угла клина и от направления потока. Новый метод Жуковского позволил значительно расширить класс задач, а необходимые вычисления в новом методе были сведены Жуковским к ясной и вполне определённой последовательности расчётов известными приёмами. Этим методом Жуковский решил с необычайной ясностью и изяществом не только задачи Кирхгофа, Бобылёва и Мещерского, но и ряд новых задач, решение которых прежними приёмами представлялось необычайно сложным и громоздким.

Этот же метод Н. Е. Жуковский прилагает для исследования действия турбин. В заключении к этой работе Жуковский указывает, что при некотором видоизменении метода возможно также решение задач об ударе беспредельного потока на тела, ограниченные **кривыми контурами**, и об истечении жидкости из сосудов с **кривыми стенками**. «Мы решили несколько таких задач, но нам не удалось при этом получить простых видов контуров. Так, нам не удалось, несмотря на продолжительные изыскания, решить задачу об ударе беспредельного потока на круглый цилиндр. Может быть, эта задача могла бы быть разрешена как предельный случай задачи об ударе потока на многогранный контур, причём в пределах выходящие углы дали бы конечное значение для скорости».

Метод Жуковского в теории струй позволяет быстро учесть физические особенности задачи, и он гораздо удоб-

нее других методов позволяет получить конкретный численный ответ при решении практических задач. Многие из вопросов, затронутых в работе Жуковского, были впоследствии развиты учёными нашей страны.

Новый метод математического рассмотрения задач струйной теории сопротивления, предложенный Жуковским в этой замечательной работе, получил всеобщее признание в мировой гидродинамической литературе и в настоящее время приводится почти во всех учебниках.

В конце XIX века рост потребления воды в г. Москве поставил перед инженерами вопрос об источниках питьевой воды для московского водопровода. По первоначальным проектам инженеры думали расширить мытищенский водопровод, имевший источником подпочвенные воды. Н. Е. Жуковский в одной из своих работ установил связь между барометрическим давлением атмосферы и высотой стояния уровня подпочвенных вод. Измеряя колебания уровня подпочвенных вод и используя формулы Жуковского, оказалось возможным подсчитать максимальную емкость подпочвенных вод в районе г. Мытищи и найти предельный возможный расход воды. Расчёты показали, что имеющиеся запасы воды в районе мытищенской водопроводной станции не смогут удовлетворить потребностей г. Москвы, и поэтому мысль о расширении мытищенского водопровода была оставлена.

Была спроектирована и построена водопроводная станция в Рублёве. После окончания постройки и пуска Рублёвского водопровода начались аварии двадцатичетырёхдюймовых¹ магистральных труб. Была создана комиссия специалистов по изучению причин этого явления.

В 1897—1898 годах, по инициативе заведующего московским водопроводом Н. П. Зимина, профессор Жуковский был привлечён к этим работам и на него было возложено руководство опытами над ударами воды в водопроводных трубах. Опыты делались над трубами 2, 4 и 6 дюймов в диаметре, положенными на поверхность земли во дворе водокачки и соединёнными с главной магистралью Москвы, которая имела 24 дюйма в диаметре. «Эти опыты дали интересные результаты, которые, насколько мне известно, до сих пор не указаны в технической литературе. Оказалось, что все явления гидравлического удара объясняются возникновением и распростра-

¹ 1 дюйм равен примерно 2½ сантиметрам.

нением в трубах ударной волны, происходящей от сжатия воды и от расширения стенок трубы»¹.

«Инженеры, которые занимались этой задачей, не обратили внимания на то, что при весьма быстром закрытии задвижки вода останавливается и давление поднимается только при задвижке, и это состояние воды передаётся по трубе по закону распространения волнообразного движения. Я полагаю, что упомянутое обстоятельство было упущено из виду потому, что наблюдения не делались над длинными трубами; в коротких же трубах, ввиду громадной скорости распространения ударной волны, поднятие давления представляется происходящим вдоль всей трубы одновременно»².

Для понимания явления гидравлического удара можно привести следующие пояснения. Представим себе длинную цилиндрическую трубу, один конец которой открыт. Пусть по этой трубе достаточно долго течёт вода, так что скорости частичек зависят только от расстояния от стенки. Как показывает опыт, скорости частичек воды в любом сечении трубы почти одинаковы, за исключением тонкого слоя около самой стенки, где благодаря трению жидкость подтормаживается. Можно поэтому представить, что из трубы с некоторой скоростью движется длинный жидкий стержень. Если конец трубы, где выливается вода, быстро закрыть, то получается удар водяного столба о задвижку, аналогичный удару упругого стержня по плите. В месте закрытия (у задвижки) давление резко повышается, и это повышенное давление бежит от задвижки по трубе по законам, аналогичным законам распространения звука в воздухе. Так как при больших давлениях в трубе стенки трубы расширяются и поперечное сечение трубы увеличивается, то закон распространения повышенного давления при разной толщине стенок труб будет несколько изменяться.

Выяснив основные физические факторы явления (доминирующие факторы, как любил говорить Жуковский), Николай Егорович составляет уравнения, связывающие четыре функции: скорость течения, давление, плотность и радиус трубы, зависящие от времени и расстояния рассматриваемого сечения от выбранного начала координат. Строгое математическое решение полученных уравнений

¹ Н. Е. Жуковский, Соч., т. VII, 1937, стр. 58.

² Там же, стр. 60.

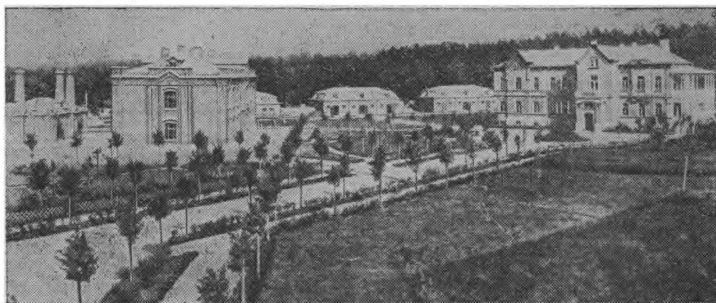


Рис. 13. Алексеевская водоканка. Здесь находилась экспериментальная установка Н. Е. Жуковского для исследования гидравлического удара в трубах

привело Жуковского к следующим основным результатам:

1. Гидравлический удар распространяется вдоль водопроводной трубы с постоянной скоростью, величина которой не зависит заметно от силы удара. Эта скорость зависит от вещества трубы и от отношения толщины её стенок к диаметру трубы. Для труб средних диаметров (от 2 до 6 дюймов) эта скорость около 600 сажен в секунду, а для труб больших диаметров (24 дюйма) около 470 сажен в секунду. Скорость ударной волны остаётся одна и та же, получается ли удар вследствие остановки течения воды в трубе или вследствие весьма быстрого поднятия давления при начале трубы.

2. Гидравлический удар распространяется по водопроводной трубе с одинаковой силой. Величина его пропорциональна потерянной при ударе скорости течения воды и скорости распространения ударной волны в трубе. Для обыкновенных чугунных труб среднего диаметра на каждый фут потерянной скорости мы имеем силу удара около четырёх атмосфер.

3. Опасное возрастание ударного давления происходит при переходе ударной волны с труб большого диаметра на трубы малого диаметра. При этом, достигнув концов тупиков, сила ударного давления удваивается. Такое удвоение может повториться несколько раз так, что давление может при неблагоприятных условиях возрасти до большого предела.

4. Простейшим способом ограждения водопровода от гидравлических ударов являются приспособления к мед-

ленному закрытию кранов. При этом продолжительность закрытия должна быть пропорциональна длинам труб. Воздушные колпаки надлежащих размеров, поставленные при кранах и задвижках, почти совершенно уничтожают гидравлический удар и не пропускают через себя ударную волну, если они поставлены на линии трубы, но сохранение воздуха в колпаках весьма затруднительно¹.

Теоретические выводы, вытекающие из решений уравнений Жуковского, были подтверждены опытами на специальной установке при Алексеевской водокачке московского водопровода.

Таким образом, теоретические и экспериментальные исследования Жуковского вполне разъяснили сложное явление гидравлического удара в трубах. Формулы Жуковского вот уже более 50 лет являются основными при расчётах такого рода.

Николай Егорович выступал несколько раз с докладами о полученных им фундаментальных результатах по гидравлическому удару в водопроводных трубах. Особенный успех имел доклад Жуковского на собрании учёных и инженеров в Политехническом Обществе 21 февраля 1898 года. В воспоминаниях профессора-инженера П. К. Худякова мы можем прочесть: «Когда Николай Егорович делал об этой работе свой доклад в Политехническом Обществе, это был для него день колоссального триумфа, а для всей нашей семьи инженеров это был день живой, необычайной радости, вызванной успехами нашего любимого учителя. Чутьё подсказывало тогда всем нам, ученикам Николая Егоровича, что эта его работа будет иметь злободневное и безусловно мировое значение»².

Так и оказалось. Весьма скоро работа Н. Е. Жуковского «О гидравлическом ударе в водопроводных трубах» была переведена на немецкий язык (1900 год), а затем на английский (1904 год) и, наконец, на французский (1907 год).

Политехническое Общество и Московское Высшее Техническое училище (МВТУ) способствовали привлечению Николая Егоровича к чисто инженерным, жизнью выдвигаемым вопросам. Несколько позднее инженерная общественность г. Москвы провозгласила, что Жуковский

¹ Н. Е. Жуковский, Соч., т. VII, 1937, стр. 143—145.

² См. «Сборник памяти Н. Е. Жуковского», 1922 г., стр. 123.

является инженером самого высшего ранга. «По силѣ, по глубине и напряжѣнности своего инженерного творчества он значительно превосходил любого из так называемых выдающихся инженеров, известных нам», — пишет профессор Худяков.

В 1911 году, к сорокалетию научно-педагогической деятельности, Московское Высшее Техническое училище преподнесло Н. Е. Жуковскому звание инженер-механика, «чести ради» — как говорят учёные, и золотой инженерный знак. Николай Егорович весьма охотно носил это украшение, совершенно немыслимое для прежних профессоров механики, работавших в стиле чисто математическом.

Заметим, что решение задачи о гидравлическом ударе даёт возможность определить место аварии водопровода, не выходя из помещения насосной станции и не дожидаясь того, когда на месте разрушения трубы вода выступит на поверхность мостовой. Для этого на станции производят лёгкий гидравлический удар, снимают индикаторную диаграмму гидравлических давлений, обнаруживают на ней падение кривой давления, и эти исходные экспериментальные данные вместе с формулами Жуковского позволяют полностью решить задачу.

Даже при недостаточно совершенной измерительной аппаратуре, которой пользовались в XIX веке, опытная проверка дала хорошее согласие теории Жуковского с опытными данными. Была взята двухдюймовая труба длиной 356,3 сажени. В этой трубе были искусственно сделаны дыры на разных расстояниях от задвижки. Места утечки определялись по диаграмме давлений и формулам Жуковского и сравнивались с фактическими расстояниями. Результаты пяти опытов даёт следующая таблица.

Результаты опытов Н. Е. Жуковского по определению места утечки воды в трубе, проведѣнных 25 сентября 1897 г.

№ опыта	№ дыры в трубе	Скорость воды в футах	Теоретическое расстояние фонтана от задвижки, определенное по формулам Н. Е. Жуковского	Действительное расстояние от задвижки
1	3	3,92	60 сажени	56,5 сажени
2	4а	3,86	75 "	76,9 "
3	4а	4,18	78 "	76,9 "
4	6	3,61	138 "	135,6 "
5	6	3,60	132 сажени	135,6 "



ИМПЕРАТОРСКАЯ АКАДЕМІЯ НАУКЪ.

на основаніи Устава. Высочайше дарованнаго ей въ 8 день
Января 1836 года. избрала Профессора Императорскаго Москов-
скаго университета

НИКОЛАЯ ЕГОРОВИЧА ЖУКОВСКАГО

въ свои члены корреспонденты по разряду математическихъ наукъ
и постановила выдать ему настоящій дипломъ. С.-Петербургъ.

29 Декабря 1894 г.

Президентъ

Вице-Президентъ *Лесинъ Николай*

Непремѣнный Секретарь *Николай Жуковскій*

Рис. 14. Диплом об избрании Н. Е. Жуковского членом-корреспон-
дентом Академии наук

«По ударной диаграмме, снятой с водопроводной трубы, — писал Жуковский, — можно определять место скопления воздушных масс в трубе и величину этих масс. Ударная диаграмма может служить для определения места утечки воды в трубе и вообще дать полные сведения о состоянии трубы».

Выдающиеся научные заслуги Николая Егоровича были отмечены в 1894 году избранием его в члены-корреспонденты Академии наук. В 1900 году Жуковский был выдвинут в действительные члены академии. По условиям того времени выборы в действительные члены академии требовали переезда в Петербург. Не желая покидать Москву, где Жуковский был научным руководителем и признанным главой школы механиков, Николай Егорович снял свою кандидатуру.

К 1900 году Жуковский опубликовал в различных изданиях 86 научных работ о самых разнообразных вопросах теоретической и прикладной механики. Эти работы получили всеобщее признание в научных кругах и создали ему уважение и авторитет у многочисленных учеников.

И все же Жуковский, как выдающийся человеческий гений, проявил себя с наибольшей силой в другой, совершенно новой области человеческого знания. Наиболее важные и открывающие широкие горизонты достижения творческого гения Жуковского относятся к теоретической и экспериментальной аэродинамике. В этой новой науке он является родоначальником самых основных, самых драгоценных идей, которыми до сих пор с большим успехом руководствуются и учёные и инженеры.

5. ИЗ ИСТОРИИ АВИАЦИИ В РОССИИ

Наша отечественная авиация имеет славную героическую историю. Русские люди: учёные, инженеры, лётчики, рабочие — способствовали своими трудами завоеванию воздушной стихии. Великие и прогрессивные открытия русских учёных положили начало авиационной науке. Проекты, изобретательские предложения и реальные конструкции самолётов, аэростатов и дирижаблей, созданные русскими инженерами, прокладывали новые пути технического прогресса. Выдающиеся русские мастера были активными помощниками и учёных и изобре-

тателей, воплощая в реальные формы оригинальные конструкции аппаратов и приборов, добиваясь их надёжной работы.

Первый в мире самолёт, имеющий все основные черты современного винтового самолёта, был задуман и построен русским моряком А. Ф. Можайским; на этом самолёте в 80-х годах прошлого столетия, задолго до аналогичных работ за границей, был осуществлён первый в мире полёт.

А. Ф. Можайский первым в мире осуществил полёты на гигантских воздушных змеях, которые буксировались тройкой лошадей.

Наша страна является родиной управляемого аэростата (дирижабля), геликоптера и самолёта; в нашей стране заложены основы фигурных полётов (высший пилотаж) как на винтовых, так и на реактивных самолётах. Русские учёные выступили зачинателями аэродинамики, теории реактивного движения и газовой динамики (аэродинамики больших скоростей).

В России, раньше чем в других странах, были построены тяжёлые многомоторные самолёты «Русский витязь» (1913 год) и «Илья Муромец» (1914 год). Тяжёлый двухмоторный самолёт инженера В. А. Слесарева

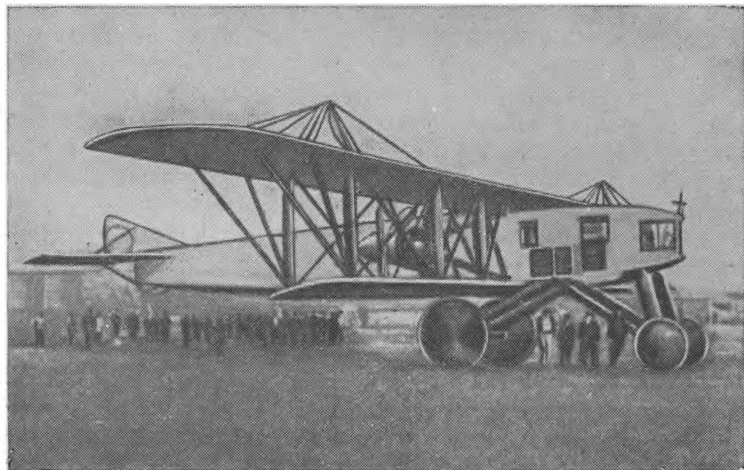


Рис. 15. Самолёт В. А. Слесарева „Святогор“

«Святогор», доведённый в 1916 году до стадии лётных испытаний, был больше «Ильи Муромца» и отличался глубокой продуманностью всех деталей и высокой аэродинамической культурой исполнения. Отзыв на «Святогора» давал Н. Е. Жуковский; только благодаря поддержке Николая Егоровича самолёт был достроен и испытан. Работы русских учёных, изобретателей и лётчиков были тем научно-техническим фундаментом, на котором начался бурный расцвет советского самолётостроения. Конструкторская и изобретательская мысль нашей страны способствовала накоплению знаний о движении в воздухе и ставила перед русской наукой важную и неотложную задачу — создать теоретические основы авиации.

Творчество Н. Е. Жуковского в значительной степени обусловлено развитием авиационной техники в нашей стране. Жуковский с большой тщательностью собирал и изучал все попытки русских и иностранных учёных и инженеров по овладению воздушной стихией. Николай Егорович — участник многих воздухоплавательных выставок, научных съездов и конференций в России и за границей. Гигантский ум Жуковского аккумулировал всё передовое и прогрессивное в области развивающейся авиационной науки и техники. На этом материале, подтверждённом реальной жизнью, опытом одиночек и коллективов, и создавались подлинно научные основы авиации и воздухоплавания. Сила научных выводов Жуковского, как всякой прогрессивной теории, состоит в том, что они позволили не только объяснять известные в его время факты, но и предсказывать новые. Н. Е. Жуковский заложил подлинно научные принципы аэродинамики. Пользуясь этими принципами, учёные всех стран до настоящего времени получают всё новые и новые научно-технические результаты.

Остановимся в этой главе на основных этапах развития авиационной науки и техники в России, обратив внимание и на аппараты легче воздуха (аэростаты и дирижабли).

Первым русским учёным, который положил начало изучению атмосферы Земли, был гениальный Михаил Васильевич Ломоносов (1711—1765). Его работы по изучению восходящих и нисходящих течений воздуха и постоянные занятия метеорологией были первыми научными исследованиями воздушного океана. Для получения достоверных научных данных Ломоносов стремился кон-

струировать самопишущие метеорологические приборы, и в его трудах содержится подробное описание этих приборов. В одном из писем М. В. Ломоносова академику Л. Эйлеру мы можем прочесть: «Одна (моя деревенька) расположена на морском берегу, другая — омывается небольшими речками. Там, кроме дома и стекольной мастерской, уже построенной, я строю плотину и сарай для склада зерна и мельницу для хлеба. Над последней **поднимается метеорологическая с самопишущими приборами обсерватория**, описание которой... я ближайшим летом предоставляю для общего пользования».

Результаты метеорологических наблюдений Ломоносова были им опубликованы в «Ежемесячных сочинениях Академии Наук» (февральский номер за 1755 год). Большое количество новых метеорологических приборов и методов наблюдений описано в труде Ломоносова «Рассуждения о большой точности морского пути»; он хорошо понимал необходимость исследований верхних слоёв атмосферы и в одном из заседаний Академии наук предложил использовать для подъёма на большие высоты приборов-самописцев изобретённую им специальную машину. **Эта машина была первым в мире геликоптером (вертолётom).**

В протоколах Академии наук сохранилась на латинском языке следующая запись (протокол от 1 июля 1754 года): «Высокопочтенный советник Ломоносов показал изобретённую им машину, называемую им аэродромической (воздухобежной), которая должна употребляться для того, чтобы с помощью крыльев, движимых горизонтально в различных направлениях силой пружины, какой обычно снабжают часы, нажимать воздух (отбрасывать его вниз), отчего машина будет подниматься в верхние слои воздуха с той целью, чтобы можно было обследовать условия (состояние) верхнего воздуха посредством метеорологических машин (приборов), присоединённых к этой аэродромической машине. Машина подвешивалась на шнуре, протянутом по двум блокам, и удерживалась в равновесии грузиками, подвешенными с противоположного конца. Как только пружина заводилась, (машина) поднималась в высоту и потому обещала достижение желаемого действия. Но это действие, по суждению изобретателя, ещё более увеличится, если будет увеличена сила пружины и если увеличить расстояние между той и другой парой крыльев, а коробка, в которой

заложена пружина, будет сделана для уменьшения веса из дерева. Об этом он (изобретатель) обещал позаботиться».

Эта запись неоспоримо свидетельствует о том, что приоритет в изобретении и осуществлении геликоптера принадлежит М. В. Ломоносову. Следует заметить, что за рубежом изобретение геликоптера приписывают Пауктону, который построил небольшой геликоптер в 1768 году, т. е. на 14 лет позднее Ломоносова.

Таким образом, развитие научной метеорологии и постройка летательных аппаратов тяжелее воздуха (геликоптера) начались с изысканий М. В. Ломоносова. Знание метеорологических данных атмосферы совершенно необходимо для аэродинамических расчётов летательных аппаратов.

После работ Ломоносова внимание русских учёных и изобретателей было обращено главным образом на аппараты легче воздуха — аэростаты (воздушные шары). Первый полёт с научными целями был организован в 1804 году Академией наук. Руководство экспериментами, которые надлежало провести во время подъёма на воздушном шаре, было поручено академику Я. Д. Захарову. В своей объяснительной записке, представленной конференции Академии наук 16 мая 1804 года, Захаров писал: «Известно, что ещё и по сих пор точно не определено, в каком содержании воздух при отдалении своём от земного шара разжижается; также неизвестно, из каких он состоит газов и в каком содержании смешан он из них в высоте атмосферы... Для сего предложить имею честь учинить при поднятии на шару, как самом благоприятном для испытания случае, оный опыт следующим образом». Далее в записке излагается методика взятия проб воздуха на различных высотах. Полёт состоялся 30 июня 1804 года в Петербурге, воздушный шар поднялся на высоту 2000 метров и через 3¹/₂ часа полёта приземлился в 60 километрах от Петербурга. Во время полёта были проведены все задуманные наблюдения и измерения, кроме магнитных измерений. Академия наук с большим удовлетворением отметила научное значение этого воздушного путешествия.

В дальнейшем полёты с научными целями на неуправляемых воздушных шарах проводил академик М. А. Рыкачев в 1868 и 1873 годах, а также гениальный русский химик Д. И. Менделеев в 1887 году.



Рис. 16. Гениальный русский учёный, поэт, философ и инженер
Михаил Васильевич Ломоносов

Д. И. Менделеев опубликовал в журнале «Северный Вестник» большую статью под названием «Воздушный полёт из Клина во время затмения»¹, в которой дано подробное изложение подготовки аэростата к полёту, проведения полёта и некоторых результатов научных наблюдений. В статье имеются замечательные высказывания, характеризующие положение русской науки и воздухоплавательной техники в конце XIX века. Менделеев пишет: «Уверен, прежде всего, в том, что аэростатика встала на верный путь, но ещё очень далеко до возможного в ней совершенства. Так, на аэростатах можно подниматься выше, чем поднимались до сих пор. ...Легко устроить соответствующие цели приборы, например подъёмные шары, с аэростата спускаемые и заключающие самопишущие приспособления, или же замкнутые со всех сторон помещения, в которых наблюдатель будет и на тех высотах оставаться в безопасности и управлять подъёмом и спуском шара, и между тем изучать условия верхних слоёв атмосферы, где надобно искать зародыш всех погодных изменений, в атмосфере совершающихся. Если можно осуществлять подводное плавание или подводные работы в водолазных колоколах, то очевидно, что возможно устроить и безопасность пребывания в разрежённом воздушном слое». Он утверждал, что изучая аэронавтику во всех подробностях, можно увеличить продолжительность полётов. Можно значительно удешевить и улучшить добычу водорода, которым в те годы наполняли воздушные шары. Нет технических препятствий для постройки управляемых аэростатов. Несмотря на цензурные ограничения, Менделеев утверждает: «Ясные дни для русской науки однако ещё не пришли. Они наступят». «Когда-нибудь придёт, уверен, такое время, что на подобные предприятия не станут жалеть средств, потому что общие средства придут, когда люди узнают место образования погоды. Не в технике аэростатики причины того, что до сих пор верхние слои атмосферы не измерялись приборами и не ответили на вопросы тех, кто вникал в задачи равновесия и возмущения воздуха».

В 1880 году было создано «Русское общество воздухоплавания». В решении организационного собрания этого общества записано: «Лица, серьёзно преданные делу

¹ См. Д. И. Менделеев, Соч., т. VII, Издательство Академии наук СССР, 1946.

воздухоплавания, приняв во внимание громадное значение его для России как в научном, так и культурном и военном отношениях, постановили:

1. Основать в Петербурге по примеру других стран «Русское общество воздухоплавания».

2. Обществу иметь целями:

а) развитие науки и искусства воздухоплавания вообще;

б) решение наивыгоднейшего способа передвижения по воздуху;

в) осуществление проектов летательных снарядов, усовершенствование последних и практическое их применение;

г) популяризование и распространение в обществе науки и искусства воздухоплавания при помощи печати, публичных опытов и покровительства изобретателям приборов для передвижения по воздуху».

Крайне ограниченная материальная база этого общества не дала ему возможности развернуть намеченную работу. К 1881 году общество фактически прекратило своё существование.

В декабре 1880 года по инициативе Д. И. Менделеева был организован седьмой воздухоплавательный отдел Русского технического общества. Для развития воздухоплавания в России на неуправляемых аэростатах этот отдел сыграл значительную и положительную роль. Военное министерство отпускало седьмому отделу ежегодно небольшие средства на опыты и исследования; отдел с 1897 года издавал журнал «Воздухоплавание и исследование атмосферы». Следует отметить, что большинство видных членов седьмого отдела были военнослужащими. Так, в 1889 году в рапорте военному министру докладывалось: «В отделе числится 55 членов, преимущественно офицеров всех родов оружия: гвардии, армии и флота; частные же лица составляют до 15% общего числа членов и состоят из техников, учёных, заводчиков и фабрикантов, исключительно русских подданных».

Так как неуправляемые аэростаты оставались игрушкой ветров и имели ограниченное военное применение, мысль изобретателей и инженеров искала путей технических решений по созданию управляемого полёта. В XIX веке в России было предложено несколько вариантов управляемых аэростатов. Из ранних проектов

известный научно-технический интерес представляют проекты инженеров Третесского и Соковнина.

Весьма важные исследования по управляемому металлическому аэростату проводил в последние два десятилетия XIX века знаменитый деятель русской науки Константин Эдуардович Циолковский. Основной задачей, которую себе поставил Константин Эдуардович, являлось создание металлического управляемого дирижабля. Циолковский обратил внимание на весьма существенные недостатки дирижаблей с баллонами из прорезиненной ткани: такие оболочки быстро изнашивались, были опасны в пожарном отношении, обладали весьма незначительной прочностью и наполняющий их газ (в те годы — водород) скоро терялся, вследствие проницаемости ткани.

Результатом исследовательской работы Циолковского было замечательное сочинение «Теория и опыт аэростата». В этом сочинении дано теоретическое обоснование конструкции дирижабля с металлической оболочкой (из жести или латуни), к работе были приложены чертежи, поясняющие детали конструкции.

Дирижабль Циолковского (рис. 18) имел свои характерные особенности. Во-первых, это был дирижабль **переменного объёма**, что позволяло сохранять **постоянную подъёмную** силу при различных температурах и различных высотах. В проекте Циолковского металлическая оболочка может изменять объём благодаря особой стягивающей системе и наличию гофрированных боковин. Во-вторых, Циолковский предусмотрел возможность подогревания газа путём использования отработанных газов моторов. Продукты сгорания по тонкостенной металлической трубе проходят внутри оболочки, отдают тепло подъёмному газу и выходят в атмосферу. Необходимость регулировать температуру газа вытекала из условия сохранения относительного равновесия аэростата на заданной высоте при всех изменениях температурного режима атмосферы. Третья особенность конструкции состояла в том, что гребни волн гофра оболочки располагались перпендикулярно к оси дирижабля. По расчётам Циолковского, подобное расположение волн гофра представляет преимущества для увеличения прочности и устойчивости оболочки.

Исследовательская работа Циолковского над совершенно новой технической идеей металлического аэро-

стата (слово «дирижабль» привилось в литературе позднее) без специальной научной литературы, вдали от научной общественности (Циолковский жил сначала в Боровске, а затем в Калуге) требовала невероятного напряжения и колоссальной энергии. «Работал я два года почти непрерывно, — писал Циолковский. — Я был всегда страстным учителем и приходил из училища сильно утом-

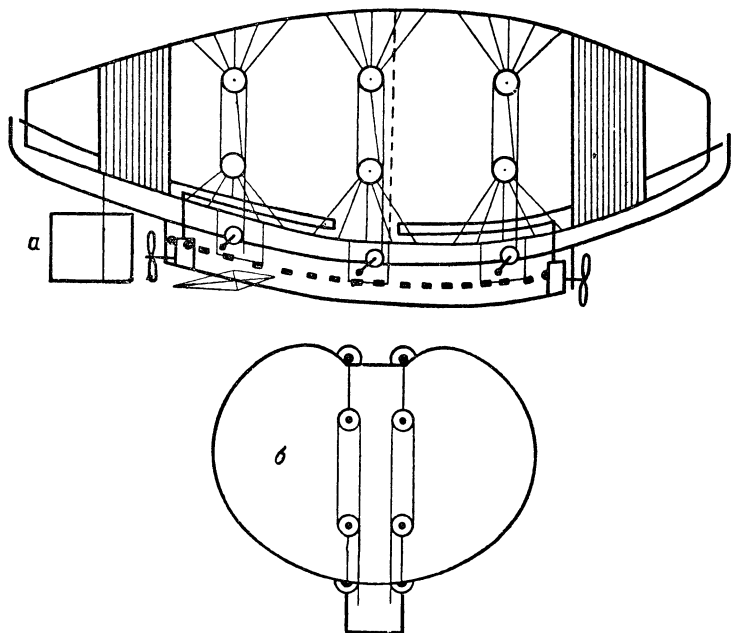


Рис. 18. Цельнометаллический дирижабль К. Э. Циолковского:
 а — схема металлического дирижабля К. Э. Циолковского; б — система блочного
 стягивания оболочки

лённым, так как большую часть сил оставлял там. Только к вечеру я мог приняться за свои вычисления и опыты. Как же быть? Времени было мало, да и сил также, и я придумал вставить чуть свет и, уже поработавши над своим сочинением, отправляться в училище. После этого двухлетнего напряжения сил у меня целый год чувствовалась тяжесть в голове».

Результаты своих научных изысканий о цельнометаллическом дирижабле Циолковский издаёт в 1892 году с помощью друзей на свои скудные средства. Ни научные

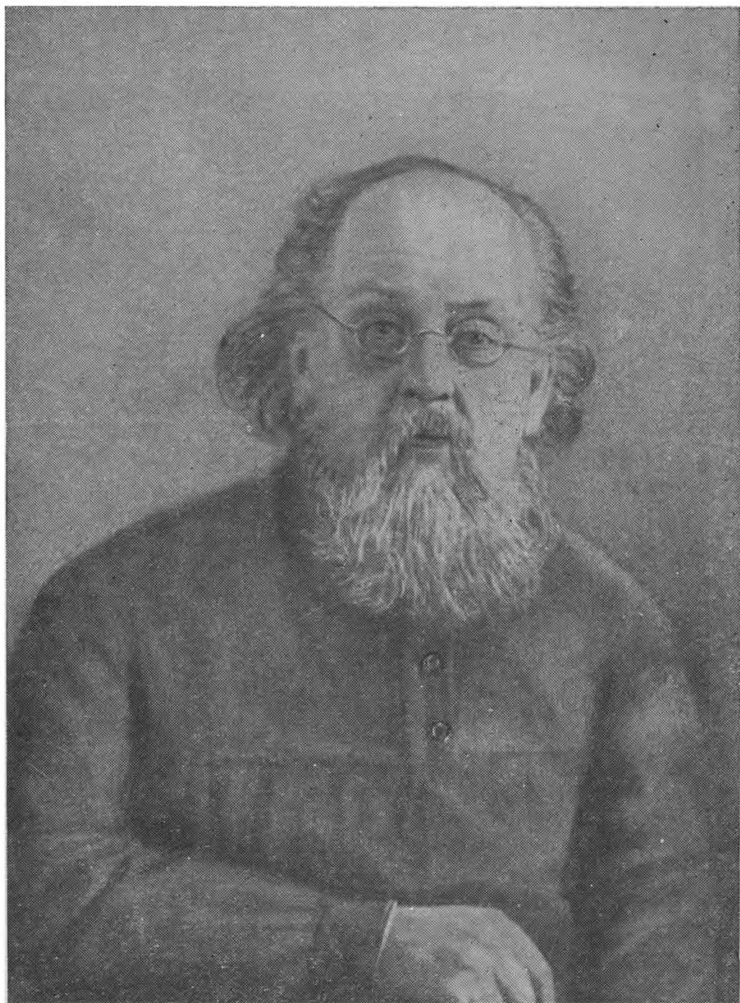


Рис. 17. Знаменитый деятель русской науки Константин Эдуардович Циолковский

общества, ни правительственные организации не помогли тогда выдающемуся учёному-самородку. Печатный труд «Аэростат металлический, управляемый» получил некоторое число сочувственных отзывов, и этим дело ограничилось.

Для разработки методов аэродинамического расчёта дирижабля Циолковский построил в 1897 году в Калуге аэродинамическую трубу с открытой рабочей частью. Это была первая аэродинамическая труба в России¹.

Если в условиях царской России вопросам воздухоплавания уделялось ничтожное внимание, то идеи об осуществлении летательных аппаратов тяжелее воздуха считались абсолютно фантастическими и официальные правительственные организации этим вопросом совершенно не занимались. Изобретателям аэропланов приходилось работать на свой страх и риск. Однако и в этих невероятно тяжёлых условиях работы русские инженеры проложили новые пути развития авиации для нашей Родины и всего человечества и этим по праву может гордиться каждый советский человек. Мы расскажем здесь о работах военного моряка Александра Федоровича Можайского. Значение этих работ в создании авиационной науки и техники бесспорно. Можайский первый в мире разработал оригинальную и разумную конструкцию самолёта, построил такой самолёт и под его руководством был осуществлён первый в мире испытательный полёт.

В Центральном военно-историческом архиве в Ленинграде были обнаружены детальные описания аэроплана Можайского.

«Проектированный мною воздухоплавательный аппарат, — пишет Можайский членам специальной комиссии, — как это видно на чертеже, состоит:

1) из лодки, служащей для помещения машины и людей;

2) из двух неподвижных крыльев;

3) из хвоста, который может подыматься и опускаться и служить для изменения направления полёта вверх и вниз, равно через движущуюся на нём вертикальную площадь вправо и влево получать направление аппарата в стороны;

¹ См. брошюру А. А. Космодемьянского «Знаменитый деятель науки К. Э. Циолковский», Воениздат, 1949 г., Научно-популярная библиотека солдата и матроса.

4) из винта большого переднего;

5) двух винтов малых на задней части аппарата, служащих к уменьшению размеров переднего винта и для поворотов вправо и влево;

6) из тележки на колесах под лодкою, которая служит отвесом всего аппарата и для того, чтобы аппарат, поставленный площадью своих крыльев и хвоста наклонно, около 4 градусов к горизонту, переднюю частью вверх, мог сперва разбежаться по земле против воздуха и получить ту скорость, которая необходима для парения его;

7) из двух мачт, которые служат для укрепления крыльев и связи всего аппарата по его длине и для подъёма хвоста.

Машину для вращения винта я предполагаю поставить системы Брайтона (углеводородную), нефтяную. Машина этой системы не имеет котла и потребляет нефти $\frac{2}{3}$ фунта в час... Взяв в соображение силу, потребную для вращения корабельных винтов в воде, и сравнительную плотность воды и воздуха, я нахожу, что машины в 30 лошадиных сил дадут мне желанную скорость винтам и аппарату».

Как видно из этого описания и приложенных к нему чертежей (см. рис. 19), самолёт Можайского имел все основные части современного самолёта-моноплана. На самолёте Можайского были: неподвижные крылья, фюзеляж, винтомоторная группа, хвостовое оперение со стабилизатором, килем, рулями высоты и рулём поворота, а также шасси.

Создание самолёта — сложная комплексная проблема, и разработать одному человеку все детали с одинаковой тщательностью очень трудно. Можайскому удалось дать рациональные конструктивные решения для главных частей его самолёта. Так, например, конструкция монопланного крыла в самолёте Можайского представляла прообраз современных конструктивных решений. Крыло самолёта Можайского состояло из жёсткого каркаса в виде сетки из продольных и поперечных планок и было обтянуто лакированной тканью. Лодка самолёта Можайского состояла из набора продольных полос и поперечных рам и была обтянута той же тканью; здесь, несомненно, был использован богатый опыт военного моряка, и до наших дней принципиальная схема фюзеляжа осталась такой же, что и у самолёта Можайского.

Правильные и прогрессивные решения нашёл Можайский для органов управления, четырёхколёсной тележки шасси, штурвального управления с тросовой проводкой к рулям.

Наибольшие трудности возникли у Можайского при выборе двигателя. В те годы, когда создавался его самолёт, двигатели внутреннего сгорания находились ещё в начальной стадии развития. Эти двигатели были очень тяжелы и тихоходны. Однако Можайский прекрасно предугадывал большие возможности двигателей внутреннего сгорания. Имея в виду требования самолёта к двигателю, Можайский сам конструирует двухцилиндровый двигатель внутреннего сгорания. Построить этот двигатель Можайскому не удалось. В 1880 году он проектирует паросиловую установку мощностью 30 лошадиных сил, удельный вес установки составлял всего 5 килограммов на 1 лошадиную силу. В мае 1881 года двигатели были построены.

Паровые двигатели, установленные на самолёте Можайского, представляли собой двухцилиндровые вертикальные машины двойного действия, двукратного расширения с золотниковым парораспределением. Паровые двигатели Можайского были выдающимся достижением двигателестроения того времени. В отзывах современников Можайского и в России и за границей паровые двигатели получили высокую оценку. Лёгкость и быстроходность — вот два основных качества двигателей Можайского, которые значительно превосходили все имеющиеся двигатели. В 1880 году Можайский сделал патентную заявку на свой самолёт и в 1881 году получил патент. В труднейших условиях создавался первый образец самолёта. Изобретатель строил самолёт в основном на свои личные средства. Никакой помощи от правительства, частые отказы в содействии от военного министерства и седьмого отдела Русского технического общества — вот обстановка, в которой создавался первый опытный образец русского самолёта. С колоссальными трудностями, при содействии Д. И. Менделеева и других передовых русских учёных самолёт Можайского был построен.

При испытательном полёте самолёт Можайского оторвался от земли, пролетел небольшое расстояние и при посадке повредил крыло.

Замечательное русское изобретение было погребено царским правительством столь основательно, что только

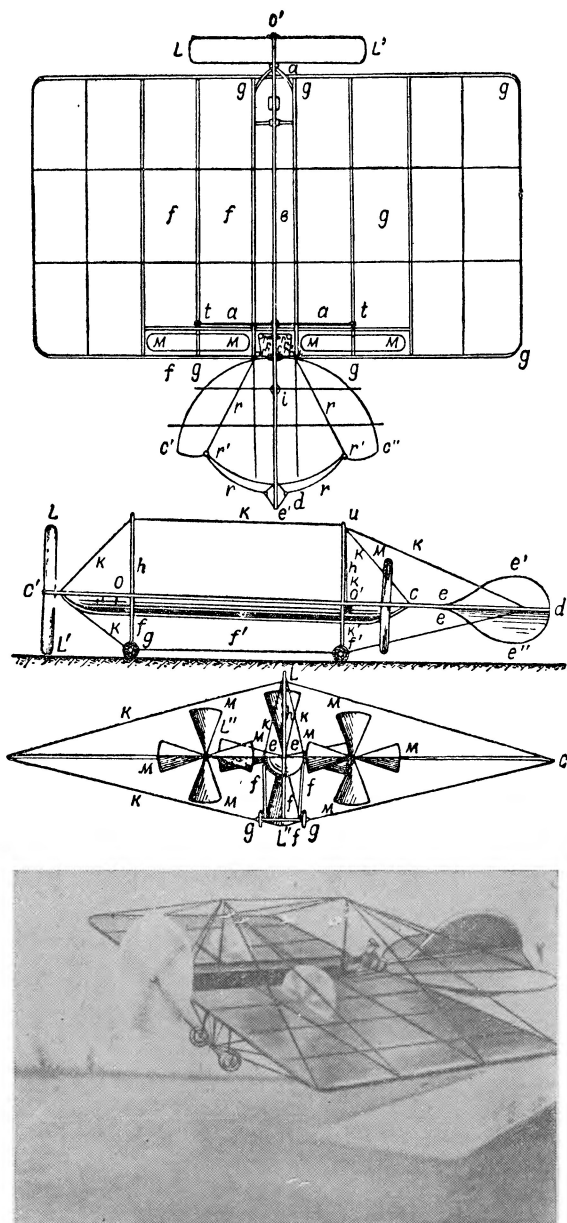


Рис. 19. Чертежи, приложенные к патенту,
и первый в мире самолёт, построенный
А. Ф. Можайским

в наши дни удалось восстановить детали этого величайшего творения человеческого ума. Мы по праву гордимся этим мощным проявлением русского гения и говорим всему миру: **самолёт — русское изобретение.**

Колоссальное значение для развития авиационной техники в России имели научные труды и организаторская деятельность гениального русского учёного Менделеева. Его статьи, посвящённые изучению свойств газов и паров, дали исходные данные для создания аэродинамики. Переходя постепенно от физико-химических исследований газов к задачам метеорологии и аэродинамики, Менделеев указывал: для того, чтобы освоить воздушный океан для целей прогноза погоды и воздушного сообщения, необходимо одновременно решать две задачи: изучать атмосферу во всей её толще, создавая необходимую точную измерительную аппаратуру, а для подъёма её летательные аппараты и воздушные суда, которые по их разработке откроют эру воздушных сообщений.

Менделеев указывал: «...Воздухоплавание бывает и будет двух родов: одно в аэростатах, другое в аэродинамах... Последний род воздухоплавания обещает наибольшую будущность... и так сказать, указывается самой природой, потому что птица тяжелее воздуха и есть аэродинам».

В то время особенно привлекали внимание Менделеева аппараты легче воздуха — аэростаты. В одной из своих записок в военно-морское министерство он писал: «Хотя оба рода воздухоплавания одинаково заслуживают внимания исследователя, но для практической потребности, какова, например, военная, только одни аэростаты обещают дать скорый и возможный результат, тем более, что весь вопрос с теоретической стороны в главных чертах здесь окончательно ясен. А потому прежде всего должно обратиться в практике к опытам в большом виде, над хорошо обдуманном управляемым аэростатом. Не задаваясь чем-либо невозможным или мечтательным, я думаю и хорошо убеждён, что большим аэростатом управлять возможно в такой же мере, как кораблём».

В 1875 году Менделеев предложил проект устройства большого высотного аэростата с герметической гондолой. **Это был первый в мире стратостат.** К идее стратостата Менделеев возвращался неоднократно и позднее в целом ряде своих научных работ. Совершенно неправильно в научно-технической литературе приписывают приоритет в

разработке стратостата бельгийцу Пикару, который разработал проект стратостата на 56 лет позднее. Менделееву принадлежит капитальный труд по сопротивлению жидкостей (по теории лобового сопротивления — как сказали бы мы теперь). Первая часть этого труда вышла в свет в 1880 году в Петербурге. В этой монографии были проанализированы все наиболее крупные работы по вопросам сопротивления движению тел в жидкостях или газах. Дмитрий Иванович разбирает ударную теорию Ньютона, струйную теорию Бернулли и Эйлера, волновую теорию и теорию сопротивления трения. Его анализ показал, что имеющиеся экспериментальные данные не подтверждают предполагаемых теорий, да и правильно поставленных опытов было еще очень мало. Поэтому Менделеев считает важнейшей задачей — накопление фактов путём систематических научно поставленных опытов. Следует подчеркнуть весьма большое значение этих выводов Менделеева.

Как видно из материалов, опубликованных в советское время, в России XIX века было достаточно много изобретательских предложений по постройке летательных аппаратов. Но научной базы для сознательно направляемого конструирования ещё не было создано. Не существовало такой научной базы и в других странах мира. Имелись отдельные, чисто интуитивные догадки, иногда подтверждаемые единичными опытами. Для аэропланов не был решён коренной вопрос о происхождении подъёмной силы. Не существовало методов расчёта тяги воздушных гребных винтов. Конструирование шло ощупью, с большими сомнениями в правильности избираемого решения. В этих условиях — разумное направление дальнейшей научно-исследовательской работы по вопросам авиации и воздухоплавания было дано в замечательных трудах Д. И. Менделеева. Вот некоторые из его высказываний:

«У других много берегов водяного океана. У России их мало сравнительно с её пространством, но зато она владеет обширнейшим против всех других образованных стран берегом еще свободного воздушного океана. Русским поэтому и сподручнее овладеть сим последним, тем больше, что это бескровное завоевание... вместе с устройством доступного для всех и уютного двигательного снаряда составит эпоху, с которой начнётся новейшая история образованности».

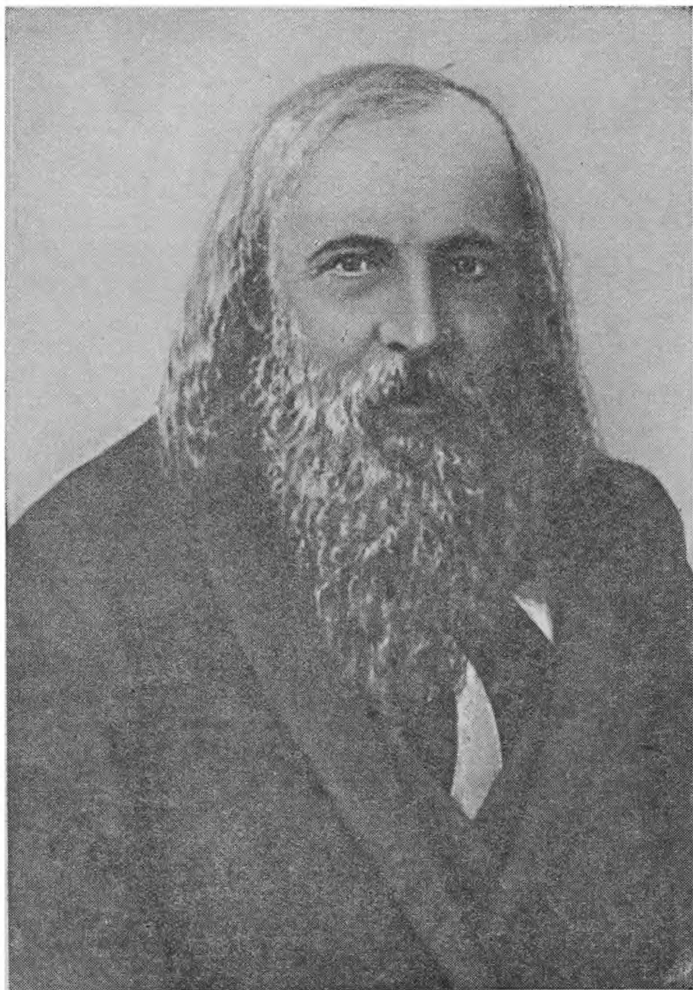


Рис. 20. Гениальный русский учёный Дмитрий Иванович Менделеев

— «Нужен действительно и будет решать дело разумный и твердый опыт, а молодое и неопытное умственное построение пойдёт на поводу в ту и другую сторону, пока приученное опытом к верной дороге само не станет везти за собой или на себе всю сущность опытного знания, как обученная на поводу лошадь повезёт куда следует».

— «Оттого с высоты общих теоретических соображений в деле сопротивления должно спуститься до опыта и измерений, если желательно, чтобы было достигнуто совершенство в гипотезах и теориях предмета, а затем и в практических результатах, а самые опыты и измерения имеют свойство наводить на понимание сущности дела больше, чем ...попытки охватить сразу всю сущность предмета».

— «Наконец, надо же понять, что, устраивая первое колесо и доходя с ним до локомотива, человек сочинил род движения не как простой рабский подражатель природных форм, а как разумный творец, пользующийся в природе материалами и силами для своих собственных, общественностью созданных целей, не имевшихся в виду у природы».

Эти замечательные мысли о развитии одного из разделов аэродинамики глубоко запали в сознание Жуковского. Мы думаем, что работа Менделеева «О сопротивлении жидкостей и о воздухоплавании» поддержала стремление Николая Егоровича синтезировать чисто опытную науку — гидравлику с теоретической гидромеханикой.

Если внимательно изучать работы Жуковского по аэродинамике, то можно подметить одну весьма важную, характерную черту, существенно отличающую его исследования от исследований ученых предшествовавшего периода.

Николай Егорович исходя из указаний научно поставленных опытов выдвигает новые физические гипотезы, новые идеи, которые коренным образом изменяют и расширяют результаты классической гидромеханики. Стремление преобразовать классическую теорию движения идеальной жидкости новыми рассмотрениями, источник которых лежит в непосредственном изучении явлений, — проходит руководящей нитью через все многообразные работы Жуковского. Поэтому Жуковский как исследователь есть зачинатель новых разделов науки. Это стрем-

ление сблизить теоретические исследования с экспериментом, «изучать вещи в самих себе», как часто говорил и писал Жуковский, есть генеральная линия всей научно-технической деятельности Николая Егоровича. Эта линия глубоко материалистична, и нам кажется, что в этой тесной связи с практикой и открыто излагаемом материализме и есть национальное своеобразие научного творчества Жуковского. Н. Е. Жуковский как представитель передовой русской естественно-научной мысли восторженно поддерживал замечательную мысль Менделеева, высказанную в его «Основах химии». Эта мысль звучала в те годы как манифест передовой науки.

«У научного изучения предметов, — говорит Менделеев, — две основных или конечных цели: предвидение и польза. Предвидеть или предсказать то, что еще неизвестно, — значит во всяком случае не менее открытия чего-либо существующего, но еще неопisanного (например, новой страны или неизвестных явлений, тел, приёмов промышленности и т. п.), а имеет то высшее значение, что указывает на возможность людям проникать в самую сущность вещей... Научные предсказания, основываясь на изучении, дают в обладание людское такие уверенности, при помощи которых можно направлять естество вещей в желаемую сторону и достигать того, что желаемое и ожидаемое приближается к настоящему и невидимое к видимому»¹.

Хорошо известно, что Менделеев был дружен с выдающимся русским физиологом Сеченовым, что он сочувственно относился к нелегальным изданиям Герцена, встречался с Чернышевским. В работах и высказываниях Менделеева **очень хорошо видна тесная связь русской материалистической философии и передовой демократической естественно-научной мысли.**

Существенное развитие конструктивного оформления самолёта после работ А. Ф. Можайского было сделано в исследованиях К. Э. Циолковского. Занятия Циолковского по тонким металлическим оболочкам для дирижаблей привели его в 1894 году к замечательной идее о постройке самолёта с металлическим остовом. В небольшой статье «Аэроплан, или птицеподобная (авиационная) летательная машина», опубликованной отдельным оттиском в 1895 году, даны описание и чертежи моноплана,

¹ Д. И. Менделеев, Основы химии, Соч., т. 1, 1934, стр. 354.

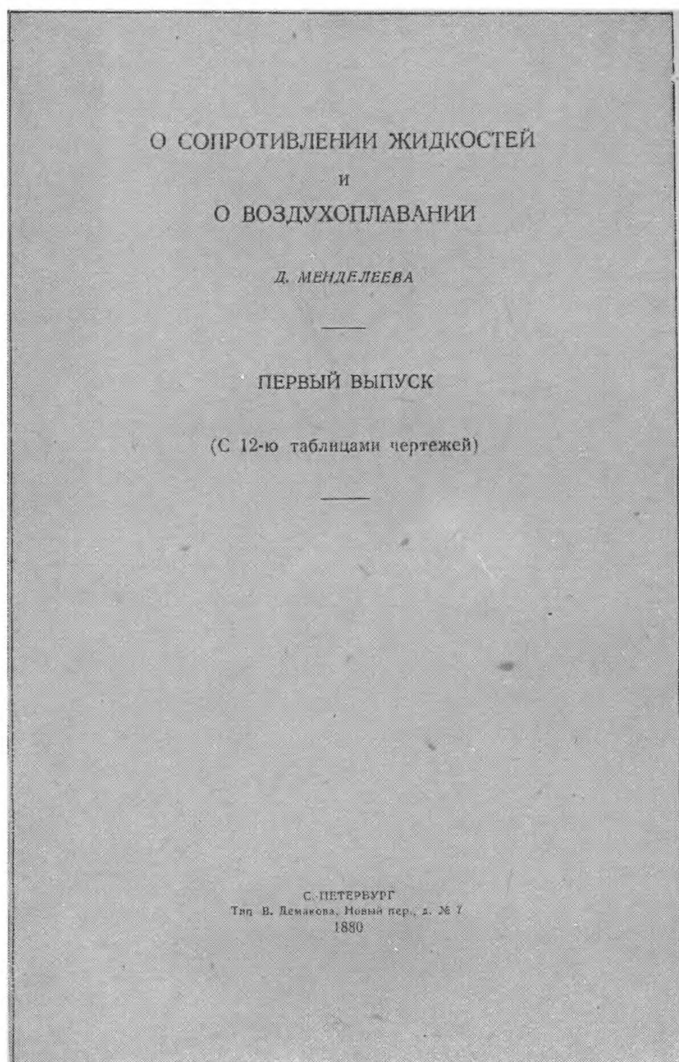


Рис. 21. Первая страница известной работы Д. И. Менделеева „О сопротивлении жидкостей и о воздухоплавании“

который по своему внешнему виду очень близко подходит к моноплану Блерио 1909 года, но в главных деталях значительно совершеннее его. У самолёта Циолковского крылья уже имеют толстый профиль, а фюзеляж — обтекаемую форму. Весьма интересно, что в этой статье Циолковский впервые в истории развития самолётостроения особенно подчёркивает необходимость улучшения обтекаемости самолёта для получения больших скоростей. Конструктивные очертания самолёта Циолковского были

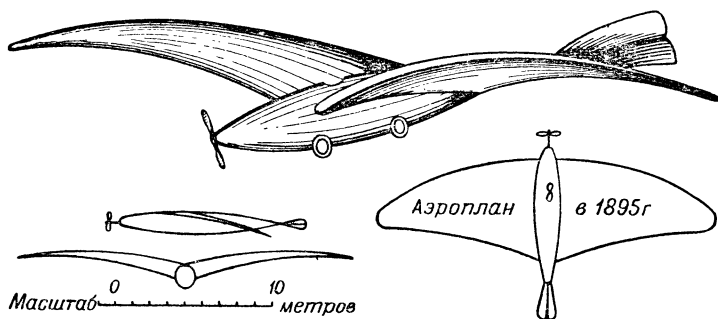


Рис. 22. Проект аэроплана К. Э. Циолковского

несравненно более совершенными, нежели более поздние конструкции братьев Райт, Сантос-Дюмона, Вуазена и других изобретателей. Для оправдания своих расчётов Циолковский писал: «При получении этих чисел я принял самые благоприятные, идеальные условия сопротивления корпуса и крыльев; в моём аэроплане нет выдающихся частей, кроме крыльев; всё закрыто общей плавной оболочкой, даже пассажиры».

Циолковский хорошо предвидит значение бензиновых двигателей внутреннего сгорания для развития авиации. Вот его слова, показывающие полное понимание устремлений технического прогресса: «Однако у меня есть теоретическое основание верить в возможность построения чрезвычайно легких и в то же время чрезвычайно сильных бензиновых двигателей, вполне удовлетворяющих задаче летания».

Константин Эдуардович предсказывал, что со временем маленький самолёт будет успешно конкурировать с автомобилем. Но и эта идея Циолковского не получила

признания в условиях царского самодержавия. На дальнейшие изыскания по аэроплану не было ни средств, ни даже моральной поддержки. Замечательное предложение Циолковского так и не было реализовано.

Царское правительство не признавало ни молодую русскую авиационную науку, ни авиаконструкторов. Печальный пример К. Э. Циолковского и других русских авиаконструкторов, чьи изобретения были загублены в недрах правительственных канцелярий, ярко свидетельствует об отношении царских чиновников к отечественной науке и народным талантам.

Высокопоставленные царские чиновники считали, что гораздо спокойнее закупать «проверенные» иностранные аэропланы, чем рисковать с «доморощенными самоучками», как презрительно называли в те годы в придворных кругах русских инженеров, изобретателей и учёных — зачинателей нашей отечественной авиации.

Выдающиеся по глубине и оригинальности прогрессивные идеи развития авиационной науки, смелые и тщательно продуманные технические проекты, замечательные по высокому мастерству и культуре исполнения конструкции самолётов были буквально выстраданы передовой частью русских учёных и инженеров.

Задержать развитие русской науки и техники не могли никакие искусственные преграды. Препятствия побеждали талантливость и настойчивость, одаренность и творческая дерзость русских исследователей. Передовые люди русского дореволюционного общества приветствовали и поддерживали смелые научно-технические идеи русской науки. В этих своеобразных исторических условиях жил и работал «отец русской авиации» Николай Егорович Жуковский.

Наш краткий исторический очерк показывает часть фактического материала по истории авиации в России, на анализе которого развивалось творчество Николая Егоровича Жуковского. Из большого количества удачных и неудачных конструкций и проектов летательных машин, из тщательного анализа теоретических работ, из систематических научно поставленных опытов выросла точная и прогрессивная теория.

Жуковский создал новую науку — аэродинамику, и законы этой новой науки стали верными руководителями инженеров при конструировании более совершенных самолётов.

6. РАБОТЫ Н. Е. ЖУКОВСКОГО ПО ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ АЭРОДИНАМИКЕ

До работ Н. Е. Жуковского теоретической аэродинамики как самостоятельной науки не существовало. Попытки учёных объяснить принципы образования подъёмной силы крыла самолёта не приводили к цели.

Наиболее распространённая в Европе теория сопротивления Ньютона, согласно которой подъёмная сила плоской пластинки увеличивается при малых углах атаки пропорционально квадрату угла атаки, находилась в резком противоречии с данными экспериментов. Стремление иностранных ученых в 19 веке создать новую, более совершенную теорию сопротивления, успеха не имели. Наибольшего внимания заслуживает здесь так называемая струйная теория сопротивления, основы которой для тел простейших геометрических очертаний были разработаны немецкими учёными Гельмгольцем и Кирхгофом. Однако когда английский учёный Рейли попытался по методам струйной теории рассчитать подъёмную силу плоской пластинки, то при лётных углах атаки она оказалась в четыре раза меньше экспериментального значения. В последней четверти 19 века формулами Рейли часто пользовались для доказательства невозможности летать на аппаратах тяжелее воздуха.

Жуковский произвёл подлинную революцию в научных воззрениях на силы воздействия воздушного потока, он создал новую науку — аэродинамику, разработал её руководящие принципы. Он доказал, вопреки утверждениям иностранных авторитетов, что в полёте подъёмная сила получается бо́льшая, нежели дают формулы Ньютона и Рейли. Он показал, что подъёмная сила в реальных условиях вполне достаточна для полёта самолёта.

Если рассмотреть прямолинейный горизонтальный полёт самолёта, то можно понять, что из четырёх основных сил, действующих во время полёта на самолёт с воздушным винтом (пропеллером), три обусловлены воздействием воздуха. Эти основные силы суть: подъёмная сила, сила сопротивления и сила тяги воздушного винта. Только свойства силы тяжести были хорошо изучены к 80-м годам XIX века, когда Жуковский начал интересоваться вопросами авиации и воздухоплавания. Без знания основных сил, обусловленных воздействием воздуха, изучить полёт самолёта было невозможно. Законы

теоретической механики позволяют находить характеристики движения тел только в тех случаях, когда действующие силы достаточно хорошо определены. Естественно поэтому, что основные занятия Жуковского в области аэродинамики были посвящены изучению сил воздействия воздуха на движущийся самолёт.



Рис. 23. Николай Егорович Жуковский в 1898 году

Первое известное нам выступление Николая Егоровича по вопросам воздухоплавания состоялось 1 ноября 1881 года в Московском Политехническом Обществе. Это был доклад «По поводу брошюры Мерчинского об аэростатах».

24 июня 1886 года Н. Е. Жуковский был утвержден в должности экстраординарного профессора Московского университета. Кабинет механики в университете до Жуковского служил только местом сбора простых демонстрационных приборов, подтверждающих наглядно некоторые законы механики. При Жуковском он стал основой для организации научно-исследовательской лаборатории.

«При кабинете прикладной механики,— писал позднее Жуковский, — уже с 1889 г. производились исследования по различным вопросам воздухоплавания — испытывались различные модели летательных машин и строились небольшие аэродинамические аппараты»¹.

В 1896 году под научным руководством Жуковского его ученики провели подробное исследование над сопротивлением воздуха падающим конусам. Результаты этих исследований были опубликованы в трудах Физико-химического общества. Начиная же с 1902 года, после того как Николай Егорович построил первую в России аэродинамическую трубу закрытого типа для аэродинамических исследований, научная работа развернулась еще шире.

Из серии трудов кабинета прикладной механики, производимых студентами под руководством Жуковского, начал формироваться ценный материал по вопросам аэродинамики и воздухоплавания. Результаты аэродинамических исследований, проводимых в Московском университете, Жуковский систематически публиковал в виде статей и читал много докладов на темы по воздухоплаванию и аэродинамике.

Таким образом, работы Жуковского по теоретической аэродинамике и динамике полёта были тесно связаны с научно поставленным экспериментом; исследование реальных задач воздухоплавания и авиации давало здоровую основу для теоретических обобщений.

Следует подчеркнуть здесь преемственность идей передовой русской науки. Как уже указывалось, когда Д. И. Менделеев начал систематические занятия вопросами сопротивления жидкостей, то он обнаружил весьма мало результатов научно поставленных опытов и нашёл в литературе ограниченное количество эксперименталь-

¹ Н. Е. Жуковский, Аэродинамическая лаборатория при кабинете прикладной механики Московского университета, Соч., т. V, стр. 269.

ных данных. Не имея количественных соотношений, трудно было выдвигать разумные гипотезы и строить теоретические обобщения. Менделеев писал: «Недостаточность опытных данных о сопротивлении среды для полного решения задачи воздухоплавания, однако, столь очевидна, что я считал невозможным умолчать о неизбежной необходимости новых точных опытов, о их цели, о необходимых приёмах и о средствах, для выполнения их нужных. Этим недостатком точных опытных данных о сопротивлении среды объясняется в одно и то же время причина слабого развития как общей теории сопротивления среды, так и практики воздухоплавания».

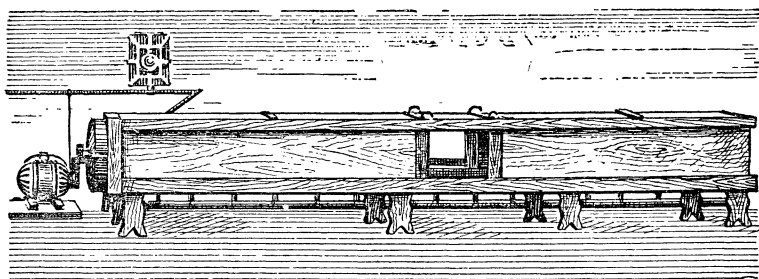


Рис. 24. Первая в России аэродинамическая труба с закрытой рабочей частью, построенная Жуковским в Московском университете в 1902 году

Жуковский очень хорошо знал мысли Менделеева о научном эксперименте. Он полностью разделял эти воззрения, и в его статьях можно неоднократно встретить известное высказывание Д. И. Менделеева, которое звучит как боевая программа: «Нужен действительно и будет решать дело разумный и твёрдый опыт».

Мы остановимся на выдающейся работе Жуковского по динамике полёта, опубликованной в 1892 году¹. В этой работе исследуется вопрос о планирующем полете (парении) птиц, т. е. таком полёте, когда птица не машет крыльями. Жуковский разбирает два случая планирующего полёта: планирование с потерей высоты, или сколь-

¹ Н. Е. Жуковский, О парении птиц, Соч., т. V, стр. 7—35. Эта работа дважды докладывалась автором в Московском Математическом Обществе — 22 октября и 17 декабря 1891 года.

жение птицы по воздуху, и планирование с сохранением или даже набором высоты.

Для случая скольжения Жуковский исследует влияние ветра, дующего или горизонтально или имеющего небольшое восходящее движение. Планирующий полёт птицы можно приближённо рассматривать как движение пластинки под постоянным углом атаки. Подъёмную силу пластинки и её сопротивление Жуковский определяет из экспериментов¹.

Составив основные уравнения динамики для центра тяжести птицы, Николай Егорович находит его траектории при различных условиях движения воздуха. Среди возможных траекторий Жуковским была найдена траектория в виде «мёртвой петли». Таким образом, Николай Егорович предсказал теоретически возможность осуществления «мёртвой петли» за 21 год до того, как знаменитый русский лётчик Нестеров практически выполнил петлю на самолёте в воздухе². В наши дни эта широко распространённая фигура высшего пилотажа называется петлёй Нестерова.

Этой работой Жуковского были заложены научные основы динамических исследований фигур высшего пилотажа. Жуковский придавал большое практическое значение изучению фигурных полётов. В своих лекциях для лётчиков в годы первой мировой войны он писал: «Значение этих полётов важно тем, что делает лётчика, их изучившего, полным хозяином движения аэроплана в воздухе, что весьма важно для воздушной борьбы. Покойный Нестеров на своем докладе в Политехническом музее сравнивал борьбу быстроходного поворотливого аэроплана, управляемого искусным лётчиком, с дирижаблем или тяжёлым неповоротливым аэропланом, с борьбой ястреба с вороном. К несчастью, он погиб смертью героя в такой борьбе»³.

В 1894 году Николай Егорович сделал шесть докладов о летательных аппаратах тяжелее воздуха. В одном

¹ Формула Рейли, известная в то время, не давала согласия с наблюдаемыми величинами подъёмной силы и лобового сопротивления.

² Военный лётчик П. Н. Нестеров (1887—1914), прежде чем совершить «мёртвую петлю» на самолете, обращался за консультацией к Николаю Егоровичу. Жуковский разработал теорию вопроса и дал указания, как практически лучше всего осуществить эту фигуру высшего пилотажа.

³ Н. Е. Жуковский, Соч., т. V, стр. 402.

из докладов, прочитанном для делегатов IX съезда русских естествоиспытателей и врачей, Жуковский демонстрировал модели приборов, при помощи которых можно испытывать силы сопротивления воздуха.

Осенью 1898 года на X съезде русских естествоиспытателей и врачей Жуковский организовал воздухоплавательную подсекцию, работа которой прошла весьма успешно. На заседаниях X съезда Жуковский прочитал обзорный доклад «О воздухоплавании», в котором он решительно поддержал развитие аппаратов тяжелее воздуха. Жуковский подчеркнул, что человек может стать полновластным хозяином воздушной стихии, если усовершенствует самолёт и его двигатель. Жуковский говорил в своём докладе: «Действительно, глядя на летающие вокруг нас живые существа: на стрижей и ласточек, которые со своим ничтожным запасом энергии носятся в продолжении нескольких часов в воздухе с быстротой, достигающей 50 метров в секунду, и могут преодолевать целые моря, на орлов и ястребов, которые описывают в синем небе свои красивые круги с неподвижно распростёртыми крыльями, на неуклюжую летучую мышь, которая, не стесняясь ветром, бесшумно переносится во всевозможных направлениях,— мы невольно задаёмся вопросом: неужели для нас нет возможности подражать этим существам? Правда, человек не имеет крыльев, и по отношению веса своего тела к весу мускулов он в 72 раза слабее птицы, правда, он почти в 800 раз тяжелее воздуха, тогда как птица тяжелее воздуха только в 200 раз. Но я думаю, что он полетит, опираясь не на силу своих мускулов, а на силу своего разума».

Жуковский отмечает, что крылья аэроплана, сделанные в виде плоских пластинок, невыгодны, так как подъёмная сила таких крыльев очень мала. Гораздо выгоднее изогнутые крылья. «Если сделать большие планы из прутьев и обтянуть их материей, то наивыгоднейший угол наклона плоскости увеличивается до 15° ». «Вероятно, — говорит Николай Егорович, — что значительная экономия работы при летании птицы имеет одной из причин эффект вогнутости её крыльев».

В те годы вопрос о дальнейшем направлении прогресса воздухоплавания и авиации являлся предметом дискуссий и споров. Глубокая проницательность Жуковского позволила ему высказать участникам X съезда следующие пророческие слова: «Я думаю, что путь исследо-

вания задачи воздухоплавания с помощью скользящей летательной машины является одним из самых надёжных. Проще прибавить двигатель к хорошо изученной скользящей летательной машине, нежели сесть на машину, которая никогда не летала с человеком»... «Кому суждено знать будущее! Но внимательный наблюдатель прогресса авиации не может не заметить, что мы приближаемся с разных сторон к решению великой задачи, и, может быть, новый век увидит человека, свободно летающего по воздуху»... «С увеличением размеров управляемого аэростата будет при сохранении коэффициента транспорта увеличиваться горизонтальная скорость, и потому такая машина, может быть, будет служить в будущем для транспорта пассажиров. Машина же более тяжёлая, нежели воздух, даст нам, по моему мнению, средство для быстрого полёта одного или двух человек в любом направлении и заставит нас перестать завидовать птице»¹.

Жуковский подробно и внимательно изучал весь опыт развития техники воздухоплавания и авиации, анализировал все теоретические попытки объяснить законы для сил воздействия воздуха на перемещающиеся в нём тела. Большое количество экспериментов провели Жуковский и его ученики. Эти эксперименты постепенно привели Николая Егоровича к открытию фундаментального закона аэродинамики — закона о подъёмной силе крыла.

Один из учеников Жуковского академик Л. С. Лейбензон пишет: «Лето и осень 1904 года Николай Егорович продолжал усиленно думать о причинах возникновения подъёмной силы. Приехав однажды в институт (Кучинскую аэродинамическую лабораторию) в праздничный день 1 октября и гуляя в поле, он пришел к гениальной по простоте идее о присоединённых вихрях, объясняющей причину возникновения подъёмной силы крыла самолёта. Однако идея была так оригинальна, что не сразу великий автор смог развить её. Только через год, 15 ноября 1905 года, он прочёл в Математическом Обществе свой доклад «О присоединённых вихрях», а опубликовал эту работу в 1906 году».

Работа Н. Е. Жуковского «О присоединённых вихрях» заложила надёжную теоретическую основу развития методов определения подъёмной силы крыла самолёта.

¹ Н. Е. Жуковский, Соч., т. IX, стр. 198, 201, 202.

Чтобы пояснить сущность открытия Жуковского, рассмотрим более подробно течение воздуха около крыла самолёта.

Представим себе самолёт в прямолинейном равномерном горизонтальном полёте. В этом простом случае подъёмная сила крыльев самолёта в точности равна его весу. Величина подъёмной силы крыльев или несущих поверхностей зависит от их площади и формы поперечного сечения. Если рассечь крыло плоскостью, параллельной плоскости симметрии самолёта, то в сечении мы получим так называемый профиль крыла (см. рис. 25).

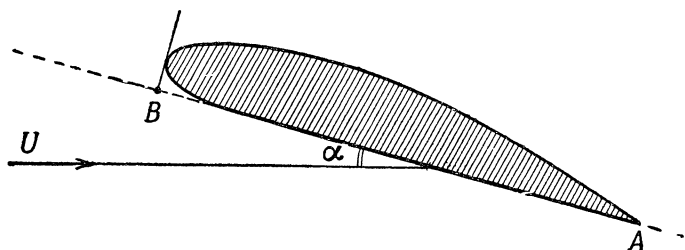


Рис. 25. Профиль крыла самолёта. Угол α есть угол атаки

Передняя кромка профиля современных транспортных и пассажирских самолётов округлена, задняя кромка острая. Отрезок AB обычно называют хордой профиля. Угол между хордой AB и направлением скорости полёта самолёта называют углом атаки (угол α на рис. 25). Угол атаки крыла самолёта изменяется по желанию лётчика действием руля высоты. При горизонтальном полёте угол α очень мал и не превышает $1\text{--}1,5^\circ$. При подъёме самолёта и при планирующем спуске углы атаки достигают $6\text{--}8^\circ$. При посадке углы атаки наибольшие — для современных самолётов они около 15° .

Пусть скорость полёта самолёта будет U_a . Если наблюдатель, находящийся в кабине лётчика, будет каким-либо способом измерять скорости частичек воздуха под крылом и над крылом, то он легко убедится в следующем (см. рис. 26). При небольших (лётных) углах атаки скорости частичек воздуха, обтекающих профиль, будут над верхней границей профиля больше скорости полёта, ($U_{\text{верх}} > U_a$), а скорости частичек воздуха под нижней

границей профиля будут меньше скорости полёта, т. е. $U_{\text{нижн}} < U_a$.

Таким образом, мы можем экспериментально убедиться, что при движении крыла самолёта в воздухе скорости на верхней поверхности крыла будут больше скорости полёта, а на нижней несколько меньше скорости

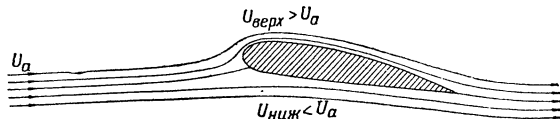


Рис. 26. Скорости частичек воздуха на верхней и нижней поверхности крыла самолёта

полёта. При движении струек воздуха, обтекающих крыло, давление в каждой струйке связано с величиной скорости частичек математической формулой: давление, делённое на плотность, плюс половина квадрата скорости есть величина постоянная. Если давление воздуха в струйке обозначить буквой P , плотность буквой ρ , скорость буквой U , а постоянную величину буквой C , то формулу можно записать в виде

$$\frac{P}{\rho} + \frac{1}{2} U^2 = C.$$

Записанную формулу часто называют законом Бернулли для струйки движущегося воздуха. Легко понять, что там, где скорость движения частичек воздуха больше, давление уменьшается, а в тех местах, где скорости частичек меньше, — давление увеличивается. Следовательно, при движении крыла в воздухе на верхней его поверхности будет пониженное давление (разрежение), а на нижней поверхности — повышенное давление (сгущение). Разрежение на верхней поверхности крыла даст подсасывающие силы, направленные вверх, а увеличение давления на нижней поверхности даст поддерживающие силы, направленные также вверх. Если сложить все эти местные силы, действующие по элементам поверхности крыла, то мы получим, как говорят, результирующую подъёмную силу.

Распределение местных сил давления по контуру профиля крыла при угле атаки 2° показано на рис. 27. Инте-

ресно отметить, что при лётных углах атаки около 70% общей подъёмной силы обусловлено подсасывающими силами, они действуют по верхней поверхности крыла. И только 30% обусловлено поддерживающими силами, возникающими благодаря повышению давления на нижней поверхности.

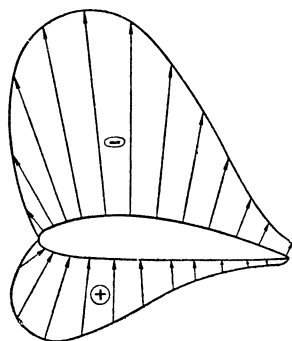


Рис. 27. Распределение давлений по контуру профиля крыла самолёта

Величайшей заслугой Н. Е. Жуковского является создание метода определения подъёмной силы крыла самолёта. Следует указать, что разрежение на верхней поверхности очень незначительно — порядка 1—2%. Но так как сила атмосферного давления на один квадратный метр площади достигает в нормальных условиях 10 000 килограммов, то разрежение в 1—2% обеспечивает подъёмную силу в 100—200 килограммов на каждый квадратный метр несущей поверхности крыла.

Для вычисления величины подъёмной силы, как видно из предыдущих пояснений, весьма важно знать, по какому закону увеличиваются скорости на верхней поверхности крыла и по какому закону уменьшаются на нижней поверхности. Для интегральной (суммарной) характеристики неравномерности распределения скоростей Жуковский использовал одну величину, называемую циркуляцией скорости вокруг профиля крыла. Эта величина есть не что иное, как работа вектора скорости по замкнутому контуру, охватывающему профиль крыла. Если обозначить плотность воздуха буквой ρ , а циркуляцию скорости буквой Γ , то величина подъёмной силы крыла данного профиля на единицу размаха определяется следующей теоремой Н. Е. Жуковского:

Величина подъёмной силы крыла на метр размаха равняется произведению плотности воздуха на циркуляцию скорости и на скорость полёта аэроплана.

Математически формула Н. Е. Жуковского записывается в виде

$$P = \rho U \Gamma,$$

где P — подъёмная сила. Направление подъёмной силы перпендикулярно к направлению скорости полёта. Если самолёт летит горизонтально, то подъёмная сила крыла направлена вверх.

Легко понять, что для крыльев, имеющих различную геометрическую форму профиля, подъёмная сила будет различной, а следовательно, циркуляция Γ для каждого профиля имеет вполне определённое значение. Возникает вопрос, как же определить величину циркуляции скорости Γ , если форма профиля крыла нам известна. Этот вопрос был также разрешен Жуковским, и данный им метод определения циркуляции называется в современных курсах по аэродинамике гипотезой Жуковского.

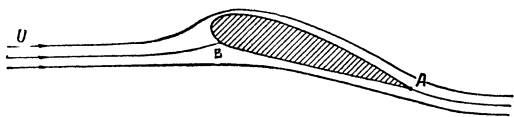


Рис. 28. Гипотеза Жуковского. При обтекании крыла самолёта воздушными струйками плавно сходят с острой задней кромки (точка А)

Поясним сущность гипотезы Жуковского. Пусть профиль крыла омывается потоком воздуха. Если сделать течение воздуха видимым, например, «подкрасив» воздух табачным дымом, то можно сфотографировать течение и получить распределение струек воздуха на верхней и нижней поверхности профиля. Если угол атаки профиля невелик, скажем $2\text{--}3^\circ$, тогда в распределении струек можно отметить одну важную особенность. Струйки воздуха, подходя к профилю, разделяются около точки В, а затем снова смыкаются около точки А. В аэродинамике говорят, что профиль при небольших углах атаки обтекает плавно. Струйки воздуха следуют за изгибом верхней границы профиля и нигде не отрываются от этой границы. При плавном (безотрывном) обтекании профиля скорости частичек воздуха при подходе к точке А будут оставаться конечными по своей величине.

До работ Жуковского видные учёные-гидромеханики пытались чисто теоретически строить течения газа или жидкости. При обтекании острых углов, как в точке А профиля, получались бесконечно большие скорости, а тогда подъёмная сила профиля оказывается равной нулю. Этот удивительный факт называли парадоксом

Даламбера, по имени известного в механике французского учёного. Величайшая проницательность Жуковского при наблюдениях явлений природы помогла ему разрешить этот парадокс. Решение оказалось удивительно простым. **Только те теоретические течения около профиля крыла имеют реальный смысл, для которых скорость частичек в точке А (острой кромке профиля) имеет конечную величину.** Или, иначе говоря: при обтекании профиля реальным потоком воздуха на контуре профиля не может быть точек с бесконечно большой скоростью. Если математически записать это условие конечности скорости, то мы можем найти циркуляцию Γ вокруг крыла. Мы называем теперь условие Жуковского для подсчёта циркуляции — гипотезой Жуковского.

Нужно сказать, что теорема Жуковского и гипотеза Жуковского — основы всего современного учения о подъёмной силе. Эти открытия — фундамент теоретической аэродинамики. Без них невозможно развитие этой науки. Н. Е. Жуковский — отец аэродинамики, заложивший надёжные и строго обоснованные принципы её дальнейшего прогресса.

Заслуги Н. Е. Жуковского отмечаются очень широко в учебной и научной современной литературе по аэродинамике. Мы приведём здесь некоторые из характеристик, относящихся к теореме Жуковского и гипотезе Жуковского.

Один из наиболее талантливых учеников Николая Егоровича академик С. А. Чаплыгин писал в 1910 году: необходимо отметить замечательный по своему изяществу и простоте закон для определения силы давления, открытый Н. Е. Жуковским. Теорема Жуковского имеет фундаментальное значение в современной теории крыла аэроплана. В настоящее время придумано большое количество доказательств этой теоремы. Однако метод, которым в своё время шёл Жуковский, остаётся наиболее ясным и убедительным. Этот метод состоит в непосредственном вычислении сил давления воздуха на различные точки рассматриваемого сечения профиля и последующем суммировании этих сил. Формулировка теоремы, данная Жуковским, вполне применима и в том случае, когда вне профиля в потоке воздуха имеются вихри. В настоящее время теоремой Жуковского пользуются и для построения теории крыла конечного размаха, считая, что для каждого элемента такого крыла формула Жу-

ковского справедлива. Как показывают результаты вычислений и экспериментов, закон Жуковского о подъёмной силе есть один из основных законов аэродинамики.

Теорему Жуковского проверили на опыте. Для этого непосредственно измерили распределение скоростей вокруг крыла постоянного профиля, простирающегося поперёк во всю ширину аэродинамической трубы прямоугольного сечения, так, что можно было считать течение плоским. Величина циркуляции была вычислена из измеренных скоростей для разных кривых, охватывающих профиль крыла. Она оказалась с достаточной точностью постоянной и соответствовала величине, полученной из измерения подъёмной силы на единицу размаха.

Условие, что на задней кромке профиля скорости частичек воздуха имеют вполне определённое конечное значение, которое было **впервые предложено Н. Е. Жуковским**, имеет большое значение для математического вычисления величины циркуляции. В ряде работ Николая Егоровича и его учеников было доказано, что **единственным решением**, определяющим величину циркуляции для идеальной жидкости¹, которое можно рассматривать как предел истинного решения для вязкой жидкости, является то, при котором избегается бесконечная скорость у задней кромки; это решение определяется гипотезой Жуковского.

Заметим, что гипотеза Жуковского является общепринятой во всех современных работах советских и зарубежных учёных по теории тонкого крыла и по неустановившемуся движению.

Еще в 1895 году Жуковский ознакомился с формой профиля крыла планера Лилиентала и из опытов, проведённых Лилиенталем, узнал, что изогнутая пластинка даёт бóльшую подъёмную силу, нежели плоская пластинка. Этот экспериментальный факт весьма заинтересовал Жуковского. В аэродинамической лаборатории Московского университета были поставлены специальные опыты. Они подтвердили факт увеличения подъёмной силы у изогнутого профиля крыла.

Однако теоретического решения задачи о вычислении

¹ Идеальной жидкостью в механике называют жидкость, не имеющую вязкости (внутреннего трения). При движении пластинки в идеальной жидкости на неё будут действовать силы, перпендикулярные к пластинке.

подъёмной силы изогнутого крыла Жуковскому в те годы найти не удалось. Не могли решить этой труднейшей задачи и иностранные учёные. И вот после открытия Жуковским теоремы о подъёмной силе и формулировки гипотезы о подсчете циркуляции он снова возвращается к исследованию этой весьма важной для авиации задачи.

В 1911 году появилась новая аэродинамическая работа Николая Егоровича¹, в которой он установил два класса теоретических профилей крыла. Он доказал, почему изогнутая форма профиля крыла более целесообразна по сравнению с плоской пластинкой. Теоретические профили, открытые Жуковским, называются сейчас «профили НЕЖ» и «обобщенные профили НЕЖ». Для этих типов крыльев были получены простые формулы для подсчёта подъёмной силы и положения центра давления (центр давления, или центр парусности, — точка пересечения подъёмной силы с хордой профиля).

Метод получения теоретических профилей крыла и исследование их основных аэродинамических характеристик, указанные Жуковским, оказались весьма плодотворными. И в наши дни авторы многочисленных работ по изучению подъёмной силы новых серий профилей крыла следуют методам Жуковского. Практические профили крыльев, предлагаемые изобретателями и конструкторами, обычно сравниваются с профилями крыльев Жуковского. Положение центра давления, метод определения которого разработал Николай Егорович в 1911 году, играет весьма важную роль при изучении и расчётах устойчивости самолёта.

Симметричные профили Н. Е. Жуковского (рули НЕЖ) при средней и малой относительной толщине, при небольших углах атаки мало меняют положение центра давления. Поэтому такие профили являются весьма удобными для корабельных рулей: если ось вращения проходит через центр парусности, то такой руль легко поворачивать. Кроме того, форма симметричного профиля удобна для укрепления оси руля и прочна, так как центр давления находится в самом толстом месте. «Эта форма руля (руля НЕЖ) была одобрена известным знатоком морского дела академиком А. Н. Крыловым»².

¹ Труды отделения физических наук Общества любителей естествознания, т. XX, выпуск 1—2.

² Н. Е. Жуковский, Теоретические основы воздухоплавания, 3 издание, стр. 245.

Жуковский исследовал новые формы профилей не только теоретически, но и экспериментально. Ученики Николая Егоровича в Московском университете и Техническом училище провели обширные опытные исследования. Подробные описания этих опытов даны в V томе сочинений Жуковского и его известной книге «Теоретические основы воздухоплавания». Исследование центра давления рулей показали, что «для малых углов до 5° положение центра давления для руля остается неизменным на расстоянии $\frac{1}{4}$ длины руля от переднего края»¹. На рис. 29 даны серии теоретических профилей, предложенные Н. Е. Жуковским.

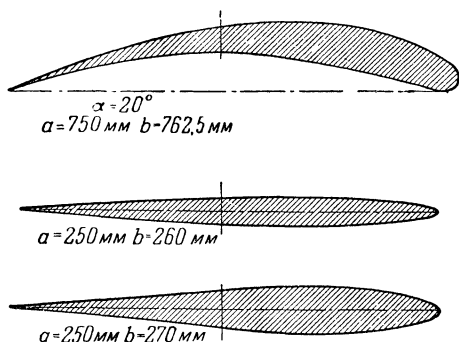


Рис. 29. Симметричные и изогнутые профили крыльев, разработанные Н. Е. Жуковским

С 1912 года начинают появляться статьи Жуковского по вихревой теории гребного винта (пропеллера)². Нормальный гребной винт состоит из нескольких (обычно 2—3, а для тяжёлых современных самолётов 5—6) радиально расположенных лопастей. Лопасти закреплены в общей втулке, которая надевается на вал двигателя. Вращение вала двигателя вызывает вращение лопастей винта. Каждую лопасть воздушного винта можно рассматривать как закрученное крыло. Если рассекать лопасть винта плоскостью, перпендикулярной к оси лопасти, то в поперечных сечениях мы получим очертания, аналогичные профилям крыла. Сечения, близкие к втулке, будут очень толстыми, сечения, близкие к концу лопасти,— до-

¹ Н. Е. Жуковский, Соч., т. V, стр. 256.

² Статьи Н. Е. Жуковского по вихревой теории винта опубликованы в VI томе его собрания сочинений, 1937.

статочно тонки. Углы, которые образуют хорды сечений с плоскостью, перпендикулярной к оси винта, увеличиваются для сечений, ближе расположенных к втулке. Такая переменная закрутка лопасти очень выгодна, так как каждый профиль сечения обтекается при полёте в наилучших условиях, развивая максимальную подъёмную силу. Эта подъёмная сила будет определять тягу соответствующего элемента лопасти винта. Если бы каждая лопасть винта не была закручена, а просто повернута на некоторый угол, тогда воздушный винт напоминал бы крылья ветряной мельницы. Эффективность винта, или его коэффициент полезного действия, были бы гораздо ниже при незакрученных лопастях.

При вращении винта каждый элемент винта испытывает со стороны воздуха подъёмную силу и лобовое сопротивление. Суммируя элементарные силы и вычисляя момент сил сопротивления, мы получим результирующую тягу винта и результирующий момент относительно оси винта.

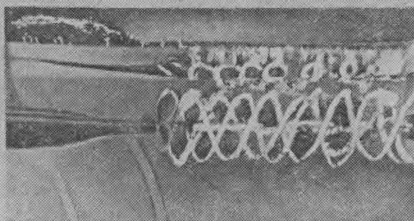
Для правильного расчёта тяги и момента сопротивления необходимо знать скорости частичек воздуха перед винтом и за винтом. Зная эти скорости, можно найти тягу и мощность, потребную для вращения. **Жуковский в своих работах выдвигает вихревую схему для объяснения действия воздушного винта** и вычисляет поле скоростей перед винтом и за винтом. Подробный анализ вихревой схемы винта, проведенный в четырёх статьях Жуковского, позволил не только найти подъёмную силу и лобовое сопротивление элементов заданных лопастей, но и указать геометрическую форму лопасти наивыгоднейшего винта. Винты, спроектированные по указаниям Николая Егоровича, получили название винтов НЕЖ. Опыты с винтами НЕЖ подтвердили основные теоретические выводы Жуковского. Винты НЕЖ во время первой мировой войны 1914—1918 годов с успехом ставились на различные самолёты и показали вполне удовлетворительные качества. Идеи вихревой теории Жуковского использовались при конструировании лопастей вентиляторов аэродинамических труб. Методы вихревой теории позволили создать вентиляторы с гораздо более высокими значениями коэффициентов полезного действия. При той же мощности на валу вентиляторы типа НЕЖ позволили в ряде случаев увеличить скорость потока в аэродинамической трубе в $1\frac{1}{2}$ раза.

ВИХРЕВАЯ ТЕОРИЯ ГРЕБНОГО ВИНТА

Статья первая

(1912 г.)

§ 1. Введение. Образование вихрей около винта с точки зрения абсолютного движения. На XII съезде естествоиспытателей и врачей в Москве я высказал мысль, что интересные фотографии Фламма¹, одна из которых помещена на фиг. 1, представляют расположение воздушных пузырьков, помещаю-



Фиг. 1

щихся по осям вихрей, образующихся за винтом. Один из этих вихрей представляет прямолинейный осевой вихрь, другие — винтовые вихри, число которых равно числу лопастей пропеллера.

Я высказал тогда надежду, что обстоятельное изучение этих вихрей может лечь в основание новой теории гребного винта. В настоящее время выяснилось, что такая теория должна представлять распространение на винт учения о цир-

¹ F l a m m, Die Schiffsschraube und ihre Wirkung auf das Wasser.

Вихревая теория гребного винта, данная Жуковским, является наиболее совершенной теорией. На основе этой теории проектируются и строятся пропеллеры большинства современных винтовых самолётов. Используя резуль-

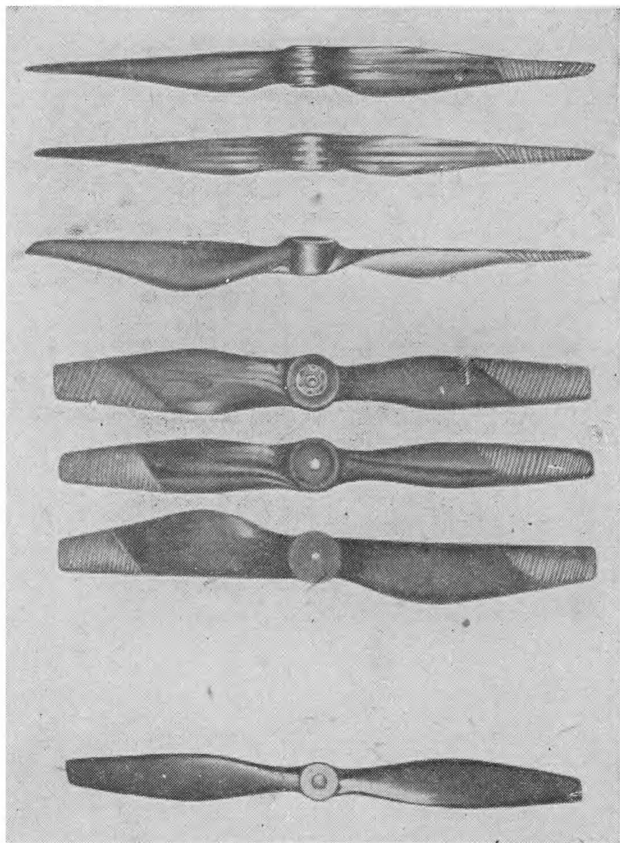


Рис. 31. Воздушные винты (пропеллеры) Н. Е. Жуковского

таты вихревой теории, инженеры создают более совершенные ветряки, роторы вертолётот и мощные вентиляторы аэродинамических труб.

Мы рассказали в этой главе об основных результатах,

полученных Н. Е. Жуковским в области теоретической аэродинамики. Наиболее важные из них следующие:

1. Теорема о подъёмной силе крыла.
2. Гипотеза Жуковского.
3. Создание метода изучения аэродинамических характеристик рулей Жуковского.
4. Создание метода изучения аэродинамических характеристик изогнутых крыльев Жуковского.
5. Вихревая теория воздушного винта.

Эти выдающиеся творения Николая Егоровича — основа современной аэродинамической науки. Это принципы, на которых развивается теория, руководящий материал для авиационного инженера наших дней.

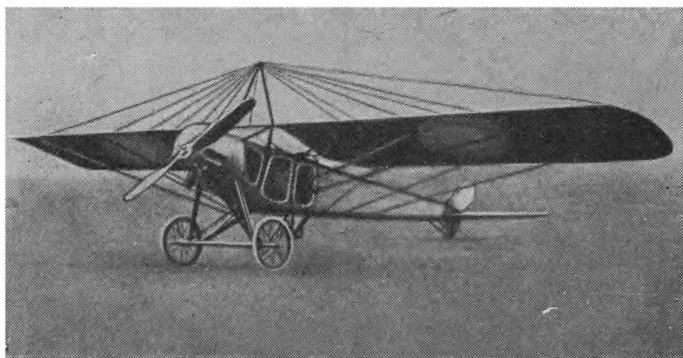


Рис. 32. Лёгкий самолёт (1918 г.) с воздушным винтом Н. Е. Жуковского

7. РАБОТЫ Н. Е. ЖУКОВСКОГО ПО ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ АЭРОДИНАМИКЕ

Николай Егорович Жуковский был основателем экспериментальной аэродинамики в России. Первые аэродинамические лаборатории в нашей стране были построены по прямым указаниям и схемам Жуковского. Систематические опыты над сопротивлением тел различной формы, движущихся в воздухе, Николай Егорович начал проводить ещё в 80-х годах XIX века при кабинете прикладной механики в Московском университете.

Жуковский придавал важное значение эксперименту при создании основ аэродинамической науки. В ряде его

статей и знаменитой книге «Теоретические основы воздухоплавания» он неоднократно подчеркивает экспериментальные основы теоретических построений.

Жуковский стоял у истоков современной аэродинамики. Он глубоко понимал, что невозможно создать надёжную теорию, не зная из эксперимента главных особенностей изучаемых явлений. **«Опыт, — говорит Жуковский, — позволяет наблюдателю узнать характер изучаемого движения и облегчает мысли постановку правильного теоретического анализа задачи».**

Классического наследства теоретической гидромеханики было явно недостаточно для формулировки законов аэродинамики. Характерной чертой Жуковского как исследователя и основателя новых разделов механики было **соединение логической строгости, широты и последовательности анализа с весьма тщательным опытным изучением явлений.** Непосредственное наблюдение, разумно поставленный эксперимент приводили к физическим гипотезам, которые принципиально видоизменяли весь ход математического анализа. Умение поставить механическую задачу так, чтобы аналитические (вычислительные) трудности не запутывали сущности дела, — вот что принципиально отличает научное творчество Жуковского от работ его учителей и современников. **«Механик должен составлять интегрируемые уравнения»,** — учил Жуковский.

Научное творчество Николая Егоровича было тесно связано с жизнью нашей страны. Он направлял дерзания своего гениального ума на те новые закономерности и факты, которые вырастали на глубокой почве промышленного развития. Воздействие Жуковского на развитие русской и мировой культуры огромно. Он был ярким представителем и выразителем той передовой школы русских учёных и инженеров, которая продолжала наиболее прогрессивные устремления русской демократической интеллигенции 60-х годов.

Тесная связь с жизнью, с творчеством народа, стремление к преобразованию, перестройке этой жизни и к созданию новых путей развития механики — вот что характеризует творчество Жуковского. Николай Егорович глубоко интересовался исследованиями выдающегося механика эпохи Возрождения Галилео Галилея. Как передают современники Жуковского, он с большим удовлетворением цитировал следующие строки из «Бесед и матема-

тических доказательств» Галилея¹: «Обширное поле для размышления, думается мне, даёт пытливым умам постоянная деятельность вашего знаменитого арсенала, сеньоры венецианцы, особенно в области, касающейся механики, потому, что всякого рода инструменты и машины постоянно доставляются туда большим числом мастеров, из которых многие путём наблюдений над созданиями предшественников и размышления при изготовлении собственных изделий приобрели большие познания и остроту рассуждения. Я, будучи по природе любознательным, часто ради удовольствия посещаю это место, наблюдая за деятельностью тех, которых по причине их превосходства над остальными мастерами, мы называем «первыми»; беседы с ними не один раз помогли мне разобраться в причинах явлений не только изумительных, но и казавшихся сперва совершенно невероятными». Как известно из курсов физики средней школы, Галилей был основателем динамики твёрдых тел. Он сформулировал закон инерции, закон сложения движений и законы равноускоренных и равнозамедленных движений.

Жуковский основал новую науку аэродинамику. Он сформулировал основной закон аэродинамики о подъёмной силе крыла, разработал теорию воздушного винта и дал авиационной технике методы аэродинамического расчёта самолёта. Под руководством Жуковского в нашей стране были созданы аэродинамические лаборатории в Московском университете, поселке Кучино под Москвой, в Московском Высшем Техническом училище. В первые годы Советской власти коллектив учеников Жуковского под его руководством заложил основания крупнейшего аэродинамического института ЦАГИ.

Жуковский развивал экспериментальные методы исследования. Он отчётливо понимал значение систематических наблюдений как базы для создания широких теоретических обобщений. Первая аэродинамическая лаборатория была создана Жуковским в Московском университете. Ещё в XIX веке при кабинете прикладной механики Московского университета исследовались летающие игрушки и змеи. Здесь выяснялись качественные законы

¹ Полное название книги: «Беседы и математические доказательства, касающиеся двух новых отраслей науки, относящихся к механике и местному движению, синьора Галилео Галилея Линчео», есть русский перевод, 1934. См. стр. 47 русского издания.

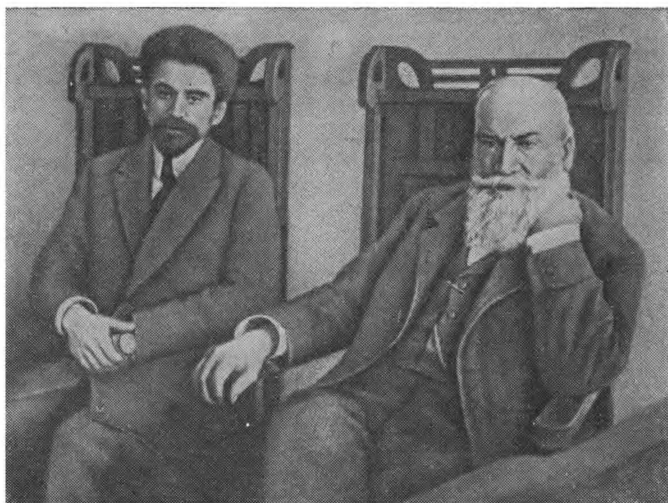


Рис. 33. Н. Е. Жуковский и его ученик Г. И. Лукьянов

мерности сил сопротивления воздуха движущимся в нём телам.

В 1902 году при кабинете прикладной механики Московского университета была построена первая в России аэродинамическая труба закрытого типа с квадратным сечением 75×75 см². В этой аэродинамической трубе проводились многочисленные испытания. Многие из них имели важное значение для развития аэродинамики¹.

Студент Московского университета П. П. Соколов, создав прибор, идея которого принадлежит Н. Е. Жуковскому, провёл исследование об определении центра парусности (центра давления) плоских пластинок. Впервые в научной литературе были проведены измерения по определению положения центра парусности пластинок различных удлинений. Сотрудник Жуковского Г. И. Лукьянов провёл в аэродинамической трубе университета, а затем в трубах Технического училища исследования по определению коэффициента сопротивления шара при изменении скорости потока в аэродинамической

¹ Первая в России аэродинамическая труба открытого типа была построена в Калуге знаменитым деятелем русской науки К. Э. Циолковским в 1897 году.

трубе. Этими опытами был установлен весьма парадоксальный факт уменьшения коэффициента сопротивления шара в диапазоне скоростей от 6 до 9 метров в секунду. Н. Е. Жуковский первый в научной литературе дал объяснение этому факту. Он указал, что уменьшение сопротивления шара происходит оттого, что с увеличением скорости изменяется место срыва струй с поверхности шара. Вот что пишет об этих опытах Николай Егорович: «...коэффициент сопротивления шара меняется со скоростью жидкости. Это изменение, которое Г. И. Лукьянов установил ещё в 1905 году на опытах, произведённых в старой трубе Московского университета и в его вестибюле (опыты с падением шаров), было в дальнейшем подтверждено опытами Эйфеля и Морена». Дальнейшие опыты были произведены в круглой трубе Технического училища в Москве при скоростях от 5 до 20 метров в секунду; для шара диаметром 7,6 сантиметра опыты были продолжены в малой трубе типа Эйфеля (диаметр рабочего сечения 0,30 метра) при скоростях от 13 до 43 метров в секунду. Опыты показали, что коэффициент сопротивления шара падает с увеличением скоростей потока. **Это изменение происходит оттого, что место срыва струй с поверхности шара меняется со скоростью потока**¹.

Гораздо позднее (в 1910 г.) этот факт уменьшения сопротивления шара исследовался в лаборатории Эйфеля (Франция) и еще позднее (в 1914 г.) в лаборатории Прандтля (Германия).

В аэродинамической трубе Московского университета А. И. Морошкиным, впоследствии профессором Московского университета, были также поставлены первые опыты по определению сопротивления трения. Было обнаружено, что сила сопротивления трения увеличивается пропорционально скорости в степени 1,85.

В 1904 году кабинет прикладной механики перевели в новое здание университета. Для аэродинамической трубы Жуковского поставили новый мотор, и скорость потока была доведена до 11 метров в секунду. В это время были начаты экспериментальные исследования над воздушными гребными винтами.

Несколько позднее Жуковским была составлена обширная программа аэродинамических исследований в ла-

¹ Н. Е. Жуковский, Теоретические основы воздухоплавания, Полное собрание сочинений. Выпуск I, 1938, стр. 90.

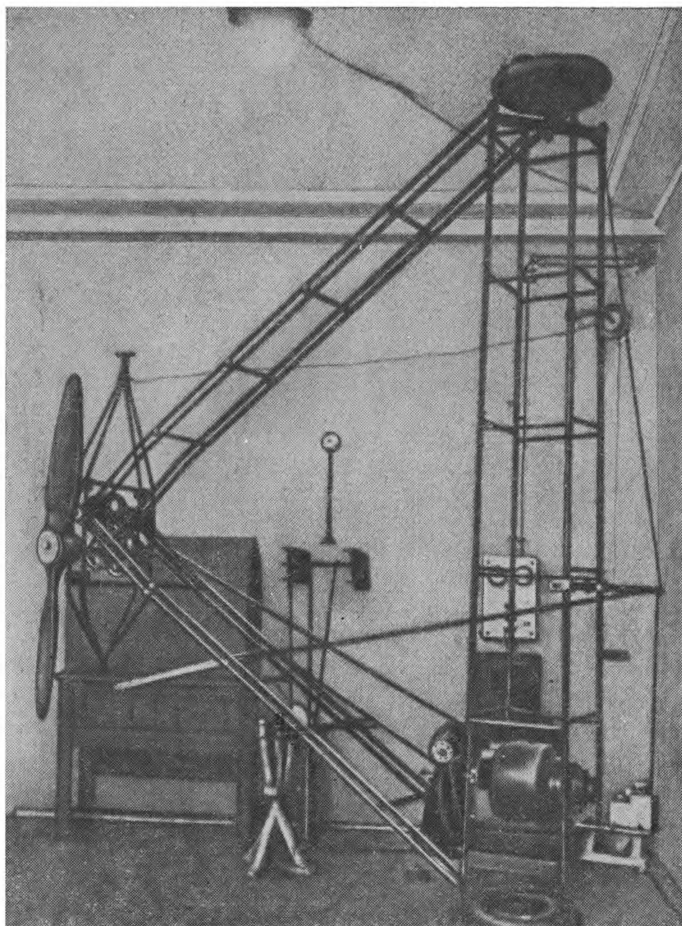


Рис. 34. Прибор Н. Е. Жуковского для испытания воздушных винтов

боратории Московского университета. Для осуществления этой программы в 1909 году в вестибюле нового здания университета была построена большая аэродинамическая труба с закрытой рабочей частью диаметром 1,6 метра. Скорость потока в этой трубе удалось довести до 20 метров в секунду, а с помощью специальных насадок — до 35 метров в секунду.

Первоначально аэродинамическая лаборатория пользовалась городским током, но очень скоро Н. Е. Жуковский убедился, что трёхфазный переменный ток неудобен для регулирования скорости потока в трубе и торможения мотора. Поэтому в 1907 году в лаборатории Московского университета была установлена маленькая станция с умформером, которая преобразует городской ток в постоянный и позволяет весьма удобно регулировать скорость потока в аэродинамической трубе. Реостат позволял менять скорость потока в пределах от 1,5 до 11 метров в секунду.

В аэродинамической лаборатории университета под руководством Н. Е. Жуковского разработали первые приборы для экспериментальных исследований. В этой лаборатории создали простейшие аэродинамические весы, использованные для измерения сопротивления шара. Под руководством Жуковского

создали прибор для измерения тяги винта на месте. На специальном приборе измерялись силы сопротивления воздуха при движении тел различной формы. Под руководством Жуковского разработали метод для определения распределения давления по контуру обтекаемого тела, так называемый манометрический метод Жуковского. Были поставлены весьма интересные опыты по проверке теоремы Чаплыгина для дугowych профилей. Согласно этой теореме, подъёмная сила дугowych планов при хорде, направленной по скорости, не зависит от глубины их и одинакова для всех планов,

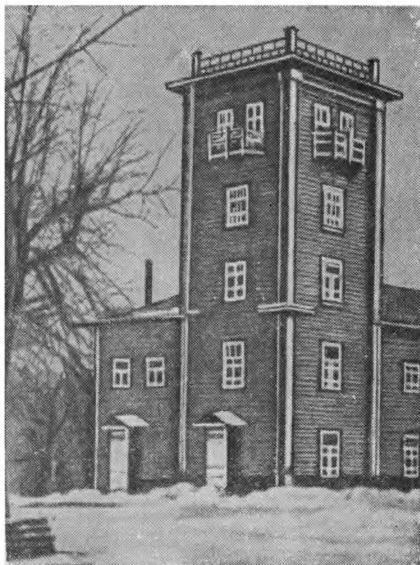


Рис. 35. Аэродинамическая лаборатория, построенная под руководством Н. Е. Жуковского в поселке Кучино, под Москвой

имеющих одну и ту же стрелку изгиба. Опыты с пластинками, имеющими вогнутость $\frac{1}{16}$, $\frac{1}{20}$, $\frac{1}{33}$, хорошо подтвердили теорему Чаплыгина.

В 1904 году Н. Е. Жуковский возглавил проектирование и создание аэродинамической лаборатории в посёлке Кучино, под Москвой. Н. Е. Жуковский и его ученики спроектировали и построили в Кучино двухэтажное здание аэродинамической лаборатории с пятиэтажной башней на одном конце. По указанию Жуковского, его ученик (в настоящее время академик) Л. С. Лейбензон спроектировал и построил аэродинамическое оборудование этой лаборатории. Была построена большая аэродинамическая труба длиной в 14,5 метра и диаметром 1,2 метра. Поток воздуха в этой трубе создавался вентилятором. Для того чтобы получить равномерный, не закрученный поток в аэродинамической трубе, на всасывающем конце трубы установили цилиндрический колпак.

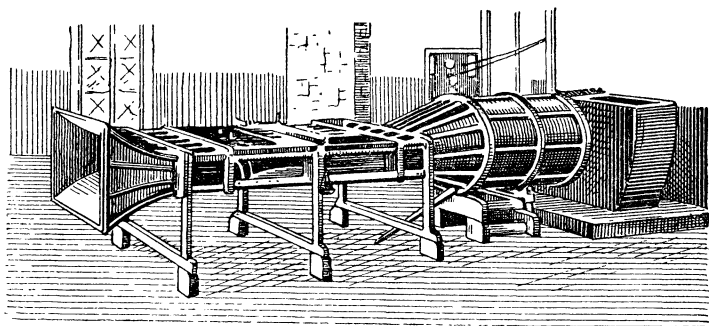


Рис. 36. Прямоугольная аэродинамическая труба в лаборатории Московского Высшего Технического училища

В Кучинской лаборатории под руководством Жуковского были проведены опыты по исследованию спектров обтекания различных тел. Результаты этих опытов не утратили своего научного значения до наших дней. Отчёты Кучинской аэродинамической лаборатории получили мировую известность. Большая труба Кучинской аэродинамической лаборатории была в те годы одной из наиболее совершенных установок во всём мире.

В 1909 году Н. Е. Жуковский возглавил создание аэродинамической лаборатории в Московском Высшем

Техническом училище. Оборудование этой новой аэродинамической лаборатории было достаточно разнообразно. По идее Н. Е. Жуковского и П. П. Соколова была построена прямоугольная аэродинамическая труба с размерами рабочей части 150×30 см². Постройкой этой трубы в Техническом училище руководил А. Н. Туполев (в настоящее время знаменитый авиационный конструктор нашей страны).

В аэродинамической лаборатории Московского Высшего Технического училища построили аэродинамическую трубу нового типа и усовершенствованный аппарат для испытания воздушных винтов на месте. В 1915 году в лаборатории Технического училища построили ещё одну аэродинамическую трубу, которая работает до настоящего времени.

Во время первой мировой войны ученики Н. Е. Жуковского спроектировали и начали постройку колоссальной по тому времени аэродинамической трубы с диаметром рабочей части равным 3 метрам. В этой аэродинамической трубе предполагалось испытывать модели отдельных частей аэропланов в масштабе до $\frac{1}{2}$ натуральной величины. Однако из-за недостатка средств постройка этой трубы не была закончена.

В аэродинамической лаборатории Московского университета Жуковский начал систематические исследования движения газов с весьма большими скоростями. Был построен специальный клепаный котёл, в который компрессором нагнетался воздух до давления около 10 атмосфер. Из этого котла через специальные насадки выпускалась тонкая струя воздуха и определялись скорости истечения и силы воздействия на небольшие тела различной формы. Опыты, поставленные Жуковским на этой установке, заложили основы экспериментальной аэродинамики больших скоростей. В 1912 году Жуковский прочитал несколько докладов, посвящённых истечению газов под большим напором, и указал на аналогию между движением жидкости в открытом канале и газов в трубе. Как известно, в настоящее время эта аналогия используется весьма широко при исследованиях течений газа со сверхзвуковыми скоростями.

Н. Е. Жуковский был не только искусным и проницательным экспериментатором. Он умел извлекать из опытных данных исходные положения для построения широких теорий большой общности и глубины умозаключений.

Очень характерным является факт создания Жуковским вихревой теории воздушного гребного винта (пропеллера). Начиная с 90-х годов прошлого века Николай Егорович изучал все попытки различных учёных и инженеров по созданию теории винта. В своём курсе «Теоретические основы воздухоплавания», изданном в 1912 году,

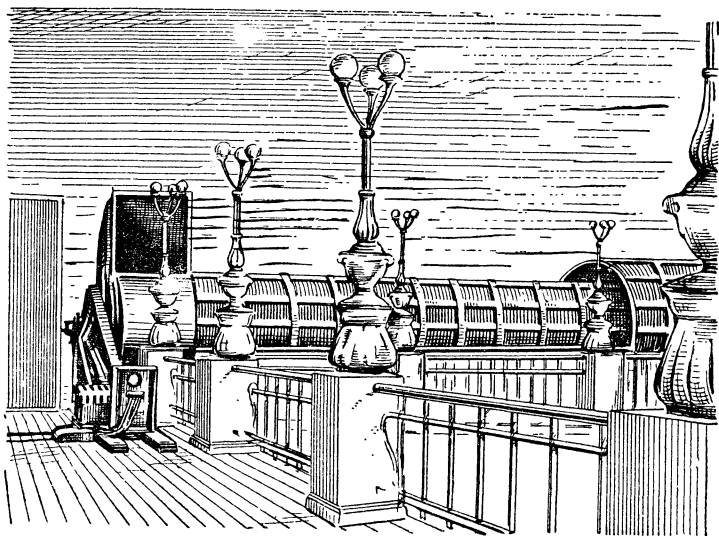


Рис. 37. Аэродинамическая труба Московского университета, построенная в 1909 году

Жуковский дал весьма тщательный обзор теорий, основанных на приближенных, чисто качественных соображениях, отметив что «указанные теории страдают одним недостатком: в них не рассматривается поток воздуха в радиальном направлении, а предполагается, что движущаяся воздушная масса как бы течёт в цилиндре, соосном винту».

Просматривая экспериментальные материалы по испытаниям винтов, Жуковский обратил внимание на фотографии течений воды около гребного винта, полученные немецким исследователем Фламмом.

Этот исследователь построил бассейн со стенками и дном из зеркального стекла длиной 10 метров, шириной 0,8 метра и глубиной воды 0,6 метра. В этом бассейне

изучались явления, происходящие в воде около гребного винта. Было получено множество фотографий, проведено большое число измерений, но теории гребного винта на основе полученных экспериментальных материалов Фламму и другим зарубежным учёным создать не удалось.

Дело здесь заключалось в том, что подлинную глубину циркуляционной теории подъёмной силы Жуковского, которая даёт ключ к правильной трактовке результатов проведённых наблюдений, за границей в те годы мало кто понимал.

Когда книга Фламма по судовым гребным винтам попала Жуковскому, он тщательно проанализировал его опыты. Николай Егорович, опираясь на созданную им в 1906 году теорию подъёмной силы профиля крыла, сделал следующие весьма важные выводы¹:

«1. Около винта, как спереди, так и сзади, давление пониженное; наибольшее понижение происходит у самого винта. На фотографиях это доказывается понижением уровня свободной поверхности воды около винта и образованием в ней корытообразного углубления, в котором отражаются воздушные пузырьки.

2. Вода отбрасывается винтом, независимо от его формы, правильной цилиндрической струей, и только довольно далеко от винта эта правильность теряется. На фотографиях виден почти цилиндрический столб воздушных пузырьков и винтовые линии, навитые на цилиндр, чего не могло бы быть при иной форме отбрасываемой струи.

3. За винтом образуются, по нашему мнению, две системы вихрей: один большой вихрь с осью, составляющей продолжение оси винта, и вихри, расположенные по винтовым линиям, отходящим от края каждой лопасти. Ось этих винтовых линий также совпадает с осью вращения винта, а шаг их равен пути, пройденному водой в движении относительно винта за один оборот последнего».

На фотографиях, отмечает далее Жуковский, мы вместо центрального вихря наблюдаем воздушную трубку, в

¹ Этих выводов не мог сделать из своих опытов немецкий исследователь Фламм; он не владел теорией подъёмной силы, созданной Жуковским, и не смог отделить при обработке экспериментального материала наиболее важные факты, определяющие закономерности явления.

виде жгута, иногда в несколько метров длиной, а вместо вихрей за лопастями — воздушные винтовые линии.

Из опытов, которые Жуковский ставил ранее в Московском университете, он знал, что находящийся в воде воздушный пузырёк движется в сторону, в которую давление понижается, и не выходит из области, где давление наименьшее. Опыты и теоретические исследования Жуковского показали также, что на осях вихревых шнуров давление минимальное, а поэтому пузырьки воздуха и должны скопляться на осях вихревых шнуров. Жуковский видел в обстоятельном изучении вихревых образований за винтом и распространении на воздушный винт основных идей теории подъёмной силы крыла главное направление создаваемой теории.

Сопоставление опытных данных и выводы из циркуляционной теории подъёмной силы позволили Жуковскому дать вихревую схему работы не только водяного, но и воздушного гребного винта. Подробное изучение скоростей потока воздуха перед винтом и за винтом привело Николая Егоровича к созданию новой вихре-

вой теории воздушного винта и вполне объяснило основные закономерности работы винтов.

Вихревая схема работы воздушного гребного винта является в настоящее время общепризнанной и наиболее точной. Развитие этой теории в нашей стране благодаря трудам проф. В. П. Ветчинкина, проф. Н. Н. Поляхова и др., показало гениальную проницательность выводов Жуковского. Он сумел объяснить и сделать подвластным строгому анализу и расчёту весьма сложное явление — работу гребного винта.



Рис. 38. Николай Егорович Жуковский

В докладах и статьях Жуковского многократно подчёркивается важность эксперимента в аэромеханике. «Приближается то время, — говорил Жуковский в 1913 году на XIII съезде русских естествоиспытателей и врачей, — когда направляемая твёрдым опытом теоретическая мысль сделается хозяином в решении вопросов о сопротивлении жидкостей, когда аэропланы и дирижабли будут строиться с таким же верным расчётом, с каким теперь пароходы и автомобили». «Я думаю, что проблема авиации и сопротивления воздуха, несмотря на блестящие достигнутые успехи в её разрешении, заключает в себе ещё много неизведанного, и что счастлива та страна, которая имеет средства для открытия этого неизведанного. У нас в России есть теоретические силы, есть молодые люди, готовые беззаветно отдаться спортивным и научным изучениям способов летания. Но для этих изучений нужны материальные средства». «...Позвольте высказать пожелание, ...чтобы средства наших аэродинамических лабораторий стали в соответствие с могуществом и творческими силами нашей родины».

Жуковский понимал всю важность подготовки в России высококвалифицированных отечественных специалистов в области авиации, создания аэродинамических лабораторий и авиационных институтов. Николай Егорович обратился к царскому правительству с предложением об организации авиационных институтов в Москве и Новочеркасске. В 1909 году этот законопроект был представлен на рассмотрение царского правительства. 28 декабря 1909 года царский совет министров нашёл, что решение «...об открытии аэродинамического учреждения при Донском Политехническом институте и... об организации Института аэронавтики в Москве должно быть признано пока нецелесообразным, тем более, что ныне не представляется даже возможным судить, будет ли контингент слушателей подобных учреждений настолько велик, чтобы оправдать самостоятельное их существование». На этом протоколе имеется пометка царя: «Согласен. 5 февраля 1910 г.». Из-за косности царского правительства Н. Е. Жуковский не смог в те годы добиться осуществления своих начинаний.

Мечтам Жуковского суждено было осуществиться после Великой Октябрьской социалистической революции. 15 декабря 1918 года, по указанию В. И. Ленина, был создан центр научно-исследовательской работы в обла-

сти аэродинамики: Центральный аэрогидродинамический институт (ЦАГИ). Первым председателем научной коллегии института становится Н. Е. Жуковский.

Николай Егорович Жуковский — основатель экспериментальной аэродинамики в нашей стране. На заре развития авиационной техники он видел, как велика сложность задач, выдвигаемых этой новой отраслью промышленности, и понимал, какую колоссальную роль играет научно поставленный опыт. Огромный рост ЦАГИ после смерти Жуковского, создание уже в первые годы Советской власти новых аэродинамических лабораторий в Москве, Казани, Ленинграде, Харькове и в других городах — лучшее доказательство научного предвидения Жуковского.

8. РАБОТЫ Н. Е. ЖУКОВСКОГО ПО ТЕХНИЧЕСКОЙ АЭРОДИНАМИКЕ

Научная деятельность Н. Е. Жуковского неотделима от развития русской авиационной техники. Авиационную технику в нашей стране создавали ученики и последователи Жуковского. С отеческим вниманием и заботой относился Николай Егорович к творческой инициативе студентов, изобретателей, русской интеллигенции, стремившихся помочь развитию авиационной техники в России. Жуковский тщательно изучал все попытки строить летательные аппараты, выявлял закономерности новых явлений механического движения, создавал теоретические основы нового направления технического прогресса.

В Москве на Ходынском аэродроме в 1912 году была открыта школа авиации для обучения военных лётчиков. Н. Е. Жуковского пригласили в эту школу основным лектором по динамике самолётов. Для уяснения офицерами-лётчиками законов аэродинамики Жуковский организовал дополнительные циклы лекций с показом лабораторных работ в Московском университете и Техническом училище.

По инициативе Жуковского, для объединения сил в области авиации и воздухоплавания Московское общество воздухоплавания устраивало Всероссийские воздухоплавательные съезды. Первый съезд провели в 1911 году в Петербурге, второй в 1912 году в Москве и третий в 1914 году снова в Петербурге. Во время второго съезда под непосредственным руководством и наблюдением

Н. Е. Жуковского в Москве, в здании манежа, организовали большую воздухоплавательную выставку. Жуковский председательствовал на всех съездах. Он — признанный руководитель русской аэродинамической школы; главные доклады на съездах читали сам Николай Егорович и его ученики.

В результате занятий Жуковского прикладными вопросами появились его выдающиеся работы по технической аэродинамике. Жуковский вводит в научно-техническую литературу новую дисциплину — аэродинамический расчёт самолётов. Эта научно-техническая дисциплина связывает теоретическую и экспериментальную аэродинамику с запросами авиационных конструкторов.

Представим себе полёт самолёта. При полёте самолёта в воздухе на него действуют сила тяжести, тяга винта (или реактивной тяги, если самолёт имеет реактивный двигатель), лобового сопротивления и подъёмная сила. Все эти силы зависят от конструктивных данных самолёта. Если эти основные силы изменяются, то изменяются и лётные свойства (лётные характеристики) самолёта. Определение лётных характеристик самолёта, учитывая его конструктивные данные, и составляет задачу аэродинамического расчёта. При создании нового самолёта в первую очередь интересуются, какие скорости будет он иметь при горизонтальном полёте на различных высотах, как быстро набирает он высоту, т. е. какова скороподъёмность данного самолёта, сколько потребуется времени для того, чтобы самолёт набрал заданную высоту, и какова максимальная высота подъёма. В задачу аэродинамического расчёта самолёта входит определение дальности полёта при заданном запасе горючего, а также продолжительности полёта. Существенное значение имеют вопросы, относящиеся к движению самолёта при выключенном моторе — так называемые характеристики планирования.

Для характеристики поведения самолёта по отношению к траектории приходится изучать его устойчивость и управляемость.

Следует отметить, что в настоящее время аэродинамический расчёт становится важнейшим методом работы авиаконструкторов. При помощи аэродинамического расчёта конструктор стремится предугадать, какие конструктивные формы проектируемого самолёта наилучшим способом будут удовлетворять поставленному заданию.

На примере аэродинамического расчёта самолёта можно реально видеть, что даёт механика и аэродинамика для творческой интуиции авиационного инженера. Без науки и научного анализа, приводящего к вполне определённым закономерностям для изучаемого явления, всякая интуитивная догадка повисает в воздухе или требует трудоёмкой проверки экспериментом. А. С. Пушкин очень верно сказал в «Борисе Годунове»:

Учись, мой сын: наука сокращает
Нам опыты быстротекущей жизни—

В новых областях техники (такой и была авиация в конце XIX и начале XX веков), когда еще не были созданы научные основы технического проектирования, всякий новый образец разрабатывался путём длительных натурных испытаний. Каждый выдвигаемый конструктором объект проходил натурные экспериментальные испытания во многих вариантах. При проведении таких испытаний вносилось много исправлений, нередко столь существенных, что от первоначально задуманного оставалась лишь память в виде чертежей или деталей конструкции. Такое проектирование очень дорого, проходит чрезвычайно медленно, и у создающего проект никогда нет уверенности, что полученная конструкция является оптимальной (наивыгоднейшей).

Научные основы проектирования представляют конденсацию, обобщение большого технического опыта развивающегося человеческого общества. Если такие основы созданы, то дело проектирования новых образцов становится более уверенным, более надёжным, более быстрым и более дешёвым.

Изучение истории науки нашей Родины, изучение работ великого русского учёного-механика Николая Егоровича Жуковского наглядно показывает, что русский народ создал научные основы ряда важнейших областей техники значительно раньше других народов. Даже в таких трудных условиях научного творчества, как в царской России, идейно-теоретическое богатство русской науки всегда превосходило богатства зарубежных стран. Так, например:

Н. Е. Жуковский — создал научные основы авиационной техники;

К. Э. Циолковский — создал научные основы ракетной техники;

Н. В. Маиевский — создал научные основы артиллерийской техники, разработав теорию полёта продолговатого вращающегося снаряда;

С. А. Чаплыгин — заложил теоретические основы аэромеханики больших скоростей;

А. Н. Крылов — один из создателей современной теории корабля;

и это только в областях, близких к механике.

Число великих мужей русской науки в других областях человеческого знания можно значительно увеличить.

Колоссальный рост научных кадров в СССР после Великой Октябрьской социалистической революции неизмеримо повысил научный потенциал советской страны. Замечательные успехи советской авиации, неразрывно связанные с успехами нашего народа в строительстве коммунизма, росли на той научной базе, которая была подготовлена трудами гениального русского учёного Н. Е. Жуковского. Советские учёные, освоив научное наследство Н. Е. Жуковского, стали работать над новыми вопросами авиации организованнее, быстрее и, я бы сказал, значительно квалифицированнее, чем работали наши предшественники в эпоху капиталистического периода развития России. Новый общественный строй неизмеримо поднял качество научного мышления.

Важная роль в развитии авиационной техники в нашей стране принадлежит Жуковскому и его ученикам.

Создав теоретическую и экспериментальную аэродинамику, Н. Е. Жуковский заложил надёжные основы аэродинамического расчёта самолёта, указал методы определения лётных качеств самолёта. В своих лекциях для офицеров-лётчиков Николай Егорович установил исходные положения аэродинамического расчёта. Он пишет:

«В основу аэродинамического расчёта кладутся данные испытаний отдельных частей аэроплана в аэродинамических трубах...

Располагая всеми необходимыми опытными данными, приступают непосредственно к расчёту, который состоит из следующих частей:

1. Определение угла заклинения пропеллера.
2. Построение полярной кривой Лилиентала.
3. Построение сетки необходимой тяги винта при различных режимах полёта.
4. Построение сетки полезных мощностей, необходимых для различных режимов.

5. Построение сетки мощностей, исправленных на коэффициент полезного действия винта.

6. Построение баланса мощностей в зависимости от режима полёта при полной мощности мотора.

7. Определение высоты потолка аэроплана.

8. Построение барограммы подъёма аппарата».

Следует отметить, что до наших дней в содержание аэродинамического расчёта самолёта входят все пункты, указанные впервые Жуковским.

Исследуя вопросы аэродинамического расчёта самолётов, Н. Е. Жуковский дал методы первостепенной важности, прочно вошедшие в практику современных конструкторских бюро. Особо нужно отметить методы Жуковского для построения кривых потребных тяг и мощностей. Совершенно неправильно иногда в нашей научно-технической литературе кривые потребных тяг Жуковского называются кривыми Пэно. Даже во Франции (родина Пэно) кривые потребных тяг не носят имени Пэно.

Для построения сетки кривых потребных тяг Жуковский исходит из совершенно ясной идеи геометрической статики. В самом деле, если мы сложим подъёмную силу и силу лобового сопротивления и обозначим результирующую силу буквой \vec{R} , то для случая установившегося движения самолёта сила тяги винта $\vec{\Phi}$ и вес самолёта \vec{G} должны уравнивать силу \vec{R} , т. е., иначе говоря, три силы \vec{R} , $\vec{\Phi}$ и \vec{G} образуют замкнутый силовой треугольник. Жуковский в своей работе пишет: «Основная идея, лежащая в построении этой сетки (сетки кривых потребных тяг) состоит в сложении тяги винта с силой сопротивления воздуха и в поворачивании кривой Лилиентала так, чтобы равнодействующая этих двух сил пошла по вертикальному направлению, причём скорость поступательного движения направится к горизонту под углом поворота».

Рассмотрим построение кривой потребных тяг для простейшего случая горизонтального полёта. При горизонтальном полёте с постоянной скоростью в любой момент движения тяга винта будет равняться лобовому сопротивлению, а вес самолёта — подъёмной силе. Если записать математически эти условия, то легко получить, что тяга

винта будет равняться весу самолёта, разделённому на качество самолёта. Качество самолёта определяется как отношение подъёмной силы к силе сопротивления. При изменении угла атаки самолёта качество изменяется, а следовательно, при заданном весе изменяется и тяга, **потребная** для поддержания горизонтального полёта. Зная вес самолёта и зависимость подъёмной силы от скорости, можно найти, какую **потребную** скорость должен иметь самолёт при горизонтальном полёте при данном угле атаки. **Зависимость потребной тяги**, необходимой для поддержания горизонтального полёта самолёта **от потребной скорости**, даёт некоторую кривую, которую Жуковский назвал **кривой потребных тяг**. На рис. 39 представлена кривая потребных тяг для горизонтального полёта.

Аналогичные кривые, но расположенные несколько выше или ниже изображённой на рис. 39, будут давать зависимость потребных тяг от потребных скоростей в случае набора или потери высоты.

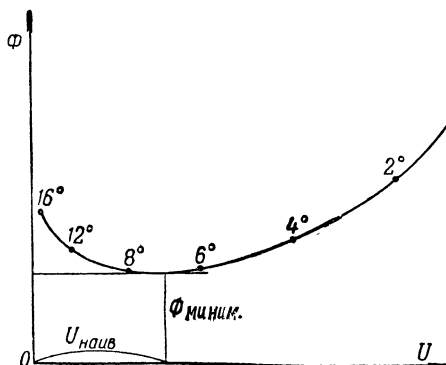


Рис. 39. Кривая потребных тяг самолёта, построенная по методу Жуковского

Сетка кривых потребных мощностей строится Жуковским по сетке потребных тяг, так как по определению мощности

$$N = \frac{\Phi \cdot U}{75} . \quad (I)$$

В формуле (I) N — потребная мощность в лошадиных силах, Φ — тяга в килограммах и U — скорость полёта самолёта в метрах в секунду.

Построив сетку кривых потребных мощностей, можно усмотреть характерные режимы полёта самолёта. Так, полёт при минимальной мощности называют обычно экономическим режимом полёта. Легко понять, что при минимальной потребной мощности самолёт продержится в воздухе при заданном запасе топлива наибольшее время. В самом деле, запас имеющегося в баках горючего эквивалентен некоторой полезной работе. Эта работа будет равна произведению мощности на время, и, следовательно, когда один из множителей наименьший, второй (время) будет наибольшим. На сетке потребных тяг следует отметить режим, соответствующий полёту при минимальной тяге. Этот режим полёта самолёта называют наивыгоднейшим. Если выдерживать скорость полёта, соответствующую минимальной потребной тяге, тогда самолёт пролетит максимальное расстояние. В самом деле, полезную работу, величина которой определена запасом горючего, можно записать в виде произведения потребной тяги на пройденный путь. Если тяга минимальна, то путь будет наибольшим. Скорость полёта самолёта, при которой потребная мощность равна мощности, даваемой винтомоторной группой, называется максимальной скоростью. Вообще говоря, самолёт может развивать и большие скорости, но только при потере высоты. Максимальные скорости горизонтального полёта всегда определяют из условия равенства потребной и располагаемой мощностей.

В задачу аэродинамического расчёта Жуковский ввёл не только изучение поступательных движений самолёта, но и изучение движения самолёта около его центра тяжести. Большой круг задач, связанных с изучением движения самолёта около центра тяжести, должен разъяснить продольную и поперечную устойчивость самолёта, его маневренность и управляемость. Весьма глубокий анализ этих важнейших задач дал Жуковский.

В своих лекциях Николай Егорович исследовал фигурные полёты самолёта: скольжение на крыло, виражи и мёртвые петли. Для характеристики глубины и гениальной простоты изложения Жуковского мы приведём здесь его постановку задачи об устойчивости аэроплана. Он пишет: «Когда от случайных причин аэроплан выведен из своего нормального горизонтального полёта, тогда он совершает колебания около центра своей тяжести под эффектом пар, моменты которых, как было

указано в конце первой лекции, зависят или от угла отклонения аэроплана от положения его нормального полёта, или от угловой скорости аэроплана.

Пары первого рода называются **восстанавливающими**, если они стремятся вернуть аэроплан к своему первоначальному положению, и **отклоняющими**, когда они отклоняют его от положения нормального полёта. Пары второго рода всегда препятствуют движению аэроплана; мы будем называть их **затушающими** парами. При хорошем устройстве аэроплана можно достигнуть того, что он, выведенный из положения равновесия, устремляется к положению своего нормального полёта, даже не совершая колебаний. Разумеется, для этого прежде всего необходимо, чтобы пары, зависящие от угла поворота, были восстанавливающие пары. С другой стороны, момент, затушающей пары, должен быть настолько велик, чтобы не развивалось периодических колебаний аэроплана.

Различают два рода устойчивости аэроплана: **продольную** и **поперечную** устойчивость. В первом случае рассматривается вращение аэроплана около оси, проходящей через центр его тяжести перпендикулярно к вертикальной плоскости симметрии аэроплана, причём вместе с этим вращением совершается перемещение центра тяжести аэроплана в упомянутой плоскости симметрии. Во втором случае речь идёт о вращении аэроплана около горизонтальной оси, проходящей через его центр тяжести и направленной по его полёту, и около вертикальной оси, проходящей через центр тяжести, причём центр тяжести одновременно с этим смещается в горизонтальной плоскости»¹.

В годы первой мировой войны Н. Е. Жуковский со своими сотрудниками по Высшему Техническому училищу начал впервые в России аэродинамические исследования авиационных бомб. В статье «Бомбометание с аэропланов» Николай Егорович даёт описание установки аэродинамической лаборатории Технического училища для определения коэффициентов сопротивления корпусов бомб, указывает метод определения траекторий и приводит описание первых бомбардировочных прицелов конструкции Стечкина² и других. Этой работой можно дати-

¹ Н. Е. Жуковский, Соч., т. V, стр. 360.

² Б. С. Стечкин, ныне профессор Военно-воздушной инженерной академии имени Жуковского.

ровать начало теории бомбометания с аэропланов. В этой статье поражает кристальная ясность мысли, целеустремлённость в постановке и решении задачи.

«Для бомб,— пишет Жуковский,— существует скорость падения, больше которой они не могут получить, какова бы ни была высота сбрасывания. Эта скорость называется **предельной скоростью**; она зависит от нагрузки, приходящейся на единицу площади миделевого сечения, и от коэффициента сопротивления формы падающего тела».

При скоростях полёта аэропланов времён первой мировой войны Жуковский правильно утверждает, что «траектория бомб имеет сначала вид параболы»; «при очень большой высоте бросания вследствие влияния сопротивления воздуха эта траектория постепенно переходит в вертикальную прямую»; «бомба в вертикальном направлении будет двигаться так, как будто бы она ниспадала по вертикальной линии». При высотах бомбометания до 2 километров (а именно такие высоты и были тогда интересны) оказалось возможным пренебречь изменением плотности воздуха с высотой, причем ошибка в вычислении скоростей бомбы не превосходила 4 метров в секунду.

От бомбы требуется, указывал Жуковский, чтобы она, подлетая к земле, имела возможно большую скорость и подлетала к земле, расположившись своей осью по вертикальной линии; при этом для того, чтобы ветер меньше влиял на верность попадания, желательно иметь как можно большую предельную скорость бомбы.

На рис. 40 и 41 изображены девять бомб, предельные скорости которых определялись в аэродинамической лаборатории Технического училища в 1915 году.

В этой же статье Жуковский получил весьма простые формулы для учёта влияния на прицельный прибор передвижения поражаемого предмета и скорости ветра.

Работы по технической аэродинамике требовали большого количества вычислений и трудоемких экспериментов. С 1 июля 1916 года Н. Е. Жуковский совместно со своим учеником В. П. Ветчинкиным организует при аэродинамической лаборатории Технического училища «Расчётно-испытательное бюро». Однако в условиях царской России широко развернуть работу бюро не удалось. В своих воспоминаниях проф. Ветчинкин с горечью пишет: «В 1916 году бюро подало в Управление воздуш-

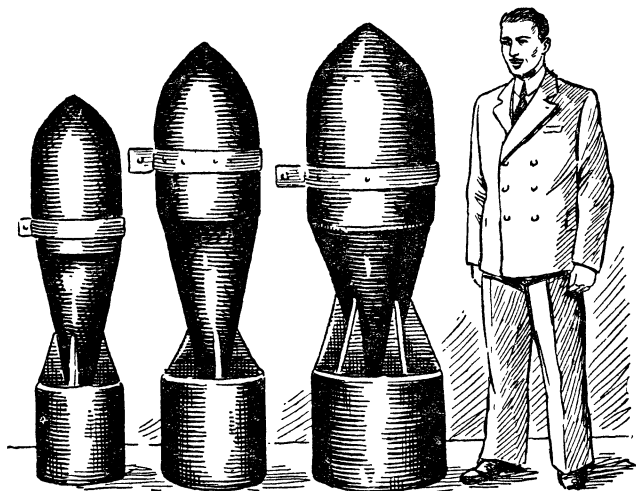
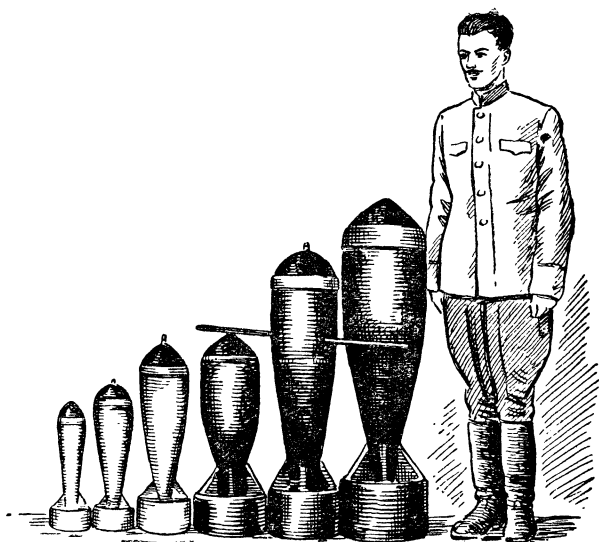


Рис. 40—41. Авиационные бомбы, испытанные в аэродинамической лаборатории МВТУ.

ного флота записку с ходатайством об отпуске средств для организации конструкторского бюро и опытного завода, **но в этом было отказано**. Мы учились, как надо строить самолёты, **но строить их не могли**, хотя и проделали огромную по объёму и размаху работу».

Результаты научных исследований Н. Е. Жуковского не могли найти своего полного и широкого применения в условиях царского самодержавия, преклонявшегося перед всем иностранным. Научная деятельность гениального учёного целиком была поставлена на службу народу только после победы Великой Октябрьской социалистической революции. Советское правительство и партия Ленина — Сталина окружили Н. Е. Жуковского и его учеников вниманием и заботой, создали им все условия для плодотворной работы.

Н. Е. Жуковский был пламенным патриотом родины. Он мечтал ее видеть сильной и могучей. Великую Октябрьскую социалистическую революцию, открывшую новую эру в истории человечества, Жуковский горячо приветствовал. В советском правительстве и коммунистической партии он видел подлинных вдохновителей научно-технического прогресса. Жуковский воспринял как патриотический долг призыв вождей большевистской партии Ленина и Сталина о создании Советского Воздушного Флота. И весь свой опыт, высокую культуру и знания он отдал служению социалистической Родине.

В годы иностранной военной интервенции и гражданской войны, когда трудящиеся нашей страны по призыву большевистской партии встали на защиту своей Родины, Н. Е. Жуковский принял самое активное участие в помощи Советской Армии, в развитии авиации. Особенно любил Жуковский лётчиков. Он хорошо представлял трудности, с которыми им приходилось сталкиваться при полёте на несовершенных машинах того времени. Жуковский стремился помочь им, давая теорию полёта в наиболее понятном изложении. Благодаря деятельности Жуковского уровень теоретических знаний русских лётчиков был уже тогда намного выше, чем лётчиков других стран. Это нашло подтверждение в успешной боевой работе русских лётчиков в гражданскую войну.

Н. Е. Жуковский и его ученики получили широкие возможности для развёртывания работ по технической аэродинамике. Курсы для офицеров-лётчиков были преобразованы сначала в Авиационный техникум, а затем

в Институт инженеров Красного Воздушного Флота. Первым ректором этого института был Н. Е. Жуковский.

В 1922 году институт был преобразован в Военно-воздушную академию имени Н. Е. Жуковского. В Академии имени Н. Е. Жуковского получили образование ряд выдающихся учёных и конструкторов: А. С. Яковлев, С. В. Ильюшин, В. С. Пышков и др.

В Московском Высшем Техническом училище была организована специализация по самолётостроению. Первыми выпускниками МВТУ были Б. С. Стечкин (1918), А. Н. Туполев (1918), а затем А. А. Архангельский и многие другие авиационные инженеры, теперь успешно работающие в нашей авиационной промышленности.

После организации ЦАГИ коллектив учеников Жуковского получил возможность развернуть работы по практическому строительству самолётов оригинальных конструкций. Эти работы возглавил А. Н. Туполев.

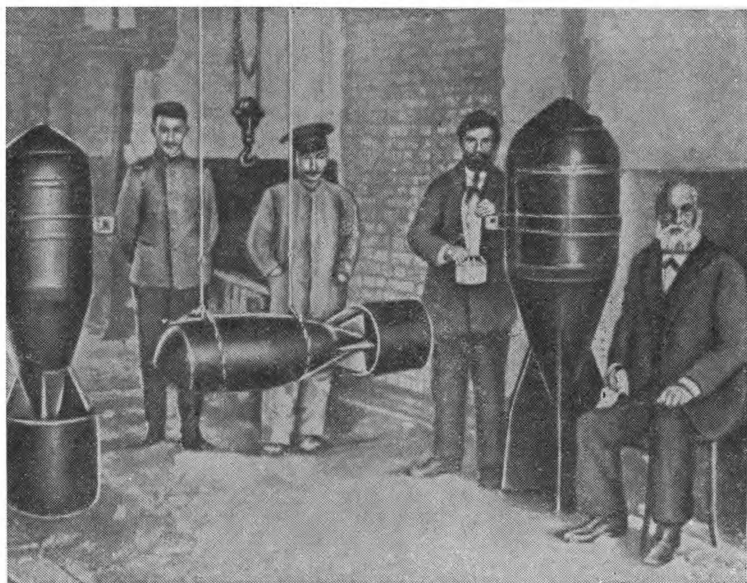


Рис. 42. Н. Е. Жуковский в аэродинамической лаборатории МВТУ (второй справа В. П. Ветчинкин)

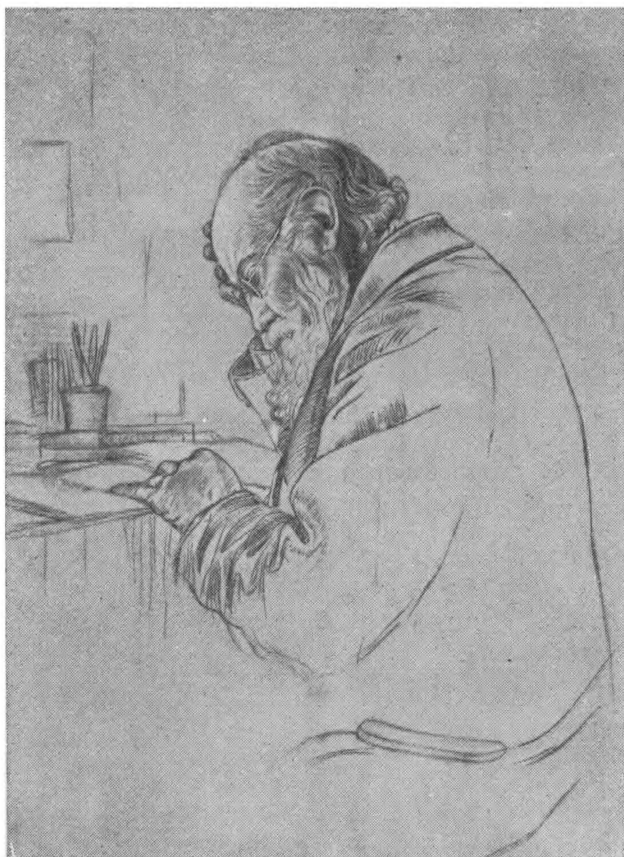


Рис. 43. Николай Егорович Жуковский за своим письменным столом

Так настойчивая систематическая работа Н. Е. Жуковского по технической аэродинамике заложила прочные научные основы советской авиационной техники.

9. Н. Е. ЖУКОВСКИЙ И СОВЕТСКАЯ НАУКА

Великая Октябрьская социалистическая революция произвела коренные изменения в политическом и экономическом укладах России, совершенно изменила социальный смысл русской науки и дала невиданный

размах научному творчеству. Из узкой, почти кастовой профессии наука стала на путь широкого активного участия в технических преобразованиях страны. «Для всей отечественной науки,— писал академик С. И. Вавилов,— Октябрьская революция положила начало совершенно новой эпохи, главная особенность которой состояла в том, что наука становилась важнейшим государственным и народным делом».

В Академии наук в первые же годы Советской власти создаются комиссии, задачей которых является прямое и непосредственное участие в разработке ведущих проблем техники и народного хозяйства вообще. Создаются новые высшие технические учебные заведения, академии, университеты. Рабочие и крестьяне получают возможность поступать в высшие учебные заведения по всей стране. В науку вливаются новые люди, талантливые и энергичные, которые, поддерживая и развивая материалистические и демократические традиции таких передовых деятелей русской науки, как Н. Е. Жуковский, дают научному творчеству революционный размах и целеустремленность. Советское правительство с первых дней своего существования раскрыло перед русскими учёными грандиозные перспективы научной работы на благо народа.

Сохранился набросок плана научно-технических работ для Академии наук, написанный В. И. Лениным. В этом программном для советской науки документе Владимир Ильич сформулировал следующие поручения Академии наук:

«образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъёма России.

В этот план должно входить:

рациональное **размещение** промышленности в России с точки зрения близости сырья и возможности наименьшей потери труда при переходе от обработки сырья ко всем последовательным стадиям обработки полуфабрикатов вплоть до получения готового продукта.

Рациональное, с точки зрения новейшей наиболее крупной промышленности и особенно трестов, слияние и сосредоточение производства в немногих крупнейших предприятиях.

...Обращение особого внимания на электрификацию промышленности и транспорта и применение электричества к земледелию. Использование непревзойдённых

сортов топлива (торф, уголь худших сортов) для получения электрической энергии с наименьшими затратами на добычу и перевоз горючего.

Водные силы и ветряные двигатели вообще и в применении к земледелию»¹.

Н. Е. Жуковский гордился тем, что партия Ленина — Сталина и советское правительство, начиная с первых дней существования Советской республики, придают науке исключительное значение, ставят перед ней важнейшие государственные задачи. Он видел, что впервые в истории наука в нашей стране поставлена на службу великим освободительным целям, за которые вели борьбу лучшие умы человечества.

Для научной школы Н. Е. Жуковского новые условия, созданные в первые годы Советской власти, дали мощный толчок для быстрого роста. Эта школа воспитывалась и развивалась на идеях тесной связи с жизнью страны, на решении реальных задач механики. Ученики Жуковского возглавили в Советской республике создание оригинальных конструкций глиссеров, аэросаней, самолётов, вертолётов. **Научные семена гениальных исследований Николая Егоровича обрели благодарную почву в условиях Советского общественного строя.** Жуковский увидел поддержку своим научным исканиям со стороны советского правительства, партии Ленина — Сталина и всего народа. На его глазах начали претворяться в жизнь гениальные слова Владимира Ильича Ленина, который говорил:

«Раньше весь человеческий ум, весь его гений творил только для того, чтобы дать одним все блага техники и культуры, а других лишить самого необходимого — просвещения и развития. Теперь же все чудеса техники, все завоевания культуры станут общенародным достоянием, и отныне никогда человеческий ум и гений не будут обращены в средство насилия, в средство эксплуатации»².

Жуковский активно включился в созидательную работу с первых дней установления Советской власти в Москве. Одной из неопенимых заслуг Н. Е. Жуковского перед Родиной является его неустанная деятельность по

¹ В. И. Ленин, Соч., т. 27, стр. 288—289.

² В. И. Ленин, Соч., т. 26, стр. 436.

сплочению молодых научных сил, по подготовке кадров специалистов в различных областях авиационной науки и техники. В очень трудных условиях иностранной военной интервенции и гражданской войны, когда учебные здания не отапливались и городской транспорт не работал, профессор Жуковский, которому было больше 70 лет, продолжал чтение лекций в Университете и в Высшем Техническом училище.

Вместе со своими учениками Жуковский организовал авиационный отдел при Экспериментальном институте НКПС. Вместе со своими учениками он сформулировал основные задачи Центрального аэрогидродинамического института и через научно-технический отдел Высшего Совета Народного Хозяйства (ВСНХ) направил предложения об организации этого института в Правительство. В. И. Ленин сразу же оценил всю важность этого предложения. Уже в декабре 1918 года началось строительство ЦАГИ. Жуковский был первым ректором Института инженеров Красного Воздушного Флота, возглавляя на этом ответственном участке подготовку высококвалифицированных кадров для советской авиации.

Именно в эти годы Жуковский проводит исследования по снежным заносам и публикует несколько статей по этому вопросу. Борьба со снежными заносами в условиях разрухи и больших потерь на транспорте за годы первой мировой войны была одной из актуальнейших задач народного хозяйства молодой Республики Советов.

Николай Егорович со своими учениками успешно создаёт теорию ветряных двигателей. В числе первых трудов молодого Центрального аэрогидродинамического института литографированными изданиями выходят три статьи Жуковского по ветряным мельницам и в том числе статья «Ветряная мельница типа НЕЖ». К расчёту ветряков привлекается наиболее совершенная вихревая теория, разработанная Н. Е. Жуковским в 1912—1918 годах для воздушных гребных винтов. На основе вихревой теории были найдены наиболее рациональные формы крыльев для ветряных мельниц и дан полный расчёт эффективности ветряков при различных скоростях и направлениях ветра.

Опыты, которые были проведены учениками Жуковского в лабораториях ЦАГИ и Кучинской аэродинамической лаборатории, показали, что новый тип ветряков имеет гораздо более высокую эффективность. В среднем

новая форма лопастей ветряков увеличила их эффективность в полтора раза. Этими работами Николай Егорович прямо откликнулся на программу научных исследований, составленную В. И. Лениным.

Жуковский — активный член комиссии особых артиллерийских опытов (Косартоп). Он выступает с докладами,

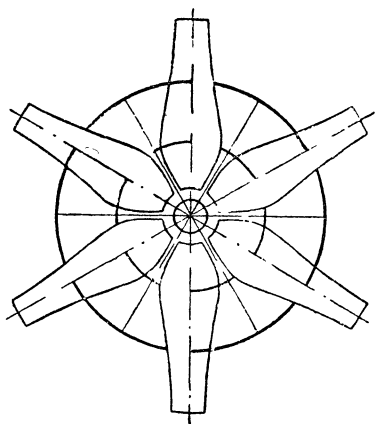


Рис. 44. Крылья ветряной мельницы типа НЕЖ

посвящёнными труднейшей задаче газовой динамики — определению сил сопротивления при движении артиллерийского снаряда со скоростями, большими скорости звука. Вот несколько выписок из протоколов Косартоп: 28 ноября 1919 года было заслушано «сообщение проф. Жуковского о ходе его работ по вопросу о волновом сопротивлении на снаряд. В настоящее время им вполне закончена теория распространения как плоской, так и сферической

волны при больших скоростях. Эта теория им приложена к определению сопротивления на сферический и продолговатый снаряд. Подробный доклад предложено сделать на следующем заседании». 3 декабря 1919 года был заслушан «доклад проф. Н. Е. Жуковского о написанной им статье «Движение волны со скоростью, большей скорости звука». При весьма простом анализе, почти целиком приводимом в настоящем протоколе¹, докладчику удалось установить в весьма наглядной форме свойства волны. Им рассматривается распространение плоской волны, заключённой между двумя параллельными плоскостями, вдоль неподвижной воздушной массы... В основу исследования положена теория скачка уплотнения и разрежения, при которых сохраняется полная энергия и выполняется теорема о количестве движения, причём соблюдается ещё условие, чтобы волна без изменения

¹ См. протоколы Косартоп за 1919 год.

распространялась бы в одну определённую сторону вдоль окружающего спокойного воздуха».

Великая Октябрьская социалистическая революция призвала учёных на передовые позиции борьбы за техническую реконструкцию страны. После окончания гражданской войны Советское правительство щедрой рукой начало оказывать помощь перестройке научных учреждений и создавать новые научно-исследовательские институты. Участие учёных в строительстве социализма вызвало к жизни научных деятелей нового типа. В наши дни теоретические изыскания проверяются не только в лабораториях учёных или в лабораториях институтов,— они быстро овещаются в опытных мастерских или опытных заводах.

Эта черта роднит задачи советской науки с научными заветами Жуковского. Николай Егорович всегда стремился так организовать дело научного исследования, чтобы разработанные и подтверждённые опытом теории осуществлялись бы в реальных конструкциях. Андрей Николаевич Туполев в своих воспоминаниях о Жуковском пишет: «Мне хочется обратить внимание ещё на одну черту Николая Егоровича: на его способность решать крупнейшие организационные вопросы. Он создал ЦАГИ, аэродинамическую лабораторию МВТУ, Военно-воздушную академию... и ряд других организаций, и мне кажется, что это вытекало из натуры Николая Егоровича. Решая интересные задачи, нужные для практического приложения, **он стремился создать обстановку, позволяющую практически осуществлять свои идеи и решения в реальных конструкциях.** Так возникли аэродинамическая лаборатория МВТУ и расчётно-испытательное бюро при МВТУ».

Характерной чертой научной работы Жуковского является материалистический метод исследования, позволивший ему притти к важнейшим научным обобщениям, тесная связь с практическими запросами авиационной техники нашей страны. Всё могущество науки привлекает Жуковский для выяснения основных принципов аэродинамики. Глубокая теория, систематические оригинальные опыты, создание конструкций самолётов — всё объединяется под руководством Николая Егоровича. Деятельность Жуковского на заре развития авиации показывает наиболее разумный метод овладения новыми разделами техники. Только совместная работа больших коллективов

учёных, инженеров, рабочих, направленная к единой цели, позволяет обеспечить быстрые темпы роста, обогащает и науку и технику новыми открытиями, увеличивает могущество советской страны.

Учёный эпохи социализма не только творец новых методов — он активный участник тех организационных преобразований, которые необходимы для претворения научных открытий в жизнь страны. Учёный-творец, инженер-исследователь, организатор современного, социалистического способа производства, умеющий поставить живое дело,— вот черты научного работника нашей новой эпохи.

Н. Е. Жуковский как великий учёный счастливо соединял в себе черты проницательного наблюдателя природы, остроумного экспериментатора и гениального теоретика, способного к широким обобщениям и необычайному взлёту творческой мысли. **Но он любил науку, не только объясняющую мир, но и указывающую пути для его перестройки. В нём жила душа инженера, созидающего мир реальных вещей.**

Жуковский широко вовлекал в научную деятельность своих учеников и воспитанников в университете и Техническом училище. Знаменитый воздухоплавательный кружок, созданный Жуковским, стал лабораторией, в которой создавались кадры учёных и инженеров по авиационным наукам. Он терпеливо и настойчиво учил внимательному и систематическому наблюдению явлений природы. Он учил своих последователей направлять достижения науки на благо всей страны.

«Достоинно внимания то обстоятельство,— пишут ученики Жуковского¹,— что не было никогда ни одного случая, чтобы Николай Егорович, что называется, отмахивался от предложенной ему темы. В каждый вопрос, за разъяснением которого обращались к нему инженеры, его бывшие ученики, Николай Егорович вдумывался самым серьёзным, самым добросовестным образом и отвечал на него или тут же непосредственно, или же путём длительной разработки, за которою следовали: или специальный доклад на предложенную тему, или сооружение научной модели, разъясняющей затронутый вопрос,

¹ См. в «Сборнике памяти Н. Е. Жуковского» статью П. К. Худякова, В. Г. Шухова и А. И. Сидорова — «Н. Е. Жуковский как инженер высшего ранга», 1922, стр. 110,

или, как это бывало нередко, целое экспериментальное исследование по его планам и указаниям».

Приближение научных исследований к неотложным нуждам народного хозяйства значительно ускорило развитие науки и обогатило её методы. В любой естественной науке развитие широких теоретических методов, больших обобщений невозможно без изучения реальных фактов природы или техники. Переход от фактов к теории и от теории к опыту, наблюдению реально протекающих процессов каждый исследователь проделывает много, много раз. Изучение новых явлений природы, овладение новыми разделами техники способствуют не только росту объёма знаний, но и совершенствованию логического мастерства. Этому учит вся история науки. Совершенствование аэродинамики и её теоретических основ, созданных Н. Е. Жуковским, неотделимо от прогресса самолётостроения. Авиационная техника в своём развитии ставила и ставит перед исследователями всё более сложные и интересные проблемы.

Новые задачи, которые ставит перед советской авиацией жизнь большой социалистической державы, совершенствуют и обогащают авиационную науку и технику.

Советская авиационная научная мысль развивается на прочной материалистической основе. Диалектический материализм, утверждая закономерный характер материальной действительности, подчёркивает действенную сторону научного познания. «...Марксистский философский материализм исходит из того,— учит товарищ Сталин,— что мир и его закономерности вполне познаваемы, что наши знания о законах природы, проверенные опытом, практикой, являются достоверными знаниями, имеющими значение объективных истин, что нет в мире непознаваемых вещей, а есть только вещи еще не познанные, которые будут раскрыты и познаны силами науки и практики» (История ВКП(б), Краткий курс, стр. 108).

«Я думаю,— писал в 1925 году Иосиф Виссарионович Сталин,— что наша страна с её революционными навыками и традициями, с её борьбой против косности и застоя мысли, представляет наиболее благоприятную обстановку для расцвета наук» (Соч., т. 7, стр. 88).

Колоссальный рост авиационных научных сил при Советской власти потребовал коренного изменения организации научных изысканий. Маленькие лаборатории, карликовые институты вырастают и развёртываются в

мощные научно-исследовательские институты с большими коллективами учёных, инженеров и техников. Новые кадры внесли в планы авиационных институтов научную тематику, близкую актуальным нуждам народного хозяйства страны. Только новая организация научной деятельности после Великой Октябрьской социалистической революции создала почву для формирования больших научных школ и оригинальных направлений в исследовательской работе. Целеустремлённая работа над важнейшими проблемами авиации больших коллективов учёных необычайно ускоряет научно-технический прогресс.

В наши дни научные работы, имеющие практическое значение, быстро внедряются в промышленность. Взаимодействие науки и практики обогащает авиацию новыми фактами, давая реальную основу для широких теоретических обобщений, и оплодотворяет народное хозяйство передовыми методами высокопроизводительного труда.

Советские учёные тесно связаны с жизнью страны. Они направляют всю мощь своих творческих дерзаний на исследование новых закономерностей и фактов, вырастающих на социалистической почве.

Благодаря заботам партии и правительства наука получила возможность громадного воздействия на рост материальной и духовной культуры СССР. Активное участие советской науки в созидании материально-технической базы коммунизма обеспечивает ей оригинальность творческих путей, величие и благородство мыслей. Передовой общественный строй нашей страны придаёт важнейшим достижениям советской научной мысли подлинно мировое значение.

Передовая советская наука растёт в борьбе за приоритет и самостоятельность русской культуры, в борьбе против низкопоклонства и раболепия перед иностранной буржуазной культурой. Низкопоклонство перед зарубежной наукой воспитывалось в течение длительного времени царским правительством.

«Иностранные капиталисты,— говорил товарищ Маленков,— занимавшие в царской России прочные позиции, всячески поддерживали и насаждали в России представления о культурной и духовной неполноценности русского народа. Оторванные от народа и чуждые ему правящие классы царской России не верили в творческие силы русского народа и не допускали возможности,

чтобы Россия собственными силами выбралась из отсталости. Отсюда проистекало неправильное представление о том, что русские всегда-де должны играть роль «учеников» у западноевропейских «учителей»¹.

Зависимость царской России от иностранного капитала была одной из важнейших причин низкопоклонства господствующих классов перед границей. Передовая русская научная мысль развивалась и крепла в борьбе с попытками отодвинуть русскую науку на второй план в прогрессе мировой культуры.

Товарищ Сталин, поднимая роль науки в нашей стране, возвеличивает тем самым и мировое значение советской научной мысли. Активное участие науки в построении коммунистического общества благоприятствует развитию самостоятельности научного мышления, революционизирует методы исследования. Самостоятельность и революционный размах в постановке и решении новых задач в первую очередь обязаны исследованиям важнейших практических задач страны социализма.

Народность в науке, подлинно преобразующая и направляющая сила науки рождаются при решении больших и неотложных задач страны. Советский патриотизм является отличительной чертой быстро развивающейся советской науки.

Рассказывая о жизни и трудах нашего гениального соотечественника, русского учёного Н. Е. Жуковского, необходимо подчеркнуть, что многие «исследователи» за рубежом присваивали себе научные открытия Жуковского. Они замалчивают его приоритет в выдающихся научных открытиях.

Наиболее яркий пример относится к вихревой теории воздушного гребного винта, целиком созданной фундаментальными работами Жуковского, опубликованными в виде четырёх больших статей в 1912—1918 годах. На основе этой теории строились и рассчитывались винты для ряда самолётов, состоявших на вооружении русской армии. На основе вихревой теории Жуковского строились колоссальные вентиляторы для аэродинамических труб. Эти вентиляторы позволили значительно повысить каче-

¹ Г. Маленков, Информационный доклад о деятельности Центрального Комитета Всесоюзной Коммунистической Партии (большевиков) на совещании представителей некоторых компартий в Польше в конце сентября 1947, Госполитиздат, 1947, стр. 29—30.

ство аэродинамических труб. Методы расчёта пропеллеров и вентиляторов рассматривались и публиковались в

большом числе статей как самого Н. Е. Жуковского, так и его учеников. И тем не менее, начиная с 1919 года, за границей начинают появляться статьи по вихревой теории винта, и эта важнейшая научная теория присваивается по частям иностранными учёными: Глауэртом (Англия), Бетцем (Германия), Пистолези (Италия), Кавада (Япония) и др.

Все основные статьи Жуковского по вихревой теории гребного винта были изданы в 1929 году в Париже на французском языке, но и эти документальные подтверждения не получили должного отклика в заграничной научной литературе по аэродинамике.

Обобщённые крыльевые профили были разработаны Жуковским в 1911 году, и статья, посвящённая этим профилям, была опубликована на немецком языке. В 1918 году немецкие учёные Карман и Трефтц опубликовали в авиационном научно-техническом журнале краткую заметку, в которой почти целиком воспроизвели результаты Жуковского и не сослались на его оригинальную статью.

Несмотря на явный приоритет Жуковского, установить который мог бы любой учёный, в иностранной аэродинамической литературе обобщённые крыльевые профили Жуковского часто называются профилями Кармана-Трефтца.

Основная теорема аэродинамики, позволяющая определять подъёмную силу крыла, во всех странах мира называется теоремой Жуковского. Однако некоторые

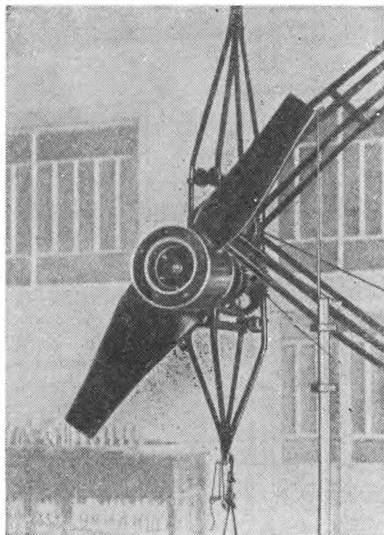


Рис. 45. Воздушный винт Н. Е. Жуковского на испытательном приборе конструкции Н. Е. Жуковского

буржуазные историки науки пытаются доказать, что к этому открытию, составляющему гордость русской научной мысли, причастны и иностранцы. В статьях Жуковского по теории крыла аэроплана имеется ссылка на статью немецкого учёного Кутта, который весьма сложным приёмом и только для частного случая плоской пластинки рассчитал подъёмную силу. Результат Кутта совершенно элементарно получается из общих формул Жуковского, и в своих ссылках на эту работу Николай Егорович лишь подчёркивал, что открытый им новый закон природы в частных случаях был известен, но никто не мог усмотреть и доказать его универсальность при решении этих частных вопросов. Тем не менее в ряде учебников по аэродинамике, выходящих в настоящее время за рубежом, теорема Жуковского называется теоремой Кутта-Жуковского.

В работе Н. Е. Жуковского «О гидравлическом ударе в водопроводных трубах», опубликованной в бюллетенях Политехнического Общества в 1898 году, была получена формула для безопасного значения времени закрытия водопроводных труб. В 1904 году появилась работа на французском языке инженера Аллиеви, где приводилась аналогичная формула. Несмотря на явный приоритет Жуковского в этом вопросе, многие учебники по гидравлике, выходящие за рубежом, называют формулу Жуковского формулой Аллиеви-Жуковского.

Жуковскому принадлежит замечательная работа по теории геликоптерного винта. Еще в 1909 году Николай Егорович показал, что если геликоптерный винт обдувать в плоскости вращения, то при заданной мощности на валу тяга винта возрастает, или иначе — при заданной тяге мощность, необходимая для вращения геликоптерного винта, уменьшается с увеличением скорости боковой обдувки. Жуковский указал на появление у геликоптерного винта поперечных и продольных сил и моментов и указал методы их определения. Эти изыскания были использованы Глауэртом и Локком в 1926—1928 годах, и за границей многие аэродинамики создание теории геликоптерного винта приписывают Глауэрту и Локку.

Объяснение Жуковским факта уменьшения коэффициента сопротивления шара при увеличении скорости потока в некотором диапазоне скоростей было присвоено Эйфелем (Франция) и Прандтлем (Германия). Эти учёные, излагая в своих статьях содержание открытий

Н. Е. Жуковского и Г. И. Лукьянова в аэродинамической лаборатории Московского университета, нигде не указывают на приоритет русских учёных.

Открытие Жуковским аналогии между движением тяжёлой жидкости и движением газа с большими скоростями присвоено за границей рядом авторов. Формулы для подсчёта волнового сопротивления, известные в аэродинамике больших скоростей как формулы Аккерета, были доложены Жуковским еще в 1903 году в работе «О спутной волне», а опубликованы в 1909 году, т. е. задолго до опубликования статьи Аккерета. Число этих примеров можно было бы увеличить.

Передовая советская наука, с полным знанием исторической правды, гордится величайшими научными достижениями Жуковского и других выдающихся русских учёных, создавших прогрессивные теории по важнейшим научным дисциплинам. Мы высоко ценим и уважаем труды великих мужей мировой науки, таких, как Галилей, Коперник, Дарвин. Однако долг всех советских учёных состоит в том, чтобы, изучая классическое наследство прошлого, крепить авторитет и самостоятельность науки социалистического Отечества, сохранять и защищать приоритет наших научных достижений и технических изобретений. В советской стране интересы науки неотделимы от интересов народа, и все научные открытия являются достоянием народа и направлены на благо народа.

Научные заслуги Николая Егоровича нашли высокую оценку в специальном декрете Совета Народных Комиссаров в декабре 1920 года. Декрет был подписан В. И. Лениным и учреждал **«в ознаменование пятидесятилетия научной деятельности профессора Н. Е. Жуковского и огромных заслуг его, как «отца русской авиации»...** годичную премию Н. Е. Жуковского за наилучшие труды по математике и механике», а также устанавливал ряд персональных льгот для самого Николая Егоровича.

Этот декрет, подписанный В. И. Лениным, знаменовал собой всенародное признание заслуг гениального русского учёного. Ленинский декрет освобождал Жуковского «от обязательного чтения лекций, предоставляя ему право объявлять курсы более важного научного содержания». Жуковский мог теперь посвятить все свои знания и огромный опыт решению важнейших научных проблем. Ленинский декрет предусматривал создание материальных условий, необходимых для научного творче-

ства Жуковского. Декрет содержал также решение об издании трудов Н. Е. Жуковского, что имело огромное значение для пропаганды научного наследства великого исследователя.

Академик С. А. Чаплыгин указывал, что Н. Е. Жуковский придавал большое значение изучению истории авиационной науки и техники в России. Еще в декабре 1918 года Николай Егорович «поставил вопрос о создании в Москве Музея Авиации, в котором в первую очередь была бы представлена история русской авиационной техники». Жуковский считал открытие такого музея — «делом государственной важности и не терпящим отлагательств». Он утверждал, что музей «должен дать колоссальный вклад для работ по авиации и послужить источником для зарождения новых идей в этой области».

Н. Е. Жуковский скончался 17 марта 1921 г. Тяжела была эта утрата для всей русской науки. Особенно остро она ощущалась его современниками, работавшими вместе с ним рука об руку.

Общее настроение учеников Жуковского и яркую характеристику творческого гения Николая Егоровича дал С. А. Чаплыгин в речи, произнесённой на могиле Жуковского. Чаплыгин сказал:

«...Он своей светлой могучей личностью объединял в себе и высшие математические знания и инженерные науки. Он был лучшим соединением науки и техники, он был почти университетом. Не отвлекаясь ничем преходящим, лишь в меру неизбежной необходимости отдавая дань потребностям жизни, он все свои гигантские силы посвящал научной работе. Его цельная натура была беззаветно посвящена этому труду. Вот чем объясняется то огромное по богатству наследие, которое нам от него переходит. При своем ясном, удивительно прозрачном уме, он умел иногда, двумя-тремя словами, одним почерком пера разрешить и внести такой свет в тёмные, казалось бы, прямо безнадежные вопросы, что после его слова всё становилось выпуклым и ясным. Для всех тех, кто шли с ним и за ним, были ясны новые пролагаемые им пути. Эта гигантская огромная сила особенно пленяла своей скромностью. Когда его близкие ученики, имевшие счастье личного с ним общения, беседовали с ним по поводу того или иного вопроса, он никогда не пытался воздействовать на них своим авторитетом, с полным интересом вникая во всякие суждения. Бывало, что начинаю-

ПОСТАНОВЛЕНИЕ
СОВЕТА НАРОДНЫХ КОМИССАРОВ

В ознаменование пятидесятилетия научной деятельности профессора Н.Е.ЖУКОВСКОГО и огромных заслуг его, как "отца русской авиации" Совет Народных Комиссаров П о с т а н о в и л:

1. Освободить профессора Н.Е.ЖУКОВСКОГО от обязательного чтения лекций, предоставляя ему право об"являть курсы более важного научного содержания.

2. Назначить ему ежемесячный оклад содержания в размере ста тысяч /100.000/ рублей с распространением на этот оклад всех последующих повышений тарифных ставок.

3. Установить годовичную премию Н.Е.Жуковского за наилучшие труды по математике и механике с учреждением жюри в составе профессора Н.Е. Жуковского, а также представителей, по одному: от Государственного учебного Совета, от Российской Академии Наук, от физико-математического факультета Московского Государственного университета и от Московского Математического Общества.

4. Издать труды Н.Е.Жуковского.

Москва, Кремль
3-го декабря
1920 г.

Председатель Совета Народных
Комиссаров:

Управляющий Делами Совета Народных
Комиссаров:

Секретарь:

щий на учёном поприще ученик обращался за советом, предполагая посвятить некоторую долю своего внимания задаче, которая его очень интересовала, иногда задача была слишком трудной, и, может быть, даже недоступной. Николай Егорович никогда не позволял себе сказать, что задача неисполнима; он говорил: — «я пробовал заниматься этим вопросом, но у меня ничего не вышло; попробуйте вы, может быть у вас выйдет». Он глубоко верил, что среди его учеников могут быть и такие, которые окажутся в силах решить вопросы, им не решённые. Эта вера в окружающих его учеников создала ему трогательный облик, который останется всегда незабываем. Длинный ряд учеников Николая Егоровича живы и работают на ниве науки.

Им основана не школа, а школы. Его ученики совместно с учителем создали целые большие учреждения: Центральный аэрогидродинамический институт объединяет теперь сотни и сотни крупных инженерных сил и, несомненно, даст очень большие результаты.

Вся научная деятельность Н. Е. Жуковского после великой Октябрьской социалистической революции показывает, что он с гениальной проницательностью сознавал технические нужды развивающегося советского общества. Чутко прислушиваясь к голосу инженеров-практиков, Н. Е. Жуковский никогда не забывал своей великой цели и развивал новые методы исследования в созданной им науке — аэродинамике. «Аэроплан не машина,— говорили на заре авиации многие иностранные изобретатели и инженеры,— его рассчитать нельзя». Как бы в ответ на это Н. Е. Жуковский даёт авиационной технике теорему о подъёмной силе, создаёт теорию воздушного винта, разрабатывает серии теоретических крыльевых профилей, читает лекции по динамике и аэродинамике полёта, и благодаря этим трудам Жуковского создание новых самолётов становится доступным строгому научному анализу и расчёту.

Жуковский организовал аэродинамические лаборатории в Московском университете, Кучино, Московском Высшем Техническом училище, ЦАГИ. Проектирование и постройка в этих лабораториях оригинальных установок и приборов, установление опытом новых закономерностей явлений природы утвердили в нашей стране то новое направление в развитии механики, родоначальником которого был Н. Е. Жуковский.

Николай Егорович горячо любил нашу великую советскую Отчизну. Его заветной мечтой было развить в широких масштабах отечественное самолётостроение и создать для этого теоретическую, экспериментальную и техническую базу. Жуковский с первых дней советской власти все свои силы направляет на подготовку авиационных специалистов и организацию военной авиации. С марта 1918 года он руководит вновь созданной «Летучей лабораторией», главной целью которой было «наблюдение и исследование боевого самолёта и внесение на основе этих исследований таких изменений в конструкции, которые гарантировали бы безопасность полёта и делали самолёт отвечающим требованиям фронта». Жуковский был страстным пропагандистом авиационных знаний. Он глубоко верил в великое будущее советской авиации.

Огромные заслуги Н. Е. Жуковского перед нашим государством после его смерти неоднократно отмечались постановлениями Правительства. В 1947 году, в связи с исполнившимся столетием со дня рождения, Совет Министров Союза ССР издал специальное постановление «Об увековечении памяти профессора Н. Е. Жуковского». Председатель Совета Министров СССР товарищ Сталин, подписав это постановление, ещё раз отметил заслуги отца русской авиации, выразил всенародную любовь к нему. Было решено учредить за лучшие научные исследования по теории авиации, а также за выдающиеся учебные пособия по авиационным дисциплинам две медали имени Жуковского и две ежегодные премии. Учреждены стипендии Жуковского для студентов Московского государственного университета имени М. В. Ломоносова, Московского авиационного института имени Серго Орджоникидзе и Московского Высшего Технического училища имени Н. Э. Баумана. Государственному издательству поручено переиздать полное собрание сочинений Жуковского, а в Москве должен быть сооружен памятник Николаю Егоровичу. На зданиях университета и МВТУ должны быть установлены мемориальные доски. Министерство кинематографии СССР этим постановлением обязывалось создать художественный фильм о жизни и деятельности Жуковского¹.

¹ Летом 1950 года фильм «Н. Е. Жуковский» появился на экранах кинотеатров.

Н. Е. Жуковский — гениальный русский механик — наша национальная гордость. Его методы и сейчас помогают находить пути решения новых проблем, стоящих перед советской авиационной наукой.

Авиационная техника быстро идёт вперёд. За время, прошедшее после смерти Н. Е. Жуковского в 1921 году, советская авиация достигла колоссальных успехов. Достаточно указать, что скорости современных реактивных самолётов в 9—10 раз превосходят скорости самолётов эпохи 1920—1921 годов. Особенно бурное развитие авиационной техники началось в годы сталинских пятилеток. В эти годы была проведена коренная реконструкция существовавших авиационных заводов и созданы новые. Научно-исследовательские институты по аэродинамике, авиационным моторам, авиационным материалам стали надёжной основой неуклонного технического прогресса.

В докладе «Итоги первой пятилетки» на объединённом пленуме ЦК и ЦКК ВКП(б) 7 января 1933 года товарищ Сталин сказал: «У нас не было авиационной промышленности. У нас она есть теперь» (Соч., том 13, стр. 178).

Под руководством большевистской партии и великого Сталина советский народ за короткий исторический срок превратил свою страну в могучую авиационную державу. Советские лётчики в профессиональном, политическом, теоретическом, культурном отношении являются наиболее подготовленными в мире.

Товарищ Сталин повседневно направляет развитие авиационной техники нашей страны. В годы Отечественной войны советская авиация показала полное превосходство над авиацией фашистской Германии и её союзниками. Оценивая роль советской авиации в завоевании победы над Германией, товарищ Сталин указывал:

«В Великой Отечественной войне советского народа против фашистской Германии наша авиация с честью выполнила свой долг перед Родиной.

Славные соколы нашей Отчизны в ожесточённых воздушных сражениях разгромили хваленую немецкую авиацию, чем и обеспечили свободу действий для Красной Армии и избавили население нашей страны от вражеских бомбардировок с воздуха.

Вместе со всей Красной Армией они наносили сокрушающие удары по врагу, уничтожая его живую силу и

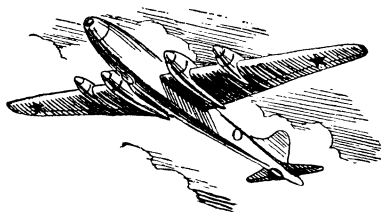
технику. Умелые действия нашей доблестной авиации постоянно способствовали успеху наземных войск и помогли добиться окончательного разгрома врага»¹.

В годы Великой Отечественной войны самолёты сталинской авиации имели большие скорости, лучшую маневренность более мощное и надёжное вооружение по сравнению с самолётами наших противников на Западе и на Дальнем Востоке. В этом превосходстве сталинской авиации немалую роль сыграло качество научных исследований в области авиационной науки, надёжные основы которой были заложены Николаем Егоровичем Жуковским.

Товарищ Сталин лично направляет деятельность наших конструкторов, внимательно следит за работой авиационной промышленности. Наряду с непосредственными учениками Жуковского — Туполевым, Микулиным, Архангельским и другими — выращено поколение молодых талантливых деятелей авиационной техники — Ильюшин, Микоян, Лавочкин, Яковлев, Климов, Швецов. Товарищ Сталин — вдохновитель и создатель нашей могучей авиации. Поэтому и называет советский народ своих лётчиков сталинскими соколами, а наш воздушный флот — сталинской авиацией.

Советская авиационная наука развивается при неуклонном выполнении творческих заветов Жуковского. Для создания новых конструкций самолётов объединяются усилия теоретиков, экспериментаторов и конструкторов.

Ученики и последователи Жуковского создают в нашей стране новые типы быстроходных реактивных самолётов, которые несут на своих крыльях бессмертную славу «отцу русской авиации» профессору Николаю Егоровичу Жуковскому.



¹ И. Сталин, О Великой Отечественной войне Советского Союза, стр. 201.

Цена 2 р. 15 к.