

АКАДЕМИЯ НАУК СССР









Алексей Николаевич Крылов (1945 г.).

И. Г. ХА Н О В И Ч



*Академик*

**АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ**

**КРЫЛОВ**

---

**ИЗДАТЕЛЬСТВО « НАУКА »**

**ЛЕНИНГРАДСКОЕ ОТДЕЛЕНИЕ**

**Л Е Н И Н Г Р А Д**

**1 9 6 7**

Ответственный редактор  
член-корреспондент АН СССР  
Адмирал Флота Советского Союза  
*И. С. ИСАКОВ*

УДК 92 Крылов: 629.12.01 «19»

**Ханович Израиль Григорьевич**

**Х-19** Академик Алексей Николаевич Крылов. Л., «Наука»,  
Ленингр. отд., 1967.

251 с. с илл. 10 000 экз. 1 р. 36 к.

Монография знакомит читателей с научным наследством академика А. Н. Крылова и его педагогической, инженерной, изобретательской, государственной и общественной деятельностью. В книге изложены основные идеи, внесенные Алексеем Николаевичем в теорию и строительную механику корабля, теорию компасного дела, математику, механику, баллистику, астрономию, историю науки и педагогику. По ходу изложения читатель ознакомится с основной специальной терминологией, с состоянием вопроса, предшествовавшим исследованиям А. Н. Крылова, с поставленной им задачей, методами ее решения и полученными результатами.

3-1-1

69—67 НПЛ

6Т4.1

## От редактора

Об А. Н. Крылове написано много, и это не удивительно — о нем и в будущем можно будет писать без ограничений. Редкое сочетание исключительно многогранного ученого, истинного советского патриота, отличного моряка и изобретателя-инженера делает его жизнь примером для всех начинающих научных работников различных отраслей технического знания и молодых строителей Советского Военно-Морского Флота.

Кстати сказать, Алексей Николаевич, написав широко известные «Воспоминания», принес тем самым огромную пользу всем интересующимся историей русского и в особенности советского кораблестроения.

После подобного вступления может возникнуть, казалось бы, естественный вопрос: следует ли издавать новую книгу в условиях, когда биобиблиография об академике Крылове является столь богатой и обширной? На него нужно ответить вполне утвердительно, и мотивы для такого решения определяются следующими.

Для относительно подготовленных читателей, какими являются студенты или слушатели последних курсов кораблестроительных факультетов, и для инженеров различных специальностей основным материалом всегда будет служить «Собрание трудов академика А. Н. Крылова», изданное Академией наук СССР в 1956 г. в 12 томах, что было исполнено в соответствии с Постановлением Советского правительства от 27 октября 1945 г. Уместно упомянуть, что это издание полностью включает «Мои воспоминания» самого Крылова.

Однако вся наша пытливая молодежь, широкие круги советской интеллигенции и ученые смежных специальностей всегда

будут нуждаться в высококачественном научно-популярном изложении жизни и деятельности советского ученого с мировым именем. А. Н. Крылов, несмотря на дворянское происхождение, генеральский чин и руководящее положение в дореволюционном Морском ведомстве, сам — по искреннему убеждению и велению совести — перешел на сторону восставшего народа и в кратчайший срок стал ведущей фигурой, о которой узнал В. И. Ленин, руководивший восстановлением, модернизацией и строительством того самого флота, от которого иностранная интервенция и оккупация оставили «осколки разбитого вдребезги». Это было в тот период, когда возрождение Рабоче-Крестьянского Красного Флота стало насущной потребностью первого пролетарского государства наряду с созданием военно-воздушных сил и восстановлением мощи Красной Армии, измотанной гражданской войной.

Конечно, необходимость в издании подобного труда была настолько велика, что еще при жизни Алексея Николаевича вышло в свет несколько научно-популярных книг и брошюр, в свое время сделавших полезное дело. Однако наиболее слабой стороной этих публикаций являлось то обстоятельство, что они писались авторами, немного знавшими А. Н. Крылова, но почти вовсе не знакомыми со специальными предметами, которыми он занимался всю жизнь и в области которых был общепризнанным авторитетом.

Настоящее издание принципиально и выгодно отличается от всех предыдущих благодаря тому, что в качестве автора научно-биографической монографии о «флагмане корабельных наук» был приглашен профессор И. Г. Ханович, который в течение многих лет был близким учеником академика Крылова, а затем и неизменным его сотрудником и помощником буквально до последних дней жизни этого изумительного человека.

Кроме того, в качестве рецензента книги издательство «Наука» привлекло личного друга Алексея Николаевича академика Владимира Ивановича Смирнова, который сообщил много полезных свидетельств, до последнего времени остававшихся втуне. В. И. Смирнов в процессе рецензирования рукописи сделал ряд ценных замечаний, учтенных в окончательной редакции книги; при сохранении доступности изложения они делают его более строгим, в особенности в тех главах, которые посвящены научному вкладу академика Крылова в математику, механику и историю науки.



Все это позволило сделать монографию о жизни и деятельности А. Н. Крылова более глубокой и обстоятельной (по сравнению со всеми предыдущими публикациями) без ущерба для ее относительно легкой восприимчивости и исключительной интересности; И. Г. Хановичу удалось в увлекательной и убедительной форме показать в одном повествовании многостороннюю деятельность Алексея Николаевича, изложить (в 7 главах) содержание его многообразного научного наследства (от теории и строительной механики корабля до компасного дела, баллистики и астрономии) и при этом достаточно полно вскрыть основные принципы, методы и результаты исследований. Часть биографических данных и других материалов, не укладывавшихся в рамки основных глав, освещена во введении и заключении труда.

По-видимому, книга не нуждается в дальнейшем разъяснении и рекомендациях. Однако в заключение хочется сделать одно небольшое замечание.

Еще в царское время А. Н. Крылов занимал ответственной пост председателя Технического комитета Морского ведомства и имел право личного доклада как царю, так и соответствующим секциям Государственной думы. Известно, что еще до революции А. Н. Крылов сделал настолько обстоятельные и оригинальные доклады о качке кораблей на волнении в Британском королевском обществе, что был удостоен золотой медали и включен в состав членов общества (до этого случая сугубо национального по своей структуре). Наконец, еще до 1917 г. академик Крылов был принят в ряды многих иностранных научных обществ и институтов.

Подобное краткое извлечение из биографии «адмирала корабельной науки» как бы относит его формально к деятелям прошлого. В связи с такой исторической аберрацией, иногда проскальзывающей в работах, относящихся к оценке жизни и деятельности Алексея Николаевича, настоятельно рекомендуется ознакомиться с содержанием настоящей монографии либо хотя бы «перелистать» страницы «Собрания трудов академика А. Н. Крылова».

Итог внимательного изучения приводит, казалось бы, к неожиданному выводу: в области теоретических работ и исследований А. Н. Крылов с 1917 по 1945 г., т. е. за последние 28 лет своей жизни, сделал несравненно больше, чем до Октябрьской революции. Это заключение усиливается эффективным участием Алексея

Николаевича в социалистическом строительстве — в проектировании и постройке современных кораблей Военно-Морского Флота, в создании гироскопической промышленности, в строительстве доков, мостов и др.

Вот почему лауреата Государственной премии (1941 г.), Героя Социалистического Труда (1943 г.), председателя Всесоюзного научного инженерно-технического общества судостроения (с 1932 г.), бессменного профессора Военно-морской академии и многолетнего главного консультанта Эпрона, Гомза и многих научно-исследовательских институтов нашей промышленности мы, его ученики, никогда не отдадим прошлому этого советского патриота и беспартийного большевика, как бы ни были велики его заслуги перед русской и мировой наукой.

Подобная справка особенно уместна сейчас, когда СССР и весь цивилизованный мир готовятся отметить 50-летие советской государственности, а следовательно, и советской науки.

*И. С. Исаков.*

## Введение

Неповторимая в своей индивидуальности личность Алексея Николаевича Крылова с его разнообразнейшими широкими познаниями и богатейшим жизненным опытом может служить ярким примером сочетания научной, педагогической, инженерной, общественной и государственной деятельности.

Диапазон научно-технических вопросов, которые ставил и мастерски разрешал академик Крылов, охватывает ряд областей знания. От учения о непотопляемости корабля к расчету балок на упругом основании; от вычислений орбит комет и планет к определению траекторий снарядов; от исследования девиации компасов к теории гироскопов — таков многогранный творческий путь А. Н. Крылова в науке.

Твердо выбрав в качестве основного направления своей деятельности морское дело, развитие и совершенствование которого исключительно многим обязано Алексею Николаевичу и его школе, он подобно великим русским ученым М. В. Ломоносову, Д. И. Менделееву, Н. Е. Жуковскому разрешал фундаментальные технические и научные проблемы самых разнообразных областей знания: теория и строительная механика корабля, земной магнетизм и компасное дело, математика и механика, баллистика, астрономия, история науки и техники, физика, педагогика и ряд других.

Научное наследство академика Крылова поражает своим многообразием. Алексей Николаевич оставил нам свыше 300 различных трудов, статей и докладов, среди которых можно найти никем не превзойденный курс «Теории корабля» и статью «О методе укрепления фигуры Ленина на здании Дворца Советов», классические доклады 1896—1898 гг., в которых была создана общая теория качки корабля на волнении, и работу «Поверительные расчеты по постановке кессона моста имени Володарского в Ленинграде», доклад «О динамическом уравнивании роторов гироскопов» и статью «Об учете поправок при стрельбе по аэропланам».

А. Н. Крылов принадлежит к числу выдающихся деятелей культуры, многосторонняя теоретическая работа которых органически сливалась с решением практических вопросов государственного масштаба. Важнейшие научные и технические проблемы, разрешавшиеся Алексеем Николаевичем с присущими ему искусством и простотой, выдвигались всегда самой жизнью, которая, как правило, не считается с условными границами, установленными между отдельными областями научного знания. Отсюда необычайная разносторонность исследований и огромное наследие ученого («Собрание трудов академика А. Н. Крылова» издано Академией наук СССР в 18 книгах общим объемом 525 авторских листов), которого кораблестроители почитают отцом отечественной школы судостроения, историки — новатором в истории науки, механики — замечательным механиком-инженером, лингвисты — «знатоком русской речи, артистом и мастером в ее употреблении» (академик А. С. Орлов), артиллеристы — творцом современной баллистики, приборостроители — основоположником теории разнообразнейших, в том числе гироскопических, приборов, астрономы — блестящим знатоком этой области знания, а математики — выдающимся представителем знаменитой Петербургской математической школы, основанной академиком П. Л. Чебышевым.

«Представить незабываемый образ живого Алексея Николаевича в его слаженной цельности, — писал А. С. Орлов в статье «А. Н. Крылов — знаток и любитель русской речи», — это такая задача, для решения которой понадобилась бы конгенная Алексею Николаевичу художественная сила».

В свете этой выпуклой характеристики можно поставить перед собой лишь скромную цель — кратко изложить основные этапы жизни и деятельности выдающегося ученого, Героя Социалистического Труда, заслуженного деятеля науки и техники РСФСР, академика Алексея Николаевича Крылова и охарактеризовать богатство его наследия, которое по праву принадлежит нашей Родине, в частности ее Военно-Морскому Флоту.

3/15 августа 1863 г. в селе Висяга Алатырского уезда бывшей Симбирской губернии (ныне поселок Крылово Чувашской АССР) в семье артиллерийского офицера Николая Александровича Крылова родился сын, нареченный Алексеем. Окружение, в котором он находился с детства, в известной мере определило его последующую деятельность. Семья Крыловых была связана родством и неизменной дружбой с гениальным физиологом И. М. Сеченовым и знаменитыми русскими профессорами, а впоследствии академиками А. М. и Б. М. Ляпуновыми.

В 1872 г. Крыловы переехали на юг Франции, и уже к десяти годам от роду «дикарь из Сибири», как его звали товарищи по Марсельской школе, не отличавшие Симбирска от Сибири, отлично усвоил французский язык, безошибочно знал все 800 грам-

матических правил и в совершенстве владел арифметическим счетом, который преподавал ему альпинист Жуль Руа, сменивший к старости высоты Монблана на основы математики.

В начале 1874 г. семья Крыловых переселилась в Таганрог, а затем в Севастополь. Проживание в этом городе, каждый камень которого свидетельствовал об одиннадцатимесячной героической обороне, оставило неизгладимое впечатление в сознании будущего ученого — моряка. К Крыловым часто заходили отставные офицеры и адмиралы, бывшие участники Крымской войны, и их увлекательные рассказы о флоте возбудили в Алексее Николаевиче ту любовь к морскому делу, которую он сохранил до последних дней.

В 1875 г. в связи с переездом отца в Либаву, а затем в Ригу Алексей Николаевич поступает в трехклассное немецкое училище, в котором в совершенстве овладевает вторым иностранным языком. В семье Крыловых знание языков считалось важным и нужным делом. Николай Александрович часто говаривал сыну: «Из всего, что в детстве учишь, все потом забудешь, кроме того, с чем будешь дело иметь, и кроме языков, которым только в детстве и можно научиться на всю жизнь. Взрослым можешь выучиться читать и писать, а язык, хоть он и без костей, не переломашь и говорить все будешь с нижегородским выговором, а в жизни знание иностранных языков есть первое дело».

В 1877 г. Алексей Николаевич поступает в Рижскую гимназию. Не по духу пришлась молодому Крылову система обучения в этой классической прусской школе, где руководящим правилом являлась зубрежка, а русский язык преподавался по «Истории» Иловайского как язык иностранный.

В апреле 1877 г. началась русско-турецкая война, а в начале мая того же года небольшие катера, вооруженные шестовыми минами, отделившись под покровом ночи от парохода «Константин», снаряженного для этой цели лейтенантом Степаном Осиповичем Макаровым, атаковали турецкую эскадру в Батуми. Почти одновременно с этим в Мачинском рукаве дунайского устья тем же способом на глазах всей турецкой эскадры был взорван броненосец «Сейфи».

Морская героика захватила молодого Крылова, который уже несколько лет мечтал посвятить себя морской службе. Он заявил отцу: «Ты сам любишь море. Не хочу я заниматься никчемной зубрежкой и забывать родной язык. Отдай меня в Морское училище».

В сентябре 1878 г. А. Н. Крылов блестяще сдал конкурсные экзамены и поступил в подготовительный класс Морского корпуса.

Распорядок дня в корпусе в те годы способствовал развитию инициативы и самообразования учащихся. Общее направление преподавания в это лучшее время учебы Алексей Николаевич харак-

теризовал так: «Как можно меньшему учить, как можно большому учиться самим».

Используя достаток свободного времени, не раздробленного на малые промежутки, Крылов усиленно занимался математикой, изучая главным образом по французским руководствам университетские курсы, выходящие далеко за программу корпуса. Поскольку математика служила основой морских дисциплин, то заниматься в училище Крылову было легко: по всем предметам он имел полный балл и постоянно был первым среди своих сверстников.

С удовлетворением вспоминал он о практических занятиях по астрономии, которыми в Морском корпусе руководил Юлий Михайлович Шокальский, впоследствии автор широко известных трудов по океанографии и геодезии, почетный член Академии наук и председатель Русского географического общества. Глубокое влияние на развитие и воспитание будущих русских моряков оказал офицерский состав учебного морского отряда, из которого многие были достойными современниками и воспитанниками выдающегося флотоводца и теоретика военно-морского дела С. О. Макарова.

В последние годы учебы в Морском корпусе Алексей Николаевич глубоко изучает теорию магнитных компасов, повышенный интерес к которой проявился у него еще во время учебных плаваний на корветах «Варяг» и «Аскольд». Значительное влияние на развитие этого интереса оказал выдающийся русский магнитолог Иван Петрович де Колонг, который и привлек мичмана Крылова после окончания Морского корпуса в 1884 г. к работе в компасной части Главного гидрографического управления. Здесь начинается его самостоятельная научно-литературная деятельность, в частности в области компасного дела (см. главу III), завершившаяся впоследствии трудами, получившими высшую научную награду.

В 1888 г. А. Н. Крылов добивается зачисления слушателем на кораблестроительное отделение Морской академии. Тогда же он публикует свою первую научную работу — «Расчет башни броненосца „Император Николай I“», открывшую то направление научной и практической деятельности Алексея Николаевича, которому обязано становление и успешное развитие строительной механики корабля (см. главу II).

В октябре 1890 г. А. Н. Крылов успешно оканчивает Морскую академию и назначается штатным преподавателем Морского училища. Конференция Морской академии постановляет занести его имя на мраморную доску. На том же заседании конференции И. П. де Колонг представляет Алексея Николаевича для ведения практических занятий по математике со слушателями академии, которыми до этого руководил он сам. Знаменитый математик, один из ближайших учеников П. Л. Чебышева, Александр Николаевич Коркин поддерживает ходатайство И. П. де Колонга, отмечая

в своем выступлении выдающиеся способности А. Н. Крылова, и решением конференции академии Алексей Николаевич допускается к этой работе с осени 1891 г. Тогда же он начинает вести в Морской академии два самостоятельных курса — начертательной геометрии и теории корабля, разрабатывая, в частности, ту систему кораблестроительных вычислений, которая без существенных изменений сохранилась и по настоящее время.

В 1896 г. А. Н. Крылов назначается штатным преподавателем Морской академии. В том же году он выступает в Английском обществе корабельных инженеров с докладом о созданной им теории килевой качки корабля на волнении; через два года он доводит свое творение до непревзойденного уровня, обобщая основные идеи на случай произвольного положения корабля по отношению к волне. Эти работы уже к концу прошлого века доставляют капитану русского флота А. Н. Крылову мировую известность и ставят его имя в ряд выдающихся исследователей в области динамических проблем теории корабля.

Свою научно-педагогическую и инженерную деятельность Алексей Николаевич постоянно сочетал с большой организационной работой государственного масштаба. Так, в 1898 г. он подает в Морской технический комитет докладную записку о подготовке корабельных инженеров. Развитие военного и торгового судостроения в России настоятельно требует реорганизации высшего технического образования, повышения его научного уровня и введения раздельного обучения по специальностям инженер-механик и инженер-кораблестроитель — таково основное содержание доклада Алексея Николаевича.

Заработала обычная канцелярская машина, и через полтора года автор записки получил от директора департамента мануфактур и торговли приглашение прибыть на квартиру члена Государственного совета, инженер-генерала, профессора Н. П. Петрова для совещания. Здесь было объявлено, что «министр финансов Витте решил учредить в ведении Министерства финансов Политехнический институт в составе четырех отделов: экономического, металлургического, электромеханического и кораблестроительного; на это испрошено „высочайшее“, как тогда говорили, соизволение и приобретен в 8 верстах от Финляндского вокзала поросший сосновым редколесьем участок земли с сухой песчаной почвой, на которой и предположено соорудить: а) главное здание института, б) общежитие для студентов, в) дом с квартирами для профессоров».

Позднее Алексей Николаевич пояснял, что решающее значение при выборе места для будущего Петербургского (теперь Ленинградского имени М. И. Калинина) политехнического института имели не природные особенности участка, а его «удаленность от сердца столицы — царского дворца и возможность быстрой изоляции последствий свободомыслия студенчества».

А. Н. Крылов принял самое деятельное участие в разработке учебных планов и программ нового кораблестроительного факультета и отклонил предложение возглавить его деканат лишь по той причине, что в это время (в январе 1901 г.) он был назначен заведующим Опытным бассейном Морского ведомства.

Под руководством Алексея Николаевича судостроительный бассейн вскоре перерос рамки лаборатории по испытанию моделей судов и превратился в первую в России научно-исследовательскую организацию по вопросам кораблестроения и вооружения. По инициативе А. Н. Крылова были проведены натурные скоростные испытания крейсера «Светлана», броненосца «Полтава» и других кораблей, которые в сочетании с опытами над их моделями позволили оценить достоверность методики пересчета результатов, получаемых в бассейне, на натуру и разработать эффективные средства повышения ходкости вновь проектируемых боевых судов. Впервые в мировой практике под непосредственным руководством Алексея Николаевича были выполнены систематические измерения вибрации на крейсерах «Громобой» и «Аскольд», проведены тщательные исследования условий форсировки льдов ледоколом «Ермак» и организованы натурные испытания на канонерской лодке «Ураец» по изучению влияния качки корабля на успешность артиллерийской стрельбы. По проектам нового заведующего Опытным бассейном был изготовлен ряд оригинальных приборов, получивших широкое распространение на флоте: одни из них обеспечивали натурные испытания кораблей (тензометры для измерения напряжений в корабельных связях, прибор для фотографической записи качаний корабля и т. п.), другие приборы (оптические прицелы, дальнометры, замыкатели для мин заграждения и т. п.) являлись предметами корабельного вооружения.

Опытный бассейн выполнял и другие функции, не связанные непосредственно с его основным назначением: А. Н. Крылов давал заключения по проектам кораблей и объектам новой техники, к Алексею Николаевичу обращались за консультациями по всем вопросам кораблестроения и вооружения. Так, например, в августе 1905 г. Обуховский сталелитейный завод пригласил его проконсультировать по «применению физики, механики и математики к артиллерии и минному делу» (Архив АН СССР, ф. 759).

Однако, как ни многообразна была деятельность А. Н. Крылова на должности заведующего Опытным бассейном, которую он занимал до 1908 г., главным направлением ее в этот период явилось дальнейшее развитие учения о непотопляемости судов, основные идеи которого были предложены С. О. Макаровым, и создание соответствующего раздела теории корабля, обеспечивающего возможность эффективного использования корабельных средств в борьбе за живучесть. Еще в конце 1901 г. Алексей Николаевич представил в Морской технический комитет свои соображения о необходимости снабжать боевые корабли так на-



зываемыми таблицами непотопляемости, позволяющими командиру принимать правильное решение «для спасения корабля от гибели при пробоинах». В главе I книги на основе архивных материалов восстановлена в основных чертах картина борьбы А. Н. Крылова за обеспечение непотопляемости кораблей Военно-Морского Флота. Она быстро переросла рамки «чисто научной дискуссии» и была перенесена в сферу общественных и государственных отношений. Преодолевая в течение шести лет косность и бюрократизм высокопоставленных чиновников Морского ведомства, подполковник Крылов вышел из этой борьбы победителем, хотя и получил выговор по флоту (подобного, как он говорил, «отличия» удостаивались немногие) «за нарушение правил чинопочитания».

В январе 1908 г. на А. Н. Крылова возлагаются обязанности главного инспектора кораблестроения, а в сентябре того же года он назначается председателем Морского технического комитета.<sup>1</sup>

С тех пор проектирование и постройка кораблей отечественного флота были направлены по новому, прогрессивному руслу. Была создана оригинальная «русская система набора», обеспечивающая необходимую прочность кораблей при наименьшем возможном весе корпуса. Борьба за живучесть кораблей — за сохранение их боевых качеств в условиях тяжелых повреждений — была впервые поставлена на рациональные основы. Корабли флота стали оснащаться новыми приборами и устройствами, разработанными самим Алексеем Николаевичем либо под его непосредственным руководством и существенно повысившими эффективность использования всех боевых средств. Проблемы, занимавшие умы передовых кораблестроителей того времени — борьба с вибрацией корпуса и механизмов, стабилизация боевых постов и многие другие, — получили свое законченное решение, а корабли приобрели конкретные и простые средства амортизации приборов и уменьшения вредных последствий бортовой качки судов на волнении.

На флоте широко внедрялись все достижения науки и техники, как отечественной, так и зарубежной. В частности, был использован богатый опыт английской и немецкой техники, а часть заказов (на котельные установки, артиллерию большого калибра и т. п.) была передана непосредственно иностранным фирмам.

Согласно положению Морскому техническому комитету принадлежала «разработка типов судов, подлежащих постройке, общее проектирование, утверждение окончательных проектов, исполняемых заводами, и наблюдение за постройкой судов». А. Н. Крылов широко пользовался этими полномочиями, оказывая существ-

---

<sup>1</sup> Напомним, что этот период совпал, можно сказать, с пробуждением в Морском ведомстве ответственности за дело обороны страны, явившимся реакцией на недавно пережитый разгром русского флота в русско-японской войне. Подверглись ревизии многие консервативные институты, ведавшие строительством и организацией флота, и тем самым в известной мере был расширен путь для технической инициативы.

венное влияние и на оперативно-тактическую подготовку флота: он указывал на многие новые направления использования боевых средств, основанные на применении новейших достижений науки и техники, и рекомендовал наиболее эффективные пути их применения в условиях различных морских операций.

Наряду с принципиальными начинаниями, определившими новый этап в развитии отечественного флота, Алексей Николаевич не оставлял без внимания и такие, казалось бы, «мелкие» вопросы, как расположение вспомогательных устройств и рангоута (здесь его «боцманская эрудиция» поражала даже опытных «морских волков»), оборудование офицерских кают и матросских кубриков и т. п.

Когда Балтийский завод представил среди других чертежей проект убранства адмиральской каюты, художественно выполненный специалистом своего дела, А. Н. Крылов сразу же опротестовал применение «мягкой штофной мебели, козеток и кушеток в стиле какого-то из французских Людовиков»: при пожарах это вызовет едкий слезоточивый дым, а выбрасывать перед боем все «балдахины» и прочие «красоты» некогда. На представлении Балтийского завода председатель Морского технического комитета наложил резолюцию, явно отступающую от обычного казенно-канцелярского языка: «К докладу товарищу морского министра. Со своей стороны полагаю, что убранству адмиральской каюты более подобает величавая скромность кельи благочестивого архиерея, нежели показная роскошь спальни развратной лицедейки».

Острый крыловский язык глубоко жалил всех, кто по недомыслию или другим неблагоприятным причинам нарушал основные принципы, обеспечивающие боеспособность кораблей. Наряду со средствами убеждения, рассчитанными на объективное отношение к обсуждаемому вопросу, вместе с административными мерами — вплоть до увольнения со службы некоторых «превосходительных» особ, не желающих или не могущих понять существа дела, едкий юмор и острое слово занимали достойное место в арсенале Алексея Николаевича.

Ломая на своем пути все препятствия «непреклонной волей, неустанным трудом, неистощимым вниманием, неизменной трезвостью ума»,<sup>2</sup> А. Н. Крылов вызывал естественную для того времени отрицательную реакцию чинуш всяческих рангов. Не без известного удовольствия направлял в Морской технический комитет «для рассмотрения и последующего доклада» анонимные письма морской министр С. А. Воеводский, который «схватить и оценить сущность дела не мог, легко поддавался наветам, верил

---

<sup>2</sup> А. С. Орлов. А. Н. Крылов — знаток и любитель русской речи. Сб. «Памяти Алексея Николаевича Крылова», Изд. АН СССР, М.—Л., 1958.



А. Н. Крылов — курсант Морского училища  
(1882 г.).



Гардемарин А. Н. Крылов (1883 г.).

городским слухам и сплетням, не умел заслужить доверия Государственной думы, ни дать ей надлежащий отпор, когда следовало».

Чтобы раз и навсегда отучить министра от подобной практики, А. Н. Крылов возвратил ему очередную анонимку, сопроводив ее следующим докладом: «Морскому министру. Во исполнение резолюции Вашего превосходительства на возвращаемом при сем анонимном письме прилагаю выписки из Свода законов, т. 1 и т. 14. Из последней из сих выписок Ваше превосходительство изволите усмотреть, что указанное безымянное письмо надлежало направить не мне, исполняющему должность председателя Морского технического комитета, а в Санкт-Петербургскую полицию для сожжения через палача. На основании же первой выписки в Морском техническом комитете никакого расследования, ни дела по сему поводу не возбуждено. И. д. председателя А. Крылов».

Далее приводится текст одной из приложенных к докладу выписок из Свода законов, т. 14: «Ежели кто получит безымянное письмо или пасквиль, то, не распространяя оного, или уничтожает, или же отсылает в местную полицию для сыскания сочинителя, а буде таковой найден не будет, то объявляется за бесчестного, пасквиль же предается сожжению через палача».

В архивах императорских канцелярий трудно найти еще один подобный документ, написанный в адрес министра царского правительства. Однако С. А. Воеводский предпочел оставить его «без последствий», но зато и без огласки. Основная же цель А. Н. Крылова была достигнута — Морской технический комитет больше анонимных писем не получал.

Систематическими нападками на новое руководство технической частью флота отличались журнал «Новое время» и его постоянный корреспондент «Брут» (из числа обиженных Морским ведомством). Об одном из этих эпизодов Алексей Николаевич писал: «Каким-то образом „Новое время“, а может быть, и сам Брут раздобыли секретный журнал Морского технического комитета, которым Балтийскому заводу сообщались основные тактические и технические задания на проектирование линейных кораблей. Брут подверг эти задания ядовитой критике, весьма талантливо и хлестко изложенной». Государственная дума потребовала от Морского технического комитета соответствующих объяснений.

Разобрав статью «Нового времени» по существу и показав воочию грубые ошибки, допущенные Брутом, и полную несостоятельность его выводов, Алексей Николаевич обратился к защите по основному обвинению о разглашении государственной военной тайны: «Значение опубликования этого журнала Морского технического комитета равно нулю, ибо этот журнал заключал лишь краткую сводку тех технических условий, которые были разосланы кораблестроительным заводам всего мира как приложение к приглашению участвовать в конкурсе» на разработку проекта линей-

ного корабля, а в декабре 1907 г. перечень этих условий раздался без ограничения всем желающим.

Для того чтобы окончательно положить «на обе лопатки» своих противников и среди них члена Государственной думы А. И. Звягинцева, прослужившего на флоте несколько месяцев и считавшегося поэтому первым специалистом думы по морским делам, А. Н. Крылов, обращаясь к Звягинцеву, сказал: «Александр Иванович, мы с Вами были вместе в Морском училище. Ваш выпуск в складчину подкупил „рыжего спасителя“ Зуева, чтобы получить экзаменационные задачи по мореходной астрономии. Задачи эти печатались в литографии Морского училища под надзором инспектора классов, бумага выдавалась счетом, по отпечатании камень мылся в присутствии инспектора и т. д. Однако стоило только инспектору на минуту выйти, как Зуев, спустив штаны, сел на литографский камень и получил оттиск задач по астрономии. Вы лично, Александр Иванович, по выбору всего выпуска списали на общее благо этот оттиск. Ведь так это было?».

Сквозь гомерический хохот всех присутствовавших послышалось робкое подтверждение Звягинцева: «Был грех». Инцидент был исчерпан, а у думских заводил, получивших предметный урок, надолго отпала охота выступать со вздорными запросами к Морскому техническому комитету.

Строительство флота по «большой программе» требовало и больших средств. Законопроект об ассигновании 500 млн на эти нужды должен был рассматриваться Государственной думой в марте 1912 г. Докладчиком был назначен морской министр адмирал И. К. Григорович. Текст доклада, составленный Морским генеральным штабом, оказался малоубедительным, излишне длинным и малопонятным для неспециалистов, какими являлись члены думы. Поэтому Иван Константинович поручил составить новый текст доклада профессору Морской академии А. Н. Крылову, состоявшему одновременно «для особых поручений при морском министре».

Как математик Алексей Николаевич написал этот доклад кратко, ясно и доказательно: «В Петербурге хранятся громадные запасы золота Государственного банка, Монетного двора, сокровища Эрмитажа, неисчислимы капиталы частных финансовых предприятий, денежные запасы Государственного казначейства и, наконец, даже сама Экспедиция заготовления государственных бумаг находится в Петербурге.

«Отсюда становится ясным, что занятие Петербурга неприятелем не только завершает войну в его пользу, но даже окупает ее, ибо наложение секвестра на все государственные и частные капиталы доставит такую изрядную контрибуцию, перед которой испрашиваемые ныне на флот 500 миллионов представляются ничтожною суммой».

Пояснив, что союзные флоты помочь России в Балтийском море не смогут («Чтобы заминировать Бельты и Зунд, достаточно нескольких часов, не станет же Германия дипломатическим путем спрашивать на то предварительное согласие Дании»), и учитывая «ничтожность той силы, которую мы можем теперь противопоставить Германии», А. Н. Крылов подводит своих слушателей к естественному заключению: «Овладев морем, Германия так же свободно, как Япония в минувшую войну, сможет производить в любом месте высадки огромных армий».

«Представьте себе теперь высадку сильной армии где-нибудь на финляндском побережье, сопровождаемую изданием громкого манифеста с провозглашением независимости Финляндии и освобождения ее от русского ига... Заметьте, что эта армия будет идти по стране, к ней дружески, а к нам враждебно настроенной, что, владея морем, она постоянно может тревожить сообщения и тыл нашей армии, которая должна будет идти навстречу, имея в своем распоряжении только одну железную дорогу, да и то едва связанную с имперскими».

«Взвесьте все это и оцените, сколько шансов имеет неприятель на успех такой операции и какие усилия он к его обеспечению приложит, сознавая, что объем этой операции не порт-артурская пята, а голова России».

Объективная оценка национальной политики царской России и двукратное напоминание о позорном исходе русско-японской войны сделали свое дело. Осталось доказать необходимость постройки не только миноносцев и подводных лодок, но и больших броненосных крейсеров. «Флот есть органическое целое, — писал Алексей Николаевич, — и отсутствие в нем какого-либо типа судов или их относительная малочисленность не искупается преувеличенным развитием числа судов другого типа — их излишнее число не доставит преобладания над противником, а представит лишь напрасную трату средств, которые при более правильном соотношении были бы использованы в выгоду».

Наконец, чтобы члены думы полностью уяснили роль флота как единого комплекса кораблей всех классов, Алексей Николаевич заключает соответствующую часть доклада словами: «Таким образом, если бы мы имели только миноносцы и подводные лодки, то они скоро очутились бы загнанными в Кронштадт, а неприятель явился бы полным хозяином всего моря до линии, примерно в 40—50 милях, скажем, в 100 верстах от Кронштадта, и неприятель не откажет себе в удовольствии видеть эффект бомбы, брошенной с аэроплана хотя бы на Невский проспект».

Указав общую запрашиваемую сумму в 503 млн руб., из которых 421 млн обращается на кораблестроение, а 82 млн — на оборудование баз и заводов, А. Н. Крылов заканчивает текст доклада обращением к членам Государственной думы: «Эти числа вас могут поразить своей громадностью, но если их сопоставить

с важностью флота для обороны государства и если примете в расчет, что все будет исполняться в России, что при судостроении около 80% составляет плата за рабочую силу, что ассигнованием этих средств вы полагаете прочный фундамент под самые насущные нужды государственной обороны и что при этом вы дадите заработок сотням тысяч рабочих и приложение их трудоспособности во всех отраслях промышленности, то вы не откажете в том полумиллиарде, который нужен России на возобновление ее флота».

В последней фразе одновременно содержался столь прозрачный намек на значительные прибыли, которые будут получены от реализации большой судостроительной программы, что результаты голосования превзошли все ожидания: «так называемые „знатоки дел думских“ уверяли, не зная содержания доклада морского министра, что Морскому министерству обеспечено большинство в 4 или 5 голосов. К общему изумлению оказалось 288 голосов „за“ и 124 „против“».

Трудно и нет необходимости перечислять все специальные задания, которые были выполнены А. Н. Крыловым с момента назначения его в 1911 г. генералом для особых поручений при морском министре. От комиссии по выработке проекта нового устава о пенсиях и единовременных пособиях чинам Морского ведомства и их семьям до руководства Правительственным управлением Путиловских заводов (по наложению на них секвестра), от начальника Главного военно-метеорологического управления до председателя комиссии, организованной для разработки мероприятий по подъему линейного корабля «Императрица Мария», затонувшего в Севастопольской бухте, — таков диапазон и размах этой лишь стороны деятельности Алексея Николаевича.

В декабре 1914 г. А. Н. Крылов избирается в члены-корреспонденты Академии наук, а в апреле 1916 г. — в ординарные академики по математической физике.

В январе 1915 г. он назначается (от Морского министерства) в Комиссию по изучению естественных производительных сил России (КЕПС), учрежденную в это время Академией наук. О причинах, вызвавших необходимость создания этой комиссии, и о ее задачах А. Н. Крылов писал: «Россия к началу мировой войны была технически отсталой во всех отношениях. Промышленность поддерживалась системой покровительственных тарифов, зачастую устанавливаемых для личных выгод некоторых, а не для дела. Наука „в авантаже не обреталась“. Важнейшие дела решались не на основании расчетов, а на основании разговоров и словопрений, ложная экономия подавляла истинные потребности, не говоря уже о косвенных выгодах. Понимание чисел и масс отсутствовало настолько, что самое это понятие было неизвестно. Все это привело к тому, что с самого начала войны оказалось, что нет никакого соответствия между пополнением и убылью материаль-



ной части, есть лишь избыток неиспользованного и напрасно призванного и оторванного от дела людского состава. Многие отрасли необходимых производств отсутствовали, для других не имелось сырых материалов. Вскоре стало ясно, что не „все обстоит благополучно“, и среди деятелей наук возникло сознание прийти на помощь. При Академии наук была образована Комиссия по изучению естественных производительных сил, которая и начала сперва с самыми скромными средствами свое дело изучения производительных сил и показала ее (России) истинные средства и неисчерпаемые запасы».

Первые три года работы комиссии были действительно ограничены «самыми скромными средствами», отпускаемыми царской казной. Дело доходило до таких курьезов: докладывая в 1916 г. о необходимости организации экспедиции в Туркестан для изыскания нового месторождения вольфрама, Александр Евгеньевич Ферсман обращался к КЕПСу с просьбой «исходатайствовать» для ее снаряжения . . . 500 руб. В ответ на это Алексей Николаевич вынул из своего бумажника требуемую сумму и, вручив ее докладчику, сказал: «Никакого ходатайства не надо — оно смехотворно. Только не думайте, что это благотворительность. Я состою членом правления Русского общества пароходства и торговли и владею 50 акциями. В нашем Адмиралтействе мы делаем шrapнели по 4000 штук в день; вольфрам — это быстрорежущая сталь; на тех же станках мы будем тогда делать 8000 штук — по двести-то рублей на акцию дивидент шутя повысится, и я буду в барышах, ибо цена акции повысится на 200 рублей, и я на мои несчастные 50 акций, рискнув 500 рублями, выгодаю 10 000 рублей».<sup>3</sup>

Нет сомнения, что Алексей Николаевич заботился здесь не о барышах, а о существе дела и использовал этот юмористический прием для показа того плачевного состояния, в котором находилось финансирование КЕПС.

Именно этим положением и невниманием «власть имущих» объясняется недостаточность размаха работы комиссии в первые годы ее деятельности. Одобряя общее направление и задачи КЕПС, сформулированные ее организаторами — академиком В. И. Вернадским, А. П. Карпинским, Б. Б. Голицыным и Н. С. Курнаковым, А. Н. Крылов едко высмеивал малую эффективность результатов первых исследований. В ф. 759 Архива АН СССР по этому вопросу сохранились черновые наброски высказываний Алексея Николаевича: «День войны с самого начала стоил около 10 миллионов рублей, в конце войны — около 50 миллионов. КЕПС, забывая ответ московского пирожника, покупа-

---

<sup>3</sup> Архив АН СССР, ф. 759. Впервые опубликовано в статье: А. М. Бахрах. Деятельность А. Н. Крылова в Комиссии по изучению естественных производительных сил России. Сб. «Памяти Алексея Николаевича Крылова», Изд. АН СССР, М.—Л., 1958. Материалы этой статьи использованы в рассматриваемой части книги.

телю которого в пироге попалась мочалка: „А что тебе за грош-то хочется с бархатом“, — обещал не то, что за грош, а за полушку давать „пироги с бархатом“ и этим подрывал у деловых людей всякое доверие к серьезности своей работы. Это доверие особенно подрывалось широковещательными, высокопарным языком написанными „Отчетами Академии Наук“, где отмечались важные достижения КЕПС вроде следующих: что где-то за две тысячи верст от ближайшей станции железной дороги открыты неисчерпаемые запасы охры, а она по своей дешевизне и десяти верст перевозки не выдерживала; что где-то за горами, за долами — залежи сукновальной глины Кил, а ее за две версты от Балаклавы гора метров 150 высотой естественной осыпью спускается в Черное море».

Коренным образом изменилось положение дела после установления Советской власти. В статье «О некоторых современных научно-технических вопросах», опубликованной в «Известиях Российской Академии наук» за 1920 г., Алексей Николаевич писал: «Развитие страны и устройство ее на новых началах требуют полного знания ее богатств и способов их использования. Это теперь вполне осознано, и академический КЕПС в своей деятельности встречает неизменно самую широкую поддержку со стороны правительства как для основания постоянных исследовательских лабораторий, так и для исследований временного характера».

Еще в апреле 1918 г. в связи с обращением Академии наук к Советскому правительству с предложением привлечь ученых к исследованию естественных богатств страны Совет Народных Комиссаров принял постановление признать необходимость финансирования соответственных работ Академии. В исключительно тяжелых условиях, в которых находилась Советская республика, были найдены средства, обеспечившие необходимый размах работы КЕПСа. Деятельность комиссии пользовалась постоянным вниманием ЦК партии, Советского правительства и лично В. И. Ленина. В статье «Набросок плана научно-технических работ» Владимир Ильич писал: «Академии наук, начавшей систематическое изучение и обследование естественных производительных сил \* России, следует немедленно дать от Высшего совета народного хозяйства поручение образовать ряд комиссий из специалистов для возможно более быстрого составления плана реорганизации промышленности и экономического подъема России». В сноске к этой цитате В. И. Ленин указывал: «NB: Надо ускорить издание этих материалов изо всех сил, послать об этом бумажку и в Комиссариат народного просвещения, и в союз типографских рабочих, и в Комиссариат труда».<sup>4</sup> Столь большое значение придавал Ленин скорейшему изданию результатов систематического

---

<sup>4</sup> В. И. Ленин, Полн. собр. соч., т. 36, стр. 228.

изучения и обследования естественных производительных сил России, начатого КЕПСом.

О роли академика Крылова в советский период работы комиссии можно судить хотя бы по тому, что он исполнял обязанности товарища председателя и члена совета КЕПСа, возглавлял организационный отдел вновь созданного Института экспериментальных исследований и непосредственно участвовал в работе отдела оптической техники, впоследствии реорганизованного в Государственный оптический институт.

В августе 1918 г. Совет Народных Комиссаров образовал при Высшем Совете Народного Хозяйства Научно-технический отдел, поставив перед ним следующие задачи: централизация научно-технических экспериментальных исследований, сближение науки и техники с практикой производства, распределение специальных заданий, вызываемых потребностями государства, между отдельными учреждениями, лабораториями, институтами и тому подобными организациями и контроль за проведением соответствующих испытаний. Согласно декрету Совнаркома при указанном отделе создавалась научная комиссия с двумя исполнительными органами: Петроградским и Московским бюро.

Так как задачи организационного отдела Института экспериментальных исследований совпадали с перечисленными выше направлениями деятельности научной комиссии Научно-технического отдела, Высший Совет Народного Хозяйства преобразовал орготдел института в Петроградское бюро научной комиссии, руководителем которого остался А. Н. Крылов. Этому бюро, в частности, было поручено составление коллективного труда «Современное состояние науки в России и работы научно-технических учреждений в связи с новыми начинаниями, масштабами, перспективами и задачами, выдвигаемыми строительством социалистического народного хозяйства» (Архив АН СССР, ф. 132).

Позднее, в 1919 г. Петроградское бюро было пополнено учеными различных исследовательских учреждений и вузов и преобразовано в Петроградскую научную комиссию, имевшую в своем составе 6 секций: физико-механическую с подсекцией судостроения, электротехническую, металлургическую, химико-технологическую, геолого-петрографическую и строительных материалов. Председателем комиссии был снова избран академик Крылов.

В этой многообразной научно-организационной деятельности, как и в последующие годы, Алексей Николаевич высоко оценивал экономическую эффективность правильно поставленных научных исследований. «Надо помнить, что затраты на истинно научное творчество окупаются затем в жизни государства не седмирицею, не сторицею, а числами, для которых в древнем языке не было названий. Производительность таких затрат достигается главным образом подбором личного состава и должным его обеспечением; значит, и здесь лаборатории должен быть предоставлен широкий

простор и полномочия. Лишь при такой постановке дела с правом широкой инициативы и при обеспеченных средствах лаборатория может занять достойное место и принести в полной мере народному хозяйству ту степень пользы, на которую оно может рассчитывать» (Архив АН СССР, ф. 759).

Для старых специалистов, в том числе ученых, воспитанных в дореволюционной России, отношение к молодой тогда Советской власти служило своего рода испытанием. Алексей Николаевич прошел его с честью. После Великой Октябрьской социалистической революции полный генерал флота Крылов без колебаний признал власть Советов как власть своего народа, навеки сбросившего иго эксплуатации. По свидетельству профессора В. П. Филатова, «он подал заявление об отставке с должности только потому, что полагал, что ее должен был бы занять испытанный член партии. Но В. И. Ленин вызвал его, и после беседы с Владимиром Ильичем он незамедлительно вернулся к исполнению своих обязанностей с присущими ему добросовестностью и усердием».<sup>5</sup>

Все свои знания и громадный жизненный опыт Алексей Николаевич отдал Родине. Раскрытию богатства этого наследства посвящены основные главы книги.

---

<sup>5</sup> Сб. «Памяти Алексея Николаевича Крылова», Изд. АН СССР, М.—Л., 1958, стр. 212.

## А. Н. Крылов — создатель современной теории корабля

К глубочайшей древности относятся первые попытки человека овладеть водной стихией и подчинить своим практическим запросам широкие пространства рек, озер, морей и океанов. Уже первобытный человек переправлялся по воде, используя для этой цели ствол или обломок дерева. Позднее он научился связывать отдельные бревна гибкими корнями или сучьями и создал первое плавучее сооружение — плот. Появление каменных орудий и открытие способа добывания огня дали возможность рубить деревья, выдалбливать и выжигать их внутри. Далеким прообразом современного корабля — челн — получил на долгое время широкое распространение.

Само название «корабль» происходит от слов «кора» или «короб». Так именовались беспалубные ладьи, выдолбленные из одного большого древесного ствола и вмещавшие до 50—70 человек с полным вооружением. На таких ладьях свыше тысячи лет тому назад наши предки под водительством Олега и Святослава спустились по Днепру в Черное море и отваживались переплывать открытые водные пространства. История нашей родины знает много славных походов запорожцев, совершавших на так называемых «чайках» смелые набеги на иноземцев и своеобразно разрешавших задачу непотопляемости и защиты своих «кораблей» путем привязывания к их бортам толстых связок сухого камыша.

Долго и труден был путь от древнего челнока до современного трансокеанского корабля или атомного ледокола. Истоки судостроения теряются в не дошедшей до современных исследователь истории исчезнувших культур таких народов, как предшественники ассирийцев, вавилонян, финикийцев и египтян.

Почти два тысячелетия отделяют нас от эпохи наибольшего расцвета древнего Рима; однако уже к тому времени учитель Нерона, римский мудрец Сенека, впервые сформулировал общие требования, в одинаковой мере предъявляемые и к древнему челноку, и к современному кораблю: «Корабль хорошим именуется, когда

он устойчив и непоколебим, послушен рулю, ходок и ветру уступчив».

Грозный повелитель Рима своеобразно внял советам учителя: чтобы избавиться от своей матери Агриппины, он приказал построить для нее роскошную яхту, которая по сигналу развалилась бы на куски и сразу же тонула. Римские кораблестроители блестяще разрешили задачу, поставленную Нероном, однако «живучая» Агриппина выплыла на берег. Здесь ее ожидала смерть от рук слуг, посланных извергом-сыном. Сердобольный Сенека написал своему ученику укоризненное письмо. Нерон приказал его казнить.

Основные же свойства корабля, сформулированные Сенекой, сохранили свое значение в полном объеме и поныне.

Наука, изучающая общие свойства всякого судна, именуется теорией корабля; содержание ее посвящено анализу так называемых мореходных качеств — плавучести, остойчивости, непотопляемости, ходкости, плавности и умеренности качки, поворотливости и устойчивости на курсе.

Основоположником этой науки почитается величайший из математиков и выдающийся механик и изобретатель своего времени Архимед (287—212 гг. до н. э.). Ему принадлежит основной закон, который решает все вопросы, связанные с плавучестью корабля; так называется свойство судна держаться на воде, неся все предназначенные по роду его службы грузы, и иметь при этом заданную осадку (углубление) носом и кормой. В сочинении «О плавающих в жидкостях телах» Архимед доказывает основные предложения — теоремы; некоторые из них приведены ниже в том виде, как они были установлены автором: «Предложение второе. Поверхность всякой покоящейся жидкости — сферическая, центр которой совпадает с центром земли. . . Предложение пятое. Если более легкое, нежели жидкость, тело будет в нее помещено, то оно погрузится настолько, что объем жидкости, равный объему погруженной части, будет весить столько же, как и все тело».

В том же сочинении Архимеда можно найти учение о центре тяжести и равновесии тел, послужившее основанием для современной теории остойчивости корабля; это мореходное качество отвечает свойству корабля сохранять свое положение равновесия и вновь возвращаться к нему после того, как прекратится действие причин, вызвавших изменение положения корабля (например, после накренения его ветром или перемещением грузов). Если к излобному добавить, что все ставшие теперь привычными геометрические представления о площади круга, объеме цилиндра, шара и других простых тел созданы гением Архимеда, то станет ясной вся нелепость широко распространенной басни Плутарха, что великий математик будто бы нашел свой закон сидя в ванне в общественных банях и, выскочив из ванны, голым побежал домой по сиракузским улицам с криком: «Эврика, эврика!».

Закон Архимеда, несмотря на всю простоту и ясность, долгое время не находил практического применения, если не считать того единственного случая, когда сам Архимед воспользовался этим законом, чтобы уличить в мошенничестве ювелира. Прошло почти двенадцать столетий после открытия закона Архимеда до тех пор, когда он впервые был применен в практике кораблестроения. В 1666 г. английский инженер Антоний Дин к удивлению короля и всей придворной свиты предсказал углубление корабля «Руперт» до спуска на воду. Дин настолько был уверен в правильности своих расчетов, что приказал еще на стапеле прорезать в бортовой обшивке пушечные порты (отверстия для выхода стволов орудий), которые после спуска судна на воду возвышались над ее поверхностью на том именно расстоянии, которое было заранее вычислено строителем.

Каким же образом удалось Антонию Дину предсказать положение корабля после спуска? Ответ на этот вопрос и дает закон Архимеда, устанавливающий, что мерой плавучести, т. е. количественной оценкой свойства судна плавать, является объем вытесненной им воды, именуемый водоизмещением корабля.

С развитием судостроения все острее возникали неотложные задачи, требовавшие объективного анализа мореходных качеств кораблей и определения их численных характеристик. Прошло немало времени, пока теория корабля приобрела свои основные формы и содержание как техническая дисциплина. Расцвету этой области знания содействовало необыкновенное развитие математических наук в конце XVII—начале XVIII в.

Это был период творчества Ньютона и Лейбница, создававших в то время независимо один от другого исчисление бесконечно малых — дифференциальное и интегральное исчисления. Понятия о производной и дифференциале функции позволили, в частности, изучить быстроту изменения (скорость) физических процессов, описываемых с помощью этих функций, определить и оценить их свойства (например, найти минимальные и максимальные значения исследуемой физической величины), установить характер изучаемого процесса (например, возрастание либо убывание рассматриваемых величин). Таким образом были заложены основы объективного анализа физических явлений во всех областях естествознания. Интегральное исчисление создало возможность по общим, относительно простым правилам решать аналитическими приемами те задачи, которые с величайшим трудом поддавались синтезу ученых прошлых веков, в частности определение площадей, ограниченных замкнутыми кривыми произвольных очертаний, отыскание объемов тел любой формы и др.

Первыми учеными, которые начали применять «новую математику» к решению вопросов, выдвигаемых кораблестроением и морской практикой, явились Иоганн Бернулли, Леонард Эйлер и астроном Бугер.

Работа Бернулли посвящена исследованию боковых качаний корабля, но поскольку для парусных судов качка существенной роли не играла, она не вызвала должного интереса у своих современников, а затем была незаслуженно забыта.

В 1727 г. в возрасте 20 лет Леонард Эйлер становится членом Петербургской академии наук. Живо интересуясь судостроением, которое тогда сосредоточивалось в Петербурге, Эйлер пишет свое двухтомное сочинение «Морская наука» (*Scientia Navalis*), вышедшее в 1749 г. Русский читатель на родном языке знакомится в 1778 г. с «Полным умозрением строения и вождения кораблей, сочиненном в пользу учащихся Навигации Леонардом Ейлером», до этого изданным во Франции и Италии.

В 30-х годах XVIII в. французское правительство организует астрономическую экспедицию, возглавляемую Бугером, в Перу для измерения одного градуса дуги меридиана. Длительное дальнейшее плавание на парусных судах (Бугер провел в экспедиции около 10 лет) позволило ему детально ознакомиться с поведением кораблей на море и вызвало живой интерес к морскому делу. На основе своих наблюдений, используя созданные методы математического анализа, Бугер пишет сочинение «Теория корабля» (*Théorie du Navire*), изданное в Париже в 1746 г., т. е. почти одновременно с «Морской наукой» Эйлера.

Оба труда — Эйлера и Бугера — как по содержанию, так и по методам исследования близки друг к другу. В них излагается учение о плавучести и остойчивости, развиваются данные Ньютоном законы сопротивления жидкостей применительно к движению корабля, решается ряд задач, относящихся к оценке мореходных качеств судов, в частности к действию ветра на паруса, и т. п.

С 1753 г. Парижская академия наук проводит конкурсы на лучшую разработку заданных ею тем по теории корабля, как такой области знания, которая представляет обширное поле для разностороннего применения математического анализа к решению насущных практических задач.

Дальнейшее развитие математики и ее приложений к науке о жидкости — гидромеханике и к астрономии благодаря трудам Эйлера, Лагранжа, Лапласа, Пуассона, Гаусса, Остроградского и других выдающихся ученых конца XVIII и начала XIX в. привело к созданию методов исследования многих задач, по своему существу близких или совпадающих с соответствующими вопросами теории корабля.

Однако инженер-практик, с юных лет выросший на верфи, не имел надлежащей подготовки, чтобы почерпнуть в творениях этих ученых созданные ими способы анализа и применить их к своей области. Вполне естественно, что корабельному инженеру, в частности, было столь же мало дела до движения луны и ее перигея, сколь астроному Хиллю до качаний корабля и других технических проблем. Между тем метода, созданная Хиллем, дает технику и



инженеру мощное средство для решения чисто практических задач. Дело усугублялось тем, что ни в книге Бугера, ни в труде Эйлера, ни в последующих сочинениях инженер-кораблестроитель не находил того показателя, которым лучше всякого рассказа выясняется, каким образом надо поступать в определенных конкретных случаях; он не находил здесь ни взятых из практики примеров, ни расчетных схем, ни образцов вычислений.

Заслуга создания такого курса теории корабля, который служит повседневным руководством для корабельных инженеров в их практической работе, принадлежит Алексею Николаевичу Крылову. Основой этой дисциплины в том виде, в каком она разработана Крыловым, служит единство теории и практики, неразрывная связь науки о корабле с математикой, являющейся «инструментом, или орудием, количественного исследования чисто технических вопросов».

Определяя отношение инженеров и техников к математическому «инструменту, или орудию», Алексей Николаевич обращал внимание практиков на одну особенность, которая иллюстрировалась им на примере научного спора, возникшего в 1869 г. между величайшим физиком XIX в. Вильямом Томсоном и не менее знаменитым в своей области геологом Хексли:

«Между Томсоном и Хексли происходила полемика по поводу возраста земли со времени ее отвердения. Томсон на основании некоторых физических предпосылок определял этот возраст примерно в 50 миллионов лет. Хексли на основании геологических данных считал его равным приблизительно 500 миллионам лет. Возражая своему противнику, Хексли писал: „Математику можно уподобить мельнице удивительного совершенства, которая размалывает засыпку до любой степени тонкости; тем не менее то, что получается, всецело зависит от того, что под жернов засыпается, и как наилучшая в мире мельница не доставит пшеничной муки из лебеды, так и страницы формул не доставят заслуживающего доверия результата по сомнительным данным“. Чтобы перевести конкретный практический вопрос на математический язык, необходимо всегда сделать ряд допущений или гипотез, которые и являются засыпкой на мельницу Хексли (здесь примесь лебеды к пшенице неизбежна), но надо стараться, чтобы как можно меньше лебеды было подмешано к пшенице, а не наоборот».

Это указание, которому постоянно следовал в своих трудах А. Н. Крылов, он настоятельно рекомендовал всем научным работникам, инженерам и техникам.

Через все научное наследство Крылова проходит основная руководящая идея — показать инженеру и технику, где ему надо искать нужный инструмент и как этим инструментом пользоваться. Характеризуя большой цикл своих работ, включающий «Теорию корабля», «Лекции о приближенных вычислениях», «Вибрацию

судов», труд «О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики», исследования по баллистике, астрономии, общей теории гироскопов, а также перевод «Начал» Ньютона и «Теории луны» Эйлера, Алексей Николаевич писал в послесловии к книге «Качка корабля», изданной Военно-морской академией в 1939 г.: «Цель этого цикла состоит в том, чтобы на примерах, взятых из действительной практики, показать приложения математики к решению вопросов из области морского дела и техники вообще».

На вопрос, какова его основная специальность, А. Н. Крылов отвечал «кораблестроение» и тут же добавлял: «Лучше сказать — приложение математики к различным вопросам морского дела». Лишь в одной из известных нам анкет, заполненных по предложению Академии наук, Алексей Николаевич дал необычный, но весьма характерный для него ответ: «Основная специальность — теория колебаний в инженерном деле». В этой предельно сжатой формулировке главного направления научной деятельности Крылова содержится объективная характеристика его исключительных заслуг, в первую очередь в области общей теории качки корабля на волнении, создание которой доставило Алексею Николаевичу мировую известность и признание еще на заре его научных исследований.

В противоположность плавучести и остойчивости качка корабля является отрицательным качеством. С этим явлением у многих лиц связано представление о «морской болезни», часто заставляющей либо вовсе отказаться от комфортабельного путешествия по морю, либо «отлеживаться» на койке и с неудовольствием вспоминать тот день, когда, вопреки совету «опытных» знакомых, из всех способов передвижения был выбран именно морской.

При качке на волнении на корабль действуют значительно бóльшие усилия, чем при плавании на тихой воде. Отсутствие учета этого обстоятельства при проектировании и постройке корабля могло бы привести к разрушениям отдельных связей корпуса, а вместе с тем к аварии.

Резкая порывистая качка на боевом корабле затрудняет наведение орудий, в особенности при стрельбе по зенитным целям, и существенно снижает меткость огня.

Таким образом, в полном согласии с требованиями, сформулированными Сенеккой, чтобы «корабль хорошим именовался», его надо сделать «непоколебимым», т. е. всеми средствами добиться плавности и умеренности качки. Численными характеристиками этой особенности корабля могут служить период качки, т. е. промежуток времени, в течение которого происходит полное колебание (например, с борта на борт и обратно), и амплитуда качки, под которой понимают наибольшее отклонение корабля от равновесного положения (при боковой качке — это максимальный угол крена, при килевой — наибольший угол дифферента на нос или на

корму, при вертикальной качке — максимальное всплытие или погружение центра тяжести корабля). Чем больше период колебаний корабля, тем при прочих одинаковых условиях больше плавность качки. Численной характеристикой умеренности качки является амплитуда качаний.

Исследование качки относится к динамическим проблемам теории корабля, которые давно занимали умы выдающихся математиков. Уже Эйлер рассматривал свободные колебания судна на тихой воде (которые можно вызвать, например, перебеганием команды с борта на борт) и определил их период подобно тому, как определяется аналогичная характеристика при исследовании колебаний простого маятника. Однако изучение так называемых вынужденных колебаний, вызванных действием волнения, представлялось задачей исключительно сложной.

Впервые этот вопрос исследовался Бернулли. Им была установлена существенная, можно сказать решающая, роль, которую играет при анализе боковой качки отношение периода свободных колебаний корабля на тихой воде (иначе, периода собственных колебаний судна) к периоду волны; последний можно определять как промежуток времени, в течение которого два следующих друг за другом гребня волны проходят через одну и ту же точку пространства. При совпадении обоих указанных периодов наступает резонанс — амплитуда качки достигает наибольшего значения. Работа Бернулли позволила сделать и другой вывод: корабль, обладающий относительно большим периодом собственных колебаний, не только характеризуется более плавной качкой, но и меньше восприимчив к ней, т. е. реже встречает на море такие волны, которые способны его раскачать.

В 1861 г. Вильям Фруд построил элементарную теорию боковой качки корабля на волнении, названную так вследствие предположения о малых размерах корабля по сравнению с соответствующими элементами волны. Подобное допущение (ширина корабля мала по сравнению с длиной волны) приемлемо для боковой качки; однако принятие аналогичного предположения (длина корабля мала по отношению к длине волны) при исследовании килевых и вертикальных качаний корабля привело бы к тому, что «лебеды было бы больше, чем пшеницы». Вместе с тем теория Фруда являлась несомненным шагом вперед, поскольку направление силы поддержания, действующей со стороны воды на «элементарный» корабль, было принято не вертикальным (как у Бернулли), а перпендикулярным в каждый момент времени к взволнованной поверхности моря в соответствующей ее точке.

Ни одна из серий работ различных исследователей (Ранкина, Сен-Венана, Бертена и др.), направленных к совершенствованию элементарной теории, не увенчалась успехом. Понадобился гений А. Н. Крылова, чтобы создать общую теорию качки корабля на новых рациональных основах. Естественно, что теория Фруда

является частным и притом простейшим случаем теории Крылова.

На лекциях по теории корабля, прочитанных слушателям Военно-морской академии в 1895 г., Алексей Николаевич впервые изложил теорию килевой и вертикальной качки на волнении, в основу которой им была положена следующая гипотеза: на каждую точку погруженной в воду поверхности корабля действует такое же давление, какое имело бы место в соответствующей точке объема взволнованной жидкости в отсутствие корабля. Это предположение, в отличие от принятого в английской теории, позволяет при определении сил, действующих со стороны воды на судно, учесть действительные его линейные размеры и форму наружной поверхности. Свою теорию Крылов доложил и на заседании Русского технического общества.

Как и все работы Алексея Николаевича, теория килевой качки была создана им в связи с необходимостью решения практической задачи: в 1895 г. в ходе постройки Либавского порта требовалось определить минимально допустимый запас глубины под килем корабля, чтобы при килевой качке корабль не касался дна гавани.

27 марта 1896 г. в Английском обществе корабельных инженеров А. Н. Крылов прочел свой первый доклад «Теория килевой качки корабля на волнении», в котором изложил ставшее классическим решение одной из фундаментальных проблем кораблестроения; в этой работе впервые была создана возможность достаточно строгого учета влияния волнения на прочность корабля и исследования его мореходных качеств в широко различных условиях морской обстановки (при движении в разрез волне или за волной).

В то время наборы слушателей в Морскую академию проводились раз в два года. В процессе подготовки к чтению курса теории корабля новому набору 1897 г. А. Н. Крылов создает общую теорию качки корабля на волнении, представляющую собой дальнейшее развитие и обобщение указанных выше идей на случай произвольного курса корабля по отношению к волне. Этой работой теория качки доводится до такого совершенства, что основные ее выводы и положения остаются неизменными и по настоящее время.

На следующий год А. Н. Крылов доложил новую теорию в Русском техническом обществе (27 января 1898 г.), а затем в Английском обществе корабельных инженеров (1 апреля 1898 г.).

Состояние рассматриваемой области знания до опубликования докладов Алексея Николаевича образно характеризуется свидетельством Вильяма Фруда: «Когда вновь построенный корабль выходит в море, его строитель следит за его качествами на море с душевным беспокойством и неуверенностью, как будто бы это был воспитанный и выращенный им зверь, а не им самим облуманное



Капитан А. Н. Крылов (1898 г.).



Генерал-лейтенант А. Н. Крылов (1911 г.).

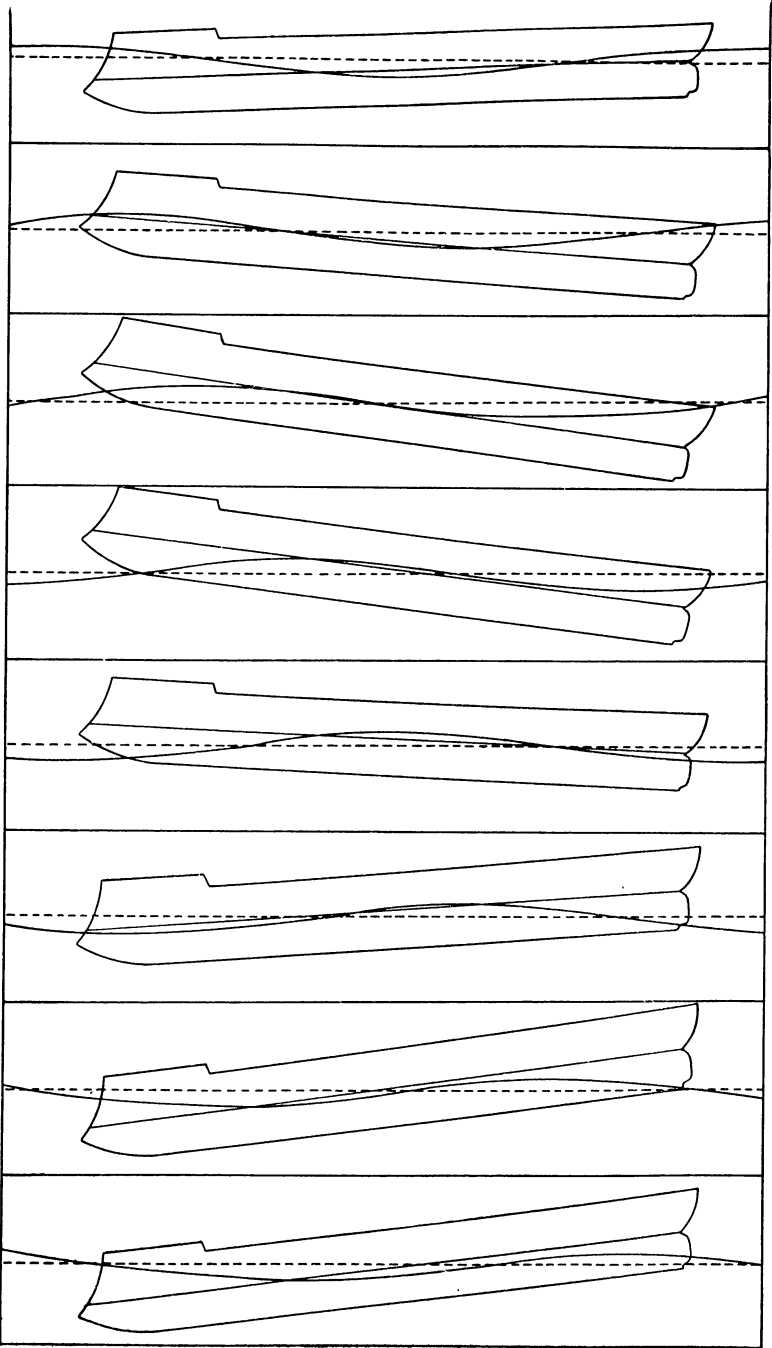
и исполненное сооружение, которого качества должны быть ему наперед известны в силу самих основ, положенных при составлении проекта».

Следует отметить, что представители мировой кораблестроительной науки того времени исключали возможность решения тех проблем теории качки, которые сумел так полно разработать А. Н. Крылов. Для подтверждения этого положения приведем здесь высказывания известного ученого, английского корабельного инженера Эдуарда Рида: «В попытках приближенно определить срезающие и изгибающие усилия, действующие на корабль на море, мы встречаемся с большими трудностями; и вопрос этот при настоящем состоянии знаний не допускает полного и точного решения... Что же касается динамической части вопроса, хотя она и самая важная, то в настоящее время ее решение выше наших сил».

Выступления А. Н. Крылова именно на родине Фруда и Рида оказались двойным испытанием для англичан: испытанием национальной гордости, так как с каждым докладом Крылова пальма первенства в развитии теории корабля безвозвратно уходила к русской науке; испытанием математической эрудиции и умения прилагать математику к решению специальных практических задач, так как в этих областях Алексей Николаевич уже на заре своей деятельности был непревзойденным мастером.

Председатель Английского общества корабельных инженеров так заключал прения по второму докладу А. Н. Крылова: «Джентльмены, я нахожусь почти в таком состоянии, как забитый крестьянин из западной части страны, который в ответ на вопрос церковного старосты при выходе из церкви — „Что ты думаешь о проповеди?“ (проповедник, я должен заметить, был блестящим) — сказал: „Она была великолепной, но такому бедному человеку, как я, не суждено ее понять“. Тем не менее я прошу вас весьма сердечно поблагодарить капитана Крылова за драгоценный вклад, который он внес в труды нашего Общества в этом году». Преподаватель Военно-морской академии капитан русского флота А. Н. Крылов был награжден золотой медалью, впервые за все время существования Общества корабельных инженеров присужденной неангличанину.

Оба доклада Алексей Николаевич построил таким образом, чтобы сделать их содержание доступным специалистам различной квалификации. Первая часть каждого доклада содержит популярное изложение вновь предлагаемой теории и ее практических приложений, иллюстрируемых наглядными чертежами (рис. 1). Вторая часть, озаглавленная «Прибавление», посвящена математическому изложению теории и строгим доказательствам основных выводов, высказанных и использованных в первой части. Наконец, следуя своему неизменному принципу, А. Н. Крылов каждый из докладов заключает численными расчетами, во всех деталях поясняющими





пользование предлагаемой теорией на конкретном примере исследования качки корабля «Адмирал Корнилов».

Работы Алексея Николаевича снискали ему еще в начале текущего столетия мировую славу; когда для «Лейпцигской энциклопедии математических наук» понадобился в 1907 г. общий очерк теории корабля, он был заказан в России профессору Военно-морской академии А. Н. Крылову.

Создание общей теории качки позволило поставить на рациональную основу разработку средств борьбы с ней. К числу подобных успокоителей качки относятся и систерны Фрама, названные так по имени патентодержателя. Схематический чертеж систерн представлен на рис. 2. Два бортовых отсека судна (1 и 2) соединяются внизу через междудонное пространство водопотоком (3), а наверху — воздушной трубкой (4), снабженной регулирующей заслонкой (5). Отсеки заполняются водой приблизительно до половины своей высоты. При качке корабля вода будет переливаться из одного бортового отсека в другой. Путем соответствующего выбора размеров систерны и регулировки степени открытия заслонки стараются соразмерить переливание так, чтобы вода в систернах действовала на корабль в направлении, противоположном действию волн (при накренинии корабля на правый борт вода переливается влево), и тем самым умерить качку корабля. Возможность осуществления подобного режима работы успокоительных систерн и основное условие проектирования их — равенство времени переливания воды с борта на борт полупериоду собственных колебаний судна — были установлены А. Н. Крыловым за 12—13 лет до Фрама: в § 12 «Прибавлений» ко второму докладу в Английском обществе корабельных инженеров, а за год до этого на лекциях в Морской академии Алексей Николаевич изложил созданную им теорию успокоительных систерн и основные результаты экспериментальных исследований, впервые проведенных профессором И. Г. Бубновым.

В докладе, прочитанном 15 декабря 1945 г. на совместном заседании Академии наук и представителей Военно-Морского Флота СССР, посвященном памяти А. Н. Крылова, профессор П. Ф. Папкович убедительно показал, что не только основная идея патента, но и форма успокоительных систерн, на которой Фрам остановился в 1910 г., была подсказана ему работами Крылова—Бубнова. Если, кроме того, учесть, что использование для умерения качки успокоительных систерн и применяемые поныне основные типы их конструкции были предложены адмиралом С. О. Мака-

---

Рис. 1. Последовательные положения корабля «Адмирал Корнилов» при ходе его со скоростью 12,5 узлов против волны (водонизмещение корабля 5000 т, длина корабля 107 м, ширина 14,8 м, осадка 5,9 м; длина волны 125 м, высота волны 5,0 м, ее период 9,0 сек.). Пунктиром показан уровень спокойной поверхности моря.

ровым в 1894 г.<sup>1</sup> то станет ясным, что родиной этого средства повышения мореходных качеств кораблей является Россия.

Другой способ умерения качки корабля основан на применении гироскопического эффекта. На рис. 3 схематически изображен гироскопический успокоитель, установленный на наборе второго дна (1) корабля. Сам гироскоп представляет собой тяжелый маховик (2), вращающийся с постоянной, относительно большой скоростью на вертикальном валу (3), связанном с рамой успокоителя (4) подшипниками (5). В свою очередь рама (4) может

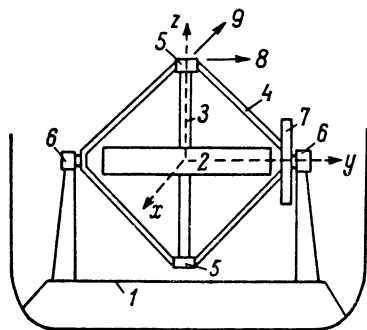
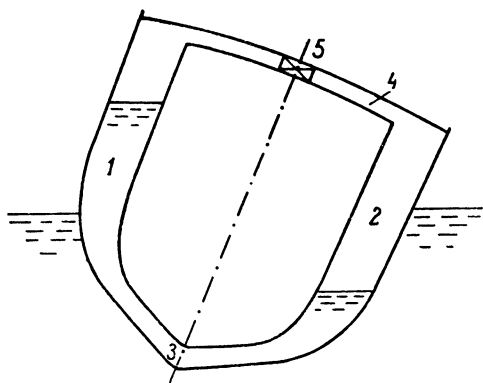


Рис. 2. Схематический чертеж успокоительных систем.

Рис. 3. Схематический чертеж гироскопического успокоителя качки.

свободно поворачиваться вокруг горизонтальной оси цапф, лежащих в подшипниках (6), жестко связанных с кораблем.

На цапфы рамы насаживается тормоз (7), ленточный либо электрический; центр тяжести качающейся системы располагается несколько ниже оси цапф.

При возникновении крена конец оси гироскопа получает соответствующее перемещение (например, 8) в плоскости шпангоута. В связи с этим, согласно основному свойству гироскопа, на жесткий кожух его (раму 4) будет действовать так называемый гироскопический момент, который вызовет поворот рамы вокруг поперечной оси цапф. Вместе с этим конец оси гироскопа получит новое перемещение (оно обозначено стрелкой 9) в диаметральной плоскости корабля, что в свою очередь вызовет возникновение гироскопического момента, передаваемого через подшипники цапф (6) и опорный фундамент корпусу корабля и противодействующего моменту сил, вызвавших накренение корабля.

<sup>1</sup> С. О. Макаров. Разбор элементов, составляющих боевую силу судов. Морской сборник, 1894, № 6.

Таким образом энергия волн, раскачивающих судно, преобразуется успокоителем в энергию колебаний рамы с гироскопом. которая погашается работой тормоза и сил тяжести.

По-видимому, первым судном, на котором был установлен в 1908 г. по предложению немецкого инженера О. Шлика описанный успокоитель качки, явился пароход «Сильвана» водоизмещением около 900 т, служивший для сообщения между курортами побережья Северного моря. В связи с малыми глубинами в районе плавания пароход был спроектирован мелкоосидающим, вследствие чего, обладая большой остойчивостью, был восприимчив к стремительной качке и притом больших размахов. По этой причине он вскоре приобрел дурную славу среди курортной публики, его стали избегать и рейсы «Сильваны» оказались убыточными. После установки на судне гироскопического успокоителя Шлика качка стала умеренной.

В 1908 г. в докладе, прочитанном в Политехническом институте, А. Н. Крылов изложил созданную им теорию вынужденных колебаний корабля, снабженного гироскопическим стабилизатором. Содержание доклада было опубликовано в журнале «Морской сборник» и почти одновременно (1909 г.) во Франции.

До этого применительно к устройству, предложенному Шликом, А. Феппл исследовал вопрос о размерах и угловой скорости гироскопа, необходимых для эффективного гашения собственных колебаний корабля; наиболее важный и вместе с тем сложный вопрос — умерение вынужденных колебаний судна — Фепплом даже не рассматривался.

А. Н. Крылов исследовал в своем докладе различные способы введения сопротивления качаниям рамы гироскопа и, в частности, показал существенные преимущества электрических тормозов. Кроме того, было доказано, что для успешного умерения вынужденных колебаний корабля на реальном волнении необходимо запроектировать гироскоп с характеристиками, отличными от рекомендуемых формулой Феппля.

В 1909 г. на яхте «Стрела» предполагалось установить гироскопический успокоитель качки. Общая теория, разработанная Крыловым, показывала, что при правильно назначенных характеристиках успокоителя боковая качка яхты может быть практически полностью уничтожена. Чиновники из Морского министерства отказали в выделении средств, необходимых для изготовления стабилизатора качки. По этому поводу Алексей Николаевич впоследствии писал: «Если бы Морское министерство не пожалело тогда (т. е. в 1909 г.) пятьдесят тысяч рублей на установку и испытание гироскопа-успокоителя на яхте „Стрела“, мы были бы в этом деле далеко впереди Сперри».

Здесь имеется в виду предложение активного принципа гироскопического успокоения качки, при котором движение оси гироскопа в диаметральной плоскости корабля возникает не как реак-

ция на качку корабля, а осуществляется искусственно с помощью двигателя, управляемого автоматически специальным прибором (гироскопом-пилотом). В работах Крылова исследован и этот наиболее эффективный принцип работы стабилизатора.

В течение всей последующей научной деятельности А. Н. Крылов неоднократно возвращался к проблемам качки корабля, продолжая развивать и совершенствовать созданную им отрасль науки о корабле.

В 1912 г. при проектировании линейных крейсеров типа «Измаил» возник вопрос о применении успокоительных систем для стабилизации корабля. В книге «Мои воспоминания» Алексей Николаевич рассказывает о деятельности специальной комиссии, «которая ни к чему не привела, только время провела». Длительные и горячие дебаты о полезности применения систем в качестве успокоителей качки были прерваны в начале 1913 г. экспедицией на пароходе «Метеор», руководство которой было поручено А. Н. Крылову. Испытания оказались вполне успешными и полностью подтвердили теоретические предвычисления Алексея Николаевича. Следует отметить, что как по своей организации, так и по методике проведения и обработки результатов исследования на «Метеоре» долгие годы оставались в буквальном и переносном смысле слова неповторимыми.

В 1933 г. на заседании секции мореходных качеств правления Всесоюзного научного инженерно-технического общества судостроения (ВНИТОСС), бессменным председателем которого А. Н. Крылов состоял с момента организации общества, он прочел доклад «О боковой качке корабля, имеющего заданную диаграмму остойчивости». Диаграммой остойчивости называют график, определяющий зависимость от угла крена корабля восстанавливающего момента, стремящегося вернуть судно в исходное прямое положение. До относительно небольших углов крена (порядка  $15-25^\circ$ ) эта зависимость обычно линейная: чем больше угол накренения, тем во столько же раз больше и восстанавливающий момент.

Нарушение подобного соотношения приводит к качественно новым результатам, впервые установленным в указанной выше работе.

Кроме действия восстанавливающего момента, вызванного вхождением в воду новых объемов корпуса (со стороны накрененного борта) и выходом ранее погруженных, при исследовании боковой качки необходимо учитывать действие сил сопротивления воды качаниям корабля (трение наружной обшивки о воду и др.). Обычно принимают, что момент сил сопротивления вокруг продольной оси вращения корабля прямо пропорционален угловой скорости качки: чем стремительнее качка, тем этот момент больше. Подобная — снова линейная — зависимость не оправдывается при относительно больших угловых скоростях качаний корабля.

В связи с этим создатель «линейной» теории качки, которая в основных чертах и важнейших особенностях продолжает находить подтверждение в экспериментальных работах последнего времени, А. Н. Крылов первым как подлинный новатор науки приступил к коренной перестройке аппарата исследования, связанной с нелинейностью закона сопротивления воды. Появление указанного труда столь характерно для деятельности ученого, что представляется полезным остановиться на этом подробнее.

В 1940 г. в Военно-морской академии по инициативе Алексея Николаевича была проведена научно-техническая конференция, посвященная общей и местной стабилизации корабля: к первой относят меры успокоения качки, ко второй — средства, обеспечивающие практически неизменность положения в пространстве отдельных платформ, несущих приборы, устройства или вооружение. В работе конференции приняли участие ученики Крылова, многие из которых стали к тому времени академиками, адмиралами и докторами наук: Ю. А. Шиманский, П. Ф. Папкович, Л. Г. Гончаров, В. А. Унковский, А. П. Шершов, Е. Л. Бравин, Б. И. Кудревич, В. Г. Власов и др. Душой дела был Алексей Николаевич, который своими репликами по отдельным докладам («рекламными журнальными статьями качку не успокоить» или «пусть эта чужеземная глупость останется на родине ее автора») и активной поддержкой предложений, основанных на теоретических и экспериментальных разработках, направлял деятельность конференции по пути объективного обсуждения вопросов и развития творческой инициативы ученых и инженеров. После того как решения конференции были утверждены заместителем народного комиссара Военно-Морского Флота адмиралом И. С. Исаковым, Алексей Николаевич лично «распределил обязанности» между членами вновь созданной стабилизационной комиссии и соответствующими научно-исследовательскими организациями, взяв на себя решение сложнейшей части общей проблемы — создание нелинейной теории качки, исходящей из более правильного представления о зависимости момента сил сопротивления воды качаниям корабля не только от первой, но и от второй степени угловой скорости качки. В книге «О боковой качке корабля» (1942 г.) А. Н. Крылов показал, что для исследования собственных качаний в нелинейной постановке задачи можно воспользоваться таблицей готовых решений, составленной в Орегонском университете под руководством проф. Мильна по поручению Артиллерийского ведомства США применительно к однотипным уравнениям. Для решения задачи о вынужденных колебаниях корабля на волнении Алексей Николаевич рекомендовал применить метод последовательных приближений, аналогичный используемому в небесной механике.<sup>2</sup>

---

<sup>2</sup> См. перевод с латинского первой части книги первой и извлечения из частей второй и третьей труда Леонарда Эйлера «Новая теория движе-

Здесь же указывается возможность численного интегрирования (иначе, решения дифференциального уравнения, содержащего под знаком производной неизвестный угол крена как функцию времени, при заданных начальных условиях, определяющих крен и угловую скорость качки в исходный момент). В этой работе на многих примерах со всеми подробностями поясняются схемы и принципы расчетов.

Особый интерес представляет третья глава книги, в которой излагается теория успокоительных систем в строгой и достаточно общей постановке задачи, включающей случай, когда сопротивление воды выражается двучленной формулой, содержащей скорость перемещения в первой и во второй степенях.

Имея в виду значительное усложнение аппарата исследования, А. Н. Крылов подробно останавливается на доказательстве необходимости такого анализа и связанного с ним комплекса вычислений: «Прежде всего необходимо решить, следует ли принимать „обширные“ вычисления для обоснования теории систем Фрама, или достаточно ограничиться чисто экспериментальными исследованиями, или же вслепую подражать Германии и основываться на формулах Фрама, несмотря на их явные недостатки?». Далее в качестве примера обычных для астрономов вычислений Крылов приводит «Морской ежегодник», содержащий около ста тысяч цифровых данных, в том числе много сведений о малых планетах, «для которых мифологических имен более не хватает». Отметив, что «все эти справочники не диктуются ангелами и не сваливаются с неба, как Коран Магомета, а вычисляются особыми бюро с весьма небольшим числом сотрудников», Алексей Николаевич заключает: «Нам предстоит заниматься совершенствованием величественнейших из подвижных сооружений — линейных кораблей. Ясно, что объем наших вычислений, ничтожный по сравнению с вычислениями, производимыми астрономами, нас останавливать не должен».

Если учесть, что это написано в конце 1940 г., когда вычислительная техника делала лишь первые шаги, то станет ясной исключительная прозорливость академика Крылова, видевшего дальнейшее развитие техники на путях пусть «обширных» вычислений, лишь бы они базировались на правильной и достаточно общей постановке вопроса, отвечающей действительному течению изучаемых процессов, и давали бы инженерам и техникам конкретные указания в их практической деятельности, характеризующие «числом и мерой».

В 1943 г. в письмах (оставшихся неопубликованными) Юлиану Александровичу Шиманскому А. Н. Крылов впервые излагает теорию особого типа успокоителей качки, основанных на

---

ния Луны» с примечаниями и пояснениями переводчика — академика А. Н. Крылова (Изд. АН СССР, Л., 1934).

перемещении твердых грузов. Тяжелая болезнь помешала ему завершить этот труд. Крылов так говорил об этой работе: «Я принял ее не для того, чтобы рекомендовать кораблестроителям сколь-нибудь широкое применение твердых грузов. Вряд ли для успокоения качки кто-либо согласится катать по палубе тяжелые тележки или в трюме установит многотонный качающийся маятник. Надо было навести порядок в изложении вопроса: уж больно много в иностранных журналах, да и в наших переводах написано несуразного. А в отдельных случаях, может быть, твердые грузы и пригодятся».

«Наведению порядка» в современной научно-технической литературе Крылов уделял немало внимания, справедливо считая, что плохая книга или технически неграмотная статья может принести не меньший вред, чем прямая диверсия.

В журнале «Shipbuilding and Shipping Record» за 1939 г. была помещена статья о мореходности быстроходных катеров с V-образными обводами, в которой английский автор одним росчерком пера изменил направление силы тяжести на горизонтальное, нагромоздил серию «объяснений», не имеющих ничего общего с физической стороной явления, и допустил ряд других грубых ошибок, свидетельствующих о низком уровне его знаний в этой практически важной области. По недосмотру редакции журнала «Мелкое судостроение» перевод статьи был напечатан в № 2 журнала за 1940 г. Возмущенный этим академик Крылов пригласил к себе весь состав редакции, отругал виновников за предоставление страниц советского журнала для печатания «брета сумасшедшего потому только, что этот бред опубликован в иностранном журнале» и многозначительно добавил: «...хоть судостроение у Вас мелкое, но оно не должно быть ... глупое».

В другом случае (журнал «Судостроение» № 3 за 1936 г.) была опубликована статья под заглавием «Умерение качки корабля применением активных систем», представлявшая собой изложение работы американского профессора Минорского. А. Н. Крылов подверг резкой критике содержание этой статьи, претендовавшей на то, чтобы поучать советских инженеров иностранным «откровениям», среди которых были такие перлы, как неверно написанные решения дифференциальных уравнений, неправильное толкование основных представлений теории качки и несуразная интерпретация физической сущности явления.

Приведем здесь лишь несколько выдержек из критической статьи Алексея Николаевича: «Вместо этой обычной, простой и удобной для численных вычислений формы автор (Минорский) применяет интеграл Фурье там, где этому интегралу совершенно не место; невольно вспоминается вопрос Лескова: „И кого же этой благоглупостью благоудивить хотят?“». И далее: «Автору, делая выдержки из статьи Минорского, следовало устранить из них всю путаницу, а не воспроизводить путанные формулы бук-

важно без всякой критики». Свою статью Крылов заключил: «Полагаю, что сказанного довольно, чтобы показать, что при переводе и переработке иностранных статей надо к ним относиться критически, а не почитать каждое слово за открытие».

К чести Алексея Николаевича следует заметить, что в этом принципиальном вопросе он не щадил даже своих друзей: работа Минорского на страницах указанного журнала была изложена одним из ближайших учеников и сотрудников Крылова.

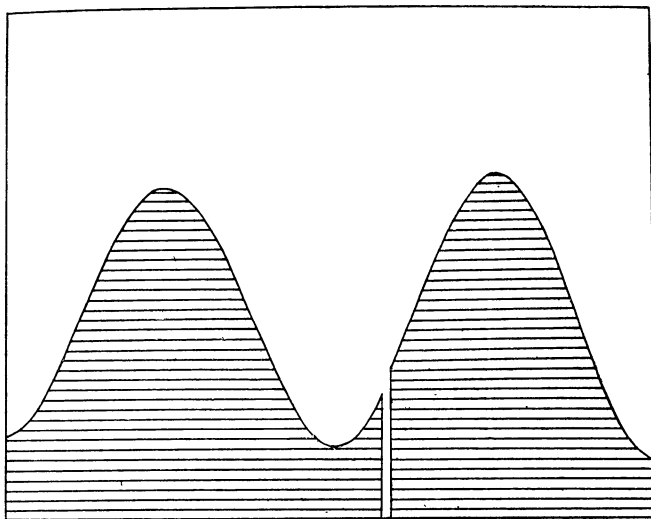


Рис. 4. Образец записи качаний канонерской лодки «Ураец», выполненной с помощью телефота А. Н. Крылова.

Констатируя основоположную роль академика Крылова в создании и развитии современной теории качки корабля на волнении, необходимо отметить еще одну особенность его деятельности: Крылова-ученого всегда сопровождал Крылов-изобретатель.

Так, Алексею Николаевичу мы обязаны разработкой фотографического метода записи качаний корабля, успешно примененного в 1907 г. при исследовании влияния качки на скорострельность и меткость артогня в опытах на канонерской лодке «Ураец». Сконструированный Крыловым прибор, названный им телефот, представлял собой фотокамеру, которая устанавливалась так, чтобы главная оптическая ось была перпендикулярна диаметральной плоскости корабля (вертикальной плоскости симметрии его наружной поверхности). Вплотную к светочувствительному слою пластинки или фотопленки помещался непрозрачный щит с узкой (около 0.1 мм) вертикальной щелью, высота которой равнялась



высоте пластинки. Фотокамера наводилась на видимый горизонт, а светочувствительный элемент (пластинка, пленка или фотобумага) равномерно перемещался во время наблюдений (при открытом объективе) с помощью часового механизма. Образец записи качаний канонерской лодки «Уралец» показан на рис. 4. Перерыв записи (вертикальная белая линия) отвечает моменту выстрела,

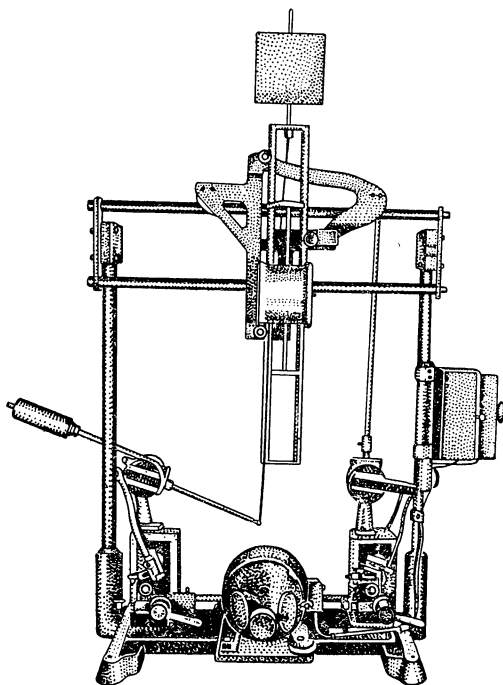


Рис. 5. Отмечатель А. Н. Крылова.

при котором перед объективом проскакивал затвор, снабженный электромагнитным спуском.

Примерно в то же время (1907—1909 гг.) А. Н. Крылов создает пользующийся и поныне широкой популярностью на флоте отмечатель, или прибор для обучения наводке при качке (рис. 5). Перед глазами наводчика производится такое качание щитка-мишени, которое заставляет его придавать прицельной линии движение, тождественное описываемому при действительной качке корабля. Отмечатели были испытаны в навигацию 1911 г. на кораблях Балтийского и Черноморского флотов, значительно повысили подготовку личного состава к стрельбам в сложных условиях морской обстановки и на этом основании были приняты на вооружение.

Для многих целей необходимо знать статический крен корабля, непосредственно наблюдаемый на тихой воде с помощью различного типа кренометров. К их числу относится и жидкостный прибор, представляющий собой два стеклянных сообщающихся сосуда, вертикальные оси которых разнесены достаточно далеко друг от друга. Закрепив такой прибор на корабле, можно по изменению отсчетов уровней жидкости в обоих коленах определить с необходимой точностью статическое наклонение судна.

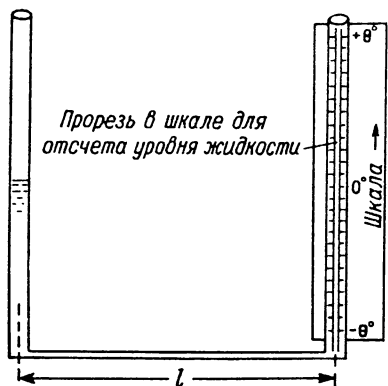


Рис. 6. Гидравлический кренометр А. Н. Крылова, показывающий на качке статическое наклонение корабля.

Иначе обстоит дело в условиях волнения: при обычно принятых размерах водопотока прибор будет показывать искаженные качкой мгновенные значения крена, меняющиеся с течением времени. Чтобы избежать этого, А. Н. Крылов еще в 1894 г. при разработке кренометра-замыкателя для артиллерийской стрельбы на качке предложил выполнить водопоток в виде достаточно длинной и весьма тонкой трубки. Та же идея была положена им в основу конструкции так называемого сильно задемпфированного<sup>3</sup> жидкостного кренометра (рис. 6), показывающего на качке то положение равновесия, около которого корабль качается, т. е. статическое наклонение.

Устройство этого прибора, как пишет его автор, «по своей простоте не требует описания». В записке, составленной по просьбе Центрального научно-исследовательского института (носящего ныне имя академика Крылова), Алексей Николаевич разработал теорию этого прибора и рекомендовал его применение как для определения статического крена (при базе  $l = 600$  мм), так и для нахождения угла дифферента ( $l = 1200$  мм). В последнем случае прибор, естественно, размещается в плоскости, параллельной диаметральной.

Общей особенностью всех приборов, изобретенных Алексеем Николаевичем, является их простота и надежность. Он неоднократно поучал: «У личного состава кораблей достаточно много забот и обязанностей, чтобы не увеличивать их доводкой несовершенных или эксплуатацией чрезмерно сложных устройств и приборов. Если подобные приборы не оказываются за бортом, то

<sup>3</sup> С большим сопротивлением движению жидкости в соединительном канале (водопотоке).

это объясняется только тем, что они занесены в корабельные книги».

Труды А. Н. Крылова по исследованию качки на волнении получили дальнейшее развитие в работах его школы. Как указывалось, при определении сил, действующих на корабль, Крылов не учитывал изменений, вносимых в поле волновых давлений присутствием и качаниями судна. Влияние этих факторов было впервые детально изучено в 1943 г. профессором Максом Даниловичем Хаскиндом, применившим для этих целей фундаментальный метод решения волновых задач, предложенный академиком Николаем Евграфовичем Кочиным. В результате были получены относительно простые выражения так называемых коэффициентов присоединенных масс воды, зависящих от размеров корабля и формы судовой поверхности. Величины этих коэффициентов входят в уравнения Крылова в виде добавок к основным коэффициентам, и поэтому учет гидродинамических особенностей явления не усложняет сколько-нибудь значительно его исследования.

Развитие теории Крылова протекало не только в указанном направлении. Один из ближайших учеников, а затем сотрудников академика Крылова член-корреспондент Академии наук СССР, профессор Петр Федорович Папкович с присущей ему остротой характеризовал в 1943 г. недостатки линейной теории, обязанные допущению о прямолинейности (вертикальности) борта в пределах изменения погружения каждого шпангоута (поперечного сечения судовой поверхности): «Нелинейная теория качки корабля остается до сих пор настолько неразработанной, что в настоящее время мы, в сущности говоря, почти еще не знаем даже того, насколько действительным средством обеспечения кораблю должной мореходности является тот развал бортов корабля в оконечностях, с помощью которого мы стремимся обычно обеспечить кораблю должную всходимость носовой оконечности на встречную волну».

Законченное исследование этого вопроса было дано в ряде работ советских ученых.

Интересно отметить, что данные первых же разработок в этом направлении хорошо согласуются с результатами модельных испытаний в Опытном судостроительном бассейне. В частности, на их основе для практического использования были введены так называемые кривые заливаемости, ограничивающие области постоянно омываемой и всегда сухой части судовой поверхности. Эти кривые могут служить подспорьем для сравнительной оценки поведения кораблей на волнении, а также иллюстрируют широкие возможности применения и развития идей Крылова для исследования мореходности судов.

Труды Алексея Николаевича и по настоящее время служат основой для количественной оценки эксплуатационных условий, в которых находятся многообразные приборы морской техники

при плавании судов на волнении, и широко используются конструкторскими бюро и научно-исследовательскими институтами и в этом направлении.

Уже изложенного достаточно, чтобы уяснить, как много сделал А. Н. Крылов для развития отечественной кораблестроительной науки. Однако это лишь одно из направлений его деятельности.

Развитие кораблестроения и средств вооружения во второй половине XIX в. поставило перед кораблестроителями новую задачу — обеспечение корабля от потопления при больших подводных пробоинах. В книге «Некоторые случаи аварии и гибели судов», захватывающей читателя своим содержанием и образностью языка, Алексей Николаевич приводит многие примеры из истории флота, свидетельствующие о том, к чему ведет нарушение мер, обеспечивающих одно из важнейших мореходных качеств — непотопляемость корабля.

Во время морского боя при Лиссе в 1866 г. итальянский броненосец «Италия», протараненный австрийским броненосцем «Фердинанд Макс», затонул в течение... трех минут.

В 1890 г. при мертвом штиле флагманский корабль английской эскадры в Средиземном море броненосец «Виктория» во время учебного маневра столкнулся с броненосцем «Кампердоун», ударившим его форштевнем в борт впереди носовой башни. Получив пробоину, через которую почти мгновенно заполнились водой все поврежденные отсеки (отделения), «Виктория» сразу углубилась носом. Проверив через командира корабля, задраены ли (плотно ли закрыты) все двери и горловины, адмирал Трайон приказал дать машине малый ход, надеясь довести корабль до ближайшего порта. Однако вследствие неисправности носовых переборок (недостаточной плотности их соединения с обшивкой, наличия небольших отверстий и трещин) вода продолжала заполнять новые отсеки, корабль все больше садился носом, и, наконец, верхняя палуба стала уходить под воду.

Трагедия эта продолжалась недолго; через 17 мин. после столкновения броненосец опрокинулся вверх килем, некоторое время продолжая плавать с вращающимися винтами, крошившимися находившихся вблизи людей, и, увлекая за собой в морскую пучину около пятисот жизней, затонул. Между тем спасение броненосца представлялось делом относительно простым и реальным: стоило только умышленно затопить несколько кормовых отделений и тем самым не дать кораблю погрузиться в воду носом больше, чем по верхнюю палубу; в этом случае остойчивость не была бы утрачена и корабль мог бы дойти до ближайшего порта и там исправить полученные повреждения.

Следующий пример относится к случаю, имевшему место в русском флоте и описанному в статье А. Н. Крылова «Гибель броненосца „Гангут“»:

«Для артиллерийских стрельб из крупных орудий суда выходили в море (Выборгский залив). Для „экономии“ ставился маленький пирамидный щит, в который снаряды почти никогда не попадали и попасть не могли, так что попадания отмечались „условно“.

«В конце лета вышел на стрельбу и „Гангут“. Он отстрелял положенное число выстрелов, щит остался цел, надо было его опять поднять на судно.

«Когда суда уходили на стрельбу, то все шлюпки, за исключением одного спасательного вельбота, оставались на рейде; так было и на „Гангуте“. Спустили вельбот, послали за щитом, а так как был легкий противный ветерок, то вельбот не выгребал, и командир решил идти к щиту на броненосце. Справился ли он при этом с картой, знал ли он точно свое место или нет — неизвестно, только корабль коснулся каменной гряды, которыми Выборгский залив переполнен, и получил пробойную в наружной обшивке. Внутреннее же дно (стальной настил над днищевой частью наружной обшивки, ограничивающий придонные водонепроницаемые отсеки) осталось неповрежденным.

«В предшествующий год этот же корабль также повредил себе наружную обшивку, и хотя внутреннее дно осталось целым, но на нем не было крышек на горловинах, почему корабль на Веркомотале у входа в Биорке затонул.<sup>4</sup>

«Теперь крышки на горловинах были, но зачем-то одна из горловин внутреннего дна в кочегарном отделении была открыта, и как раз пробойная пришлось в том междудонном отсеке, в котором горловина была открыта.

«Через горловину стала хлестать вода, но кочегары не растерялись и, стоя по пояс в воде, задраили горловину. Так как это пришлось делать на ощупь, то задраили ее не совсем правильно — осталось отверстие в форме луночки.

«Вода вскоре залила топку и угольную яму. Корабль получил порядочный крен. Чтобы его уменьшить, затопили угольные ямы противоположного борта.

«Вода в кочегарке медленно прибывала, в смежных кочегарках воды не было.

«Заметив, что корабль ветром несет на 9-метровую банку (мелкое место с глубиной воды около 9 метров) и что до нее остается всего около 400 метров, отдали на 30-метровой глубине якорь и послали вельбот в Транзунд, чтобы вызвать на помощь другие суда эскадры.

---

<sup>4</sup> Горловины (отверстия) во внутреннем дне устраиваются для обеспечения возможности заполнения междудонных отсеков топливом, водой или балластом, а также для осмотра и очистки придонных отделений. У Биорке броненосец затонул на мелком месте, легко был снят с мели и на следующий год вошел в строй.

«Вода в поврежденной кочегарке все прибывала. Из топок котлов трех смежных кочегарок также хлынула вода.

«Причина оказалась весьма простой: дымовые выходы из всех кочегарок были сведены в одну общую дымовую трубу, поставленную как раз на пересечении продольной и поперечной переборок. Переборки эти доходили до нижней палубы, но вследствие перегрузки корабля эта палуба оказалась ниже грузовой ватерлинии (по которую плавал корабль), и никто не озаботился, чтобы внутри дымовой трубы переборки продолжить до следующей палубы (расположенной выше уровня забортной воды); поэтому, как только вода дошла до уровня нижней палубы, она хлынула через дымовую трубу, дымовые выходы и топки котлов в неповрежденные кочегарки и затопила их, лишив корабль света, водоотливных средств и возможности поднять якорь... Положение корабля стало тяжелым. Вскоре пришел крейсер „Африка“ и стал близ „Гангута“ на якорь.

«„Африка“ — учебное судно минного отряда; казалось бы, что проще привязать к якорному канату „Гангута“ учебную мину, перебить канат и отбуксировать тонущий корабль на 9-метровую банку, но на „Гангута“ был адмирал, подавать советы которому никто не осмеливался, а адмирал распорядился шлюпками „Африки“ свозить с „Гангута“, как по уставу полагалось, сперва священника с церковной утварью, затем вахтенный журнал, сигнальные книги, книги судовой отчетности, денежный сундук и пр.; тем временем вода на корабле все прибывала, так как его переборки были далеко не исправны, и он садился носом. Стали свозить командные койки и чемоданы, затем команду и офицеров, наконец, съехали адмирал и командир, и лишь через семь часов после того, как корабль получил пробонну, и через три часа после того, как подошла „Африка“, „Гангут“, стоя на якоре в двух кабельтовых (около 400 метров) от подветренной 9-метровой банки, затонул на 30-метровой глубине».

Приведенные здесь примеры можно было бы дополнить многими описаниями аварий и гибели судов, вызванных отсутствием обеспечения их непотопляемости, т. е. свойства сохранять плавучесть и остойчивость, когда один или несколько отсеков будут заполнены водой. Однако только гибель столь крупного корабля, как «Виктория», заставила кораблестроителей различных стран заняться разрешением этого вопроса. И здесь не обошлось без исторических курьезов.

В английском флоте «задним числом» начали проверять правильность разделения корабля переборками и таким образом «обосновывать» непотопляемость вновь построенных кораблей. В 1898 г. главный строитель английского флота Вильям Уайт на собрании Общества корабельных инженеров доказывал, что непотопляемость новых судов типа «Мажестик» обеспечена полностью. В прениях по докладу Уайта адмирал Чарльз Бересфорд,

оценив опытным глазом моряка недостатки в принятом расположении переборок, сказал: «Мы будем тонуть на этих кораблях, а сэр В. Уайт будет объяснять, почему мы потонули». Действительность полностью подтвердила предсказание Бересфорда: в первом же бою при попытке прорыва через Дарданеллы летом 1915 г. «Мажестик» опрокинулся и затонул от минной пробоины.

В то же время в отделах хроники многочисленных иностранных судостроительных журналов в сообщениях о вновь заложенных кораблях после характеристики их назначения обычно писали: «Непотопляемость корабля вполне обеспечена подразделением его на 150—200 и даже более непроницаемых и независимых друг от друга отсеков и водоотливной системой, выбрасывающей 5000—8000 тонн воды в час».

По этому поводу ближайший ученик, неизменный сотрудник и друг Алексея Николаевича профессор Военно-морской академии Иван Григорьевич Бубнов писал: «... право, если взлелеянный инженерами идеал — быть в состоянии выкачивать каждой из 30 машин воду из любого из двухсот отделений — не был достигнут, то только вследствие практической невозможности установить достаточное число труб и клапанов для того, чтобы не выбросить из корпуса судна всю артиллерию, котлы и машину, получив таким образом идеальную непотопляемую коробку». И далее: «... условия аварии были весьма благоприятны для пострадавших судов: „Виктория“ была протаранена с малого хода, „Гангут“ получил пробоину, общей площадью не превосходящую 3—4 квадратных фута (приблизительно 0,4 кв. метра). Что же ждать в бою, где таранить будут умышленно без предосторожностей, мины будут делать пробоины в 150—200 квадратных футов (около 20 кв. метров), а может быть и больше? Ведь, возможно, что бой между такими судами обратится в гладиаторскую резню без победителей, а только с побежденными.

«Но в чем ошибка? Почему слово расходится с делом, чертеж — с его практическим выполнением, расчет — с фактом? Причина этого ясна — ошибочен принцип, положенный в основу дела, неверен принцип, оценивающий непотопляемость и живучесть судна числом непроницаемых отделений и количеством воды, выбрасываемой его водоотливными средствами».<sup>5</sup>

В этой «отповеди», направленной в адрес иностранных судостроителей и их русских почитателей, сформулированы общие позиции создателей современного учения о непотопляемости судов — С. О. Макарова, А. Н. Крылова и И. Г. Бубнова.

Основные принципы этого учения были предложены С. О. Макаровым. Во многих статьях, опубликованных в журнале «Мор-

---

<sup>5</sup> И. Г. Бубнов, О непотопляемости судов. Морской сборник, 1901, № 4, неофициальный отдел.

ской сборник» за 1870—1894 г., он впервые разработал средства, обеспечивающие сохранение боеспособности корабля после получения больших подводных пробоин, а в качестве основного метода выравнивания корабля рекомендовал затопление водой неповрежденных отсеков. Это не означает, что на корабле вовсе не надо иметь водоотливных средств. Наоборот, они весьма необходимы, но не для откачивания воды из отделения, получившего относительно большую пробоину, а из смежных с ним отсеков, переборки которых «пропускают» («фильтруют») воду вследствие небольших повреждений, например от осколков или в результате течи, вызванной сотрясениями при взрыве.

Для рационального спрямления корабля, обеспечивающего достижение необходимого эффекта принятием возможно меньшего количества воды при сохранении или даже повышении устойчивости судна, С. О. Макаров считал необходимым «заранее вычислить, какую перемену в крене и дифференте производит наполнение водою каждого из отделений».

Метод выполнения подобных расчетов в то время не был еще разработан, а сама теория непотопляемости как часть теории корабля, являющаяся базой для решения аварийных задач и локализации последствий аварий и боевых повреждений, не существовала. Заслуга создания современной теории непотопляемости принадлежит главным образом А. Н. Крылову, а также сотрудничавшему с ним И. Г. Бубнову. Алексей Николаевич с предельной ясностью сформулировал основные принципы учения о непотопляемости и разработал конкретные практические рекомендации по их осуществлению.

13 ноября 1901 г. капитан Крылов подал председателю Морского технического комитета рапорт, в котором указывал, «что спасение корабля от гибели при пробоинах должно основываться на своевременном и постепенном заполнении других отделений трюма, кроме поврежденных, и что для выбора надлежащих отсеков для затопления командиру полезно иметь таблицу, показывающую влияние такого затопления» (Архив АН СССР, ф. 759). Комитет в принципе одобрил предложение и поручил автору рапорта в виде примера составить указанную таблицу для одного из кораблей.

Составление таблиц непотопляемости потребовало от Алексея Николаевича обширного и систематического исследования, позднее вошедшего в новое издание курса «Теории корабля». Начав с определения изменения посадки и устойчивости судна при затоплении единичного отсека — «глухого» либо открытого сверху и сообщающегося с забортной водой, Крылов рассматривает затем затопление группы отделений и приводит расчетные формулы в этом наиболее сложном случае к такому виду, что вычисление основных элементов плавучести и устойчивости корабля сводится к простым арифметическим действиям над величинами, заранее



рассчитанными для различных отделений. Так называемая первая таблица Крылова и содержала все необходимые данные по каждому отдельному отсеку с одновременным указанием его расположения на корабле. Уделяя особое внимание обеспечению устойчивости поврежденного корабля, Алексей Николаевич ввел дополнительно вторую таблицу, позволяющую учесть наличие поврежденных в надводном борте и верхней или средней палубе.

2 января 1903 г. А. Н. Крылов представил (вместе с объяснительной запиской) первые таблицы непотопляемости, составленные им для броненосца «Петропавловск». При выполнении расчетов автор таблиц обратил внимание на ряд существенных недостатков в конструкции корпуса, в частности на ошибки, допущенные при разделении корабля на отсеки. В особом секретном рапорте Крылов докладывал, что если в диаметральной переборке кормового котельного отделения не будет сделана дверь, то при пробое в этом районе корабль неминуемо опрокинется; при открытой же двери броненосец останется на плаву и не только может быть выравнен, но и сохранит способность управляться.

Предложения Алексея Николаевича получили одобрительную оценку председателя Морского технического комитета, отметившего, что разработанные меры «для увеличения живучести корабля представляются настолько простыми и целесообразными, что желательно приступить к их осуществлению безотлагательно» (Архив АН СССР, ф. 759).

Однако тогдашний руководящий состав комитета (особенно главный инспектор кораблестроения генерал-лейтенант Кутейников) являл собой непревзойденный образец рутины и бюрократизма; чтобы не нарушать покоя некоторых «превосходительных» особ и канцелярских чинуш и чтобы не ломать старых «традиций» в кораблестроении, рапорт Алексея Николаевича положили под сукно. Не помог и опыт с моделью «Петропавловска», проведенный в судостроительном бассейне в присутствии «августейшей» особы и наглядно подтвердивший расчеты Крылова. Реакция «особы» на опрокидывание и потопление модели броненосца была лаконичной: «Это — очень интересно»; столь же эффективными были поступки ее приближенных. О рапорте Алексея Николаевича вспомнили лишь в 1904 г. при трагических для нашего флота обстоятельствах. «Что „Петропавловск“, Макаров погиб — голова пропала!» — такими словами старого боцмана одного из кораблей Тихоокеанского флота оценили матросы последний этап этой трагедии.

Не получая должной поддержки в Главной инспекции кораблестроения и наблюдая бессилие отдельных начальствующих лиц, понимавших необходимость проведения в жизнь предлагаемых им мероприятий, А. Н. Крылов широко пропагандирует свои идеи среди офицерского состава флота. В феврале 1903 г. он выступает в зале Морской библиотеки в Петербурге с дополнением

к докладу С. О. Макарова о непотопляемости кораблей. Несколько дней спустя он посылает Степану Осиповичу в Кронштадт (для зачтения после лекции Макарова) сообщение, в котором с предельной сжатостью и ясностью излагается учение о непотопляемости. Приводим его полный текст:

«16 февраля 1903 г.

«Ваше превосходительство, Степан Осипович!

«Вот формулировка того, как я понимаю вопрос о непотопляемости корабля.

«1. Часто говорят: „непотопляемость корабля обеспечивается подразделением трюма на отсеки“. Это выражение не точно. Непотопляемость обеспечивается запасом плавучести корабля. Запас же плавучести есть объем надводной части корабля, ограниченный верхнею из водонепроницаемых палуб. Подразделение трюма на отсеки есть одно из средств для использования запаса плавучести.

«2. Кроме плавучести, необходимо обеспечить и остойчивость корабля. Это возможно достигнуть соответствием подразделения надводных частей подразделению трюма и устройством надлежащей системы для выравнивания корабля затоплением отделений. Лишь такое выравнивание дает возможность использовать весь запас плавучести. Водоотливная система бессильна в борьбе с пробойной. При подразделении трюма надо руководствоваться расчетом, принцип для которого должен быть такой: чтобы плавучесть утрачивалась раньше остойчивости корабля, т. е. чтобы корабль тонул, не опрокидываясь.

«3. Всякое повреждение надводного борта влечет за собою соответствующее уменьшение запаса плавучести и остойчивости корабля. Желание обеспечить этот запас и в бою повело к изменению в системе бронирования судов. Прежде назначение брони видели в прикрытии машины, котлов и вообще жизненных частей корабля, об обеспечении запаса плавучести не заботились, считая для этого достаточным небронированного надводного борта, а может быть и ничего не считая. Развитие скорострельной артиллерии заставило изменить систему бронирования, рассматривая главное его назначение — обеспечить запас плавучести и остойчивости корабля.

«4. Естественное развитие первой системы бронирования вело к сосредоточению всех жизненных частей корабля в середине его и прикрытию этой части возможно толстою броней при возможно меньшей ее площади.

«5. Вторая система, наоборот, требует прикрытия возможно большей части борта броней повсюду одинаковой толщины или даже более толстою в оконечностях.

«6. Во многих случаях практики обе системы как бы соединяют, прикрывая среднюю часть корабля более толстою броней, остальной борт — броней повсюду одинаковой толщины.

«7. Всякая броня пробивается орудием надлежащего калибра в пределах определенных углов падения и дальности, отсюда является возможность уравнивания вероятности, имея перевес в артиллерии над более сильно бронированным противником, нанести ему такие же повреждения, как и ожидать от него. Таким образом, вопрос о борьбе брони и артиллерии может быть сведен к числовым расчетам, совершенно подобным тем, как расчеты эмеритальной кассы или иного страхового предприятия — вероятности и математического ожидания нанести и получить повреждение.

«8. Во всяком случае всякое рациональное бронирование должно быть в определенном соответствии с подразделением трюма на отсеки, а это последнее — с радиусом разрушения от минной пробоины.

«9. До сих пор при составлении проекта боевого корабля производят по большей части тот же расчет остойчивости, который имел значение для судов парусных, а при суждении о столь важном качестве, как живучесть или непотопляемость корабля, довольствуются не расчетами, точными и определенными, а общими соображениями, даже не подкрепляемыми числами, попросту говоря, разговорами. От этого и происходит, что на одних судах подразделение жилой палубы совершенно не соответствует подразделению трюма, что в трюме находятся рядом отделения в 8 куб. метров и 800 куб. метров объема, что диаметральной переборка в котельном отделении сделана без дверей, так что при ударе тараном посредине броненосец опрокинется раньше, нежели успеют подумать, что предпринять против его гибели. На других судах впали в противоположную крайность: совсем выкинули диаметральной переборку, как бы забыв, что это есть основная связь, основное ребро корабля. Все это происходит потому, что расчетам не верят, основных принципов для них не устанавливают, а тогда нет оценки и требований от боевого корабля.

«Не знаю, насколько вышеизложенное будет соответствовать содержанию вашей лекции, во всяком случае я буду находиться всецело в распоряжении Вашего превосходительства.

«С глубочайшим уважением и искреннею преданностью имею честь быть Вашего превосходительства

покорный слуга А. Крылов.

«Р. S. Прочтение вслух всего вышеизложенного требует времени 4 мин. 38 сек.

А. К.»

Последнее замечание Алексея Николаевича было вызвано тем, что Макаров просил его обеспечить хотя бы пятиминутное выступление.

С тех пор прошло более 60 лет, а принципы, сформулированные А. Н. Крыловым, остались неизблемыми и поныне:

1. Непотопляемость обеспечивается запасом плавучести корабля.

2. Подразделение корабля на отсеки должно быть таким, чтобы остойчивость сохранялась вплоть до полного использования запаса плавучести.

3. Восстановление боеспособности поврежденного корабля необходимо осуществлять путем затопления неповрежденных отделений, подобранных с помощью заранее составленных таблиц непотопляемости.

Защищая и пропагандируя эти принципы, Алексей Николаевич выступает еще в марте 1903 г. в Кронштадтском морском собрании с развернутым изложением своих взглядов в области непотопляемости кораблей. Лекцию на тему «Плавучесть и остойчивость корабля, имеющего пробоины» он начал так: «В библии, в книге Бытия приведена обстоятельная спецификация Ноева ковчега. Здесь сказано: построй себе ковчег из дерева гоффер и нимотри-клин, отделения сделай в ковчеге. Три жилья сделай в ковчеге — нижнее, среднее и верхнее жилье — и осмоли его изнутри и снаружи... Ковчег строился по непосредственным указаниям промысла Божия, следовательно, в нем было все „добро зело“, т. е. переборки были распределены правильно, ни палубы, ни переборки не текли, люки были прорезаны где надо и крепости ковчега не ослабляли. С тех пор прошло, по библейскому исчислению, 7410 лет, построено бесчисленное множество судов, но уже разумом человеческим. Поэтому на всех из них было и есть множество недостатков, нарушающих обеспечение основного качества корабля — его непотопляемости. Я и постараюсь изложить эти недостатки и меры к их устранению» (Архив АН СССР, ф. 759).

В сентябре 1903 г., будучи в Порт-Артуре, А. Н. Крылов передал в штаб командующего Тихоокеанским флотом несколько экземпляров таблиц непотопляемости, составленных им для броненосца «Петропавловск». Моряки порт-артурской эскадры по заслугам оценили этот вклад ученого и на ряде кораблей составили своими силами аналогичные таблицы, а также приняли рекомендованные Алексеем Николаевичем меры для обеспечения спрямления кораблей при повреждениях. В частности, такие мероприятия были проведены на броненосце «Орел» корабельным инженером Владимиром Полуектовичем Костенко (родным братом академиком М. П. Костенко) совместно с трюмным инженером-механиком Н. И. Румсом; в боевых действиях броненосца в 1904 г. эти меры полностью оправдали себя. Точно так же на торпедированном

в бою броненосце «Цесаревич» трюмный инженер-механик Федоров, используя таблицы непотопляемости, затопил бортовые отсеки, противоположные поврежденным, и этим предупредил неминуемую гибель корабля.

Вернемся, однако, к отношению Морского технического комитета к предложениям А. Н. Крылова.

Более года отмалчивался главный инспектор кораблестроения. После неоднократных рапортов и настоятельных требований Алексея Николаевича вместо принятия поддержанного всем флотом предложения Кутейников 28 февраля 1904 г. составил отзыв, в котором обвинял Крылова в ошибках, якобы допущенных им при расчете таблиц непотопляемости «Петропавловска»: автор таблиц предполагает прямую пропорциональность восстанавливающего момента углу крена корабля, нарушаемую при больших накренениях; как следствие этой же «ошибки» нарушается и принцип наложения результатов затопления отдельных отсеков при оценке последствий их совместного затопления.

Ответ А. Н. Крылова сохранил всю поучительность и остроту применительно к любой области техники и по настоящее время: «Очевидно, что расчеты не точны. Но слова не точны не равносильны словам не пригодны для дела... Во многих случаях точные формулы по их сложности не применимы для вычислений, а излишняя точность усложняет вычисления и вредит делу.

«Первое правило всяких вычислений состоит в том, чтобы точность результатов, ими доставляемых, соответствовала той практической потребности, для которой вычисления производятся» (Архив АН СССР, ф. 759).

Объяснения по отзыву Кутейникова Алексей Николаевич дал председателю Морского технического комитета 31 марта 1904 г., т. е. в тот именно день, когда от японской мины, вызвавшей взрыв боезапаса, погиб «Петропавловск» и с ним командующий Тихоокеанским флотом вице-адмирал С. О. Макаров. Детальные обстоятельства гибели броненосца не были еще известны комитету и 7 апреля 1904 г., когда Крылов выступил на расширенном заседании (с участием командиров и старших офицеров кораблей) с подробным докладом о таблицах непотопляемости и предлагаемых им мерах обеспечения живучести кораблей.

«„Петропавловск“ погиб от взрыва, не только потонув, но и опрокинувшись, — докладывал Алексей Николаевич. — Остались „Полтава“, „Севастополь“, „Рюрик“, несущие в себе, подобно „Петропавловску“, в виде диаметральной переборки без дверей или с малой дверью при крупном подразделении надводной части залог своей гибели.

«Надо ли ждать заключения главного инспектора кораблестроения или немедленно рубить ненужные переборки? Надо ли ждать возвращения флота с войны или теперь же приступить

к увеличению боевой жизнеспособности судов применением предлагавшихся мною мер?

«Продолжать ли обсуждение о моих таблицах или приступить к их составлению и снабжать ими уходящие суда? При будущем кораблестроении оставить ли по-прежнему живучесть на последнем плане или поставить на первый и установить как общее правило выражаемый мною принцип? Вот те вопросы, которые вам надо решить, и, как мне кажется, решить сегодня же».

Свой доклад А. Н. Крылов, как отмечается в протоколе совещания, прочел «в приподнятом тоне и с резким подчеркиванием» и закончил обращением к присутствовавшим: «Я решил бороться по мере своих сил, ибо считаю непотопляемость корабля первейшим его качеством и верю, что в этой борьбе с рутинной вы, господа адмиралы, господа командиры, господа офицеры, поддержите меня вашей властью, вашим авторитетом, вашим словом».

Реакция начальства на доклад Алексея Николаевича была незамедлительной: приказом управляющего Морским министерством на основании статей 1-й и 63-й книги 17-й Свода морских постановлений «Заведующему Опытным судостроительным бассейном подполковнику по адмиралтейству Крылову, в служебном докладе употребившему по отношению главного инспектора кораблестроения, генерал-лейтенанта Кутейникова выражения и тон, противные дисциплине и правилам воинского чинопочитания», был объявлен выговор.

Прошло еще четыре года упорной борьбы с высокопоставленными чиновниками Морского ведомства, и идеи А. Н. Крылова полностью восторжествовали. Противник, вооруженный тремя «от» — «отмолчаться», «отписаться» и «отказать», — вынужден был отступить. 1 января 1908 г. Крылов был назначен главным инспектором кораблестроения, а в сентябре 1908 г. — председателем Морского технического комитета.

Вспоминая обстановку старых канцелярий и деяния всяческих чинуш, Алексей Николаевич писал А. Ф. Иоффе в декабре 1939 г.: «Дорогой Абрам Федорович! Борьба с канцелярской волокитой ведется со времени изобретения финикийцами азбуки и, судя по целым горам покрытых клинописью кирпичиков, процветала при Навуходоносере и прочих царях Вавилонских, чтобы закончить отчетность при постройке башни „смещения языков“. Причина ясна. Если, например, составить финансовый отчет на одной страничке, то всякий в нем разберется и скрыть то, чего посторонним знать не надо — трудно, а если написать 10 книг формата 100 × 100 см по 1000 страниц каждая, то легко всякое дело так запутать, что никто ничего разобрать не сможет, особенно в таких числах, как 101983787 рублей 27 коп., распределенных на 10000 страниц по 50 пунктам на страницу. Петр канцелярских волокитчиков приковывал „на цепь“, „рвал ноздри до кости“,

ссылал на галеры и ничего поделывать не мог — нажил же Меншиков „безгрешными“ доходами при тогдашних ценах десятки миллионов, а сколько еще народу кормилось крохами „с его стола“? . . .

«В старину была поговорка „казенные деньги, что ком масла; когда его из рук в руки передают, ком не уменьшается и руки становятся масляными“. Вот он где истинный-то закон сохранения материи, не отсюда ли его взял Lavoisier, недаром он был откупщиком».

«Вероятно, в канцелярии Академии Наук или в Архиве (вопреки правил) хранится среди дел неоконченных начатое еще по распоряжению М. М. Сперанского под семинарско-чиновничьим заголовком „Дело о ноценции излишней канцелярской переписки и об изыскании мер к устранению оной, а также соответствующем сокращении штатов».

«В словаре Ив. Кронеберга (1819 г.) значится „nocentia — вредительность“. Чиновники и рассудили: „ноценция“-то пусть будет „ноценцией“, а вот „сокращение штатов“ — это гамлетовская заковыка: „чи быть, чи не быть“ — недолго и „за штатом остаться“. „Изыскание мер“ — значит на сей предмет надо комиссию образовывать. Кто ж в ней работать-то будет? Надо возбудить ходатайство об учреждении при этой комиссии „временных“ должностей: писцов, регистраторов, секретарей. Такое ходатайство ввиду „важности и неотложности“ дела обыкновенно „уважалось“, а дело о „ноценции“ и по сие время не окончено, и едва ли когда-нибудь будет окончено, ибо, как уже сказано, „и цыпленки хотят жить“».

В числе средств, которыми искусно пользовался Алексей Николаевич против недобросовестных противников или лиц, не по разуму занимавших свое служебное положение, юмор был не последним оружием. Наряду с убедительностью теоретических доказательств и подкреплением их экспериментальными исследованиями и данными, взятыми из живой практики, юмор помогал уничтожающе разоблачать тех, кто своими «деяниями» мешал прогрессу науки и техники.

Вступив на должность главного инспектора кораблестроения и председателя Морского технического комитета, генерал-майор А. Н. Крылов повел жестокую борьбу с канцелярской волокитой, беспощадно увольняя упрямых сторонников рутины и застоя и поощряя тех, кто не боялся полета смелой творческой мысли. С тех пор им введены на флоте крупные технические новшества, и поныне обеспечивающие боеспособность и живучесть наших кораблей.

«Ваш превосходный „Марат“ с честью несет социалистическую вахту в течение 18 лет. Этим приветствием товарища Ворошилова линейному кораблю „Марат“, — писал впоследствии А. Н. Крылов, — этими словами я имею основание гордиться и считать, что данное мною в 1908 г. обещание (построить корабли, которые воз-

можно дольше останутся боеспособными и мощными, — И. Х.) исполнено».<sup>6</sup>

В 1926 г. таблицы непотопляемости Крылова были приняты повсеместно на кораблях английского, а затем и немецкого флота. Вместе с тем получили мировое признание заслуги отечественной кораблестроительной науки, создавшей в трудах С. О. Макарова, А. Н. Крылова и И. Г. Бубнова современное учение о непотопляемости кораблей.

В своих официальных выступлениях Крылов называл адмирала Макарова «истинным основателем учения о непотопляемости судов», скромно признавая за собой только развитие и дальнейшую разработку соответствующих идей. Известно, что еще в 1870 г., анализируя обстоятельства аварии двухбашенной броненосной лодки «Русалка», мичман Макаров предложил ряд мер по обеспечению живучести судов, справедливо считая ее одним из важнейших качеств корабля.<sup>7</sup>

«Часть мер, — писал позднее А. Н. Крылов, — была принята и осуществлена, но самая важная — выравнивание корабля затоплением неповрежденных отделений — показалась Морскому техническому комитету столь великой ересью, что понадобилось 35 лет, гибель Макарова, Цусима, назначение меня в 1908 году на пост главного инспектора кораблестроения и председателя Морского технического комитета, потребовалась рассылка в „синих конвертах“ писем за моей подписью нескольким превосходятельным особам (в таких конвертах рассылались предупреждения о предстоящем ближайшим приказом увольнения получателя от службы, — И. Х.), чтобы убедились в справедливости, практической важности и осуществимости идей двадцатидвухлетнего мичмана Макарова».

Идеи С. О. Макарова продолжали бы еще долго оставаться без всякого применения, если бы под них не была подведена строгая научная база, позволяющая заблаговременно вычислить последствия возможных аварий и наметить рациональные варианты затопления отсеков, соответствующие конкретным случаям повреждения корабля.

В 1933 г. по инициативе и при непосредственном участии Алексея Николаевича таблицы непотопляемости были развиты и дополнены боевыми таблицами. В них содержатся готовые решения для наиболее вероятных и значительных повреждений: в левой

---

<sup>6</sup> Линейные корабли, спроектированные и построенные под непосредственным руководством А. Н. Крылова, отличались не только эффективным обеспечением непотопляемости, но и рациональной системой набора корпуса, относительно сильной броневой защитой, установкой первых в мире (1908 г.) трехорудийных башен главного калибра и мн. др.

<sup>7</sup> С. О. Макаров. Броненосная лодка «Русалка» (исследование плавучести лодки и средства, предлагаемые для усиления этого качества). Морской сборник, 1870, №№ 3, 5 и 6. Тогда термин «непотопляемость» еще не был введен Макаровым, поэтому в подзаголовке статьи в этом новом понимании употреблено слово «плавучесть».



части каждой боевой таблицы перечислены отделения, заполненные водой в результате повреждения корабля, и даны необходимые сведения по этим отсекам, в правой — содержатся два-три рекомендуемых варианта затопления спрямляющих отделений и приведены результаты таких спрямлений. Подобные таблицы явились отличным подспорьем для личного состава кораблей в борьбе за живучесть и в их повседневной подготовке к ней. Однако боевые таблицы — не панацея от всех бед. Обеспечение непотопляемости корабля путем затопления неповрежденных отделений полностью базируется на возможности использования запаса плавучести и остойчивости корабля, в свою очередь зависящего от целостности и непроницаемости надводного борта и рационального разделения водонепроницаемого надводного объема на отсеки.

К чему приводит нарушение этого принципа в условиях пассажирского судна, можно судить на примере гибели трансатлантического трехвинтового парохода «Титаник» (водоизмещением 52 000 т), затонувшего в Атлантическом океане 15 апреля 1912 г. после столкновения с айсбергом.

14 апреля в 23 ч. 40 м. вахтенный на формарсе ударил в гонг и крикнул на мостик: «Ледяная гора прямо по носу!». Вахтенный помощник капитана немедленно дал приказание застопорить машины и отработать назад. Однако по инерции корабль, имевший до этого ход в 22 узла (около 40 км в час), не смог остановиться и вскользь ударился о подводный выступ ледяной горы. Удар был настолько ослабленным, что пассажиры не ощутили даже толчка.

Немедленный и детальный осмотр показал, что «Титаник» получил длинную пробоину, простиравшуюся от носа до первого котельного отделения, в которое, как видно из доклада старшего кочегара, вода била «тонкой, как из брандспойта, струей». Носовые трюмы также получили небольшие пробоины и заполнялись водой свыше часа. Судно садилось носом: носовая часть нижней палубы постепенно уходила под воду, которая затем через открытые или плохо задраенные люки залила междупалубное пространство; последнее для «удобства пассажиров» не имело водонепроницаемых переборок. Отсюда вода полилась в носовое котельное отделение уже каскадом. Положение корабля стало безнадежным, и капитан отдал приказание женщинам и детям выйти на шлюпочную палубу и занять места в шлюпках, которые затем были спущены на воду.

Дальнейшие обстоятельства гибели «Титаника» освещены в письме очевидца, помещенном в «Times» 20 апреля 1912 г. и приведенном в выдержках.

«Было около часа ночи. Море было спокойное, как пруд, и шлюпку, на которой я находился, лишь слегка покачивало на зыби. Издали „Титаник“, выделяясь на ясном звездном небе, казался громадным; все иллюминаторы и окна в салонах блестели ярким

светом, нельзя было и подумать, что было что-то неладное с таким левиафаном, если бы не было заметного наклона на нос, где вода доходила до нижнего ряда иллюминаторов. Около двух часов ночи мы заметили, что наклон на нос быстро увеличивался и мостик целиком погрузился в воду. Пароход медленно поднимался кормой вертикально вверх, причем внезапно свет в салонах исчез, затем на несколько мгновений опять блеснул, после чего исчез совсем. В то же время послышался грохот, который можно было слышать за мили: это котлы и механизмы сорвались со своих мест; это был самый роковой звук, когда-либо слышимый среди океана. Но это еще не был конец... В течение нескольких минут „Титаник“ подобно башне высотой около 50 метров стоял почти вертикально над уровнем моря, выделяясь черным на ясном небе. Затем, погружаясь наискосок, он медленно исчез под воду. Тогда мы услышали самый страшный вопль, который когда-либо достигал уха человека, — это были крики сотен наших сотоварищей, борющихся со смертью в ледяной воде и призывавших на помощь, которую мы не могли им оказать, так как наша шлюпка была уже загружена полностью».

Для выяснения обстоятельств и причин гибели судна был назначен аварийный суд в Лондоне, который после 36 заседаний вынес решение: «Суд, расследовав подробно обстоятельства крушения означенного судна, нашел, как это выяснено в приложении к сему, что гибель означенного корабля произошла от столкновения с ледяною горою, вызванного чрезмерной скоростью, с которой вели корабль».<sup>8</sup>

Заключая этот рассказ в статье «Гибель „Титаника“», академик Крылов писал: «Таким образом, вся вина целиком свалена на капитана, доблестно погибшего на своем посту, о самих же конструктивных недостатках, повлекших за собою его гибель при сравнительно небольшом повреждении, в постановлении суда не упомянуто ни единым словом».

Последующее развитие учения о непотопляемости обязано работам самого Алексея Николаевича, написанным в наиболее плодотворный — советский — период его деятельности, и трудам его учеников, предложившим новые решения задач непотопляемости. В частности, в статье «Определение положения равновесия корабля, имеющего пробоину», опубликованной в 1938 г., А. Н. Крылов предлагает весьма общий и строгий способ отыскания всех характеристик произвольного равновесного положения судна, ос-

---

<sup>8</sup> В решении суда ничего не говорилось ни о нарушении при проектировании и постройке «Титаника» элементарных требований непотопляемости (поперечные водонепроницаемые переборки не были доведены до верхней палубы, не обеспечена водонепроницаемость палубных люков и т. п.), ни о том, что с целью завоевания «Голубой ленты Атлантики» президент компании, которой принадлежал «Титаник», требовал от капитана идти с повышенной скоростью даже в опасной зоне айсбергов.

нованный на методе последовательных приближений. В работе даны все указания, необходимые для широкого практического использования этого способа.

Методы исследования непотопляемости, предложенные А. Н. Крыловым и И. Г. Бубновым, рассматривают явление только статически, не затрагивая вопроса о наибольших изменениях посадки, которые корабль получит прежде, чем примет равновесное положение, отвечающее повреждению. Вместе с тем именно эти наибольшие динамические изменения углублений (носом и кормой) и угла крена, зависящие от скорости затопления водой поврежденных отделений, могут оказаться губительными для корабля, следовательно, знание их во многих случаях необходимо для правильного суждения о степени опасности повреждений.

Одному из ближайших учеников и соратников Алексея Николаевича, академику Ю. А. Шиманскому принадлежит заслуга создания в 1930 г. нового, относительно простого метода исследования непотопляемости, разработанного им с учетом влияния времени затопления отсеков корабля на наибольшие изменения его посадки. Как и другие работы школы академика Крылова, появление указанного труда было вызвано необходимостью решения практических задач строительства Военно-Морского Флота нашей Родины.

В 1940 г. профессор Василий Григорьевич Власов разработал оригинальный метод построения диаграммы статической устойчивости поврежденного корабля, получивший широкое распространение в практике конструкторских бюро.

Как известно, таблицы непотопляемости основываются на учете количества, размеров и расположения затопленных отсеков. В пост живучести, принимающий решение о затоплении спрямляющих отделений (группы отсеков), необходимая информация поступает от личного состава по соответствующим средствам связи и сообщается автоматической системой сигнализации. В. Г. Власов предложил новый тип таблиц, для которых входными данными являются величины аварийного крена. При этом до принятия решения о выравнивании корабля в качестве первого этапа спрямления выполняется затопление одного из относительно небольших пробных отсеков, результаты которого используются для оценки устойчивости корабля в поврежденном состоянии. Реализация варианта решения о спрямлении судна также выполняется отдельными «порциями», но при соответственно больших размерах затопляемых отделений. При этом ведется систематический контроль устойчивости по результатам парциальных затоплений. Новый метод исключает возможность перекаренения корабля при его выравнивании и обеспечивает систематическую информацию о его устойчивости.

Об отношении А. Н. Крылова к принципиально новому предложению В. Г. Власова убедительно свидетельствует следующий

факт. Через два дня после обсуждения вопроса на научно-техническом совещании Алексей Николаевич предложил нашей промышленности простой прибор для определения аварийного угла крена (или дифферента), знание которого необходимо для вхождения в новые таблицы непотопляемости и последующего контроля устойчивости в процессе выравнивания корабля. На этом примере видна высокая объективность суждений Крылова: создатель «старых» таблиц непотопляемости не только не возражал против реализации и практической проверки новой творческой мысли (хотя, откровенно говоря, здесь можно было выдвинуть ряд обоснованных возражений), но не считал для себя зазорным помочь делу созданием прибора, без которого использование таблиц Власова не представлялось возможным.

Труды А. Н. Крылова и его школы в области теории непотопляемости находят самое широкое применение в судостроительной промышленности и морском флоте, обеспечивая и поныне боеспособность и живучесть наших кораблей, транспортных и технических судов.

Изложенным не исчерпываются заслуги Алексея Николаевича в той области корабельной науки, которая связана с решением статических задач теории корабля.

В начале главы уже была дана краткая характеристика курса теории корабля, созданного академиком Крыловым. Как бы желая подчеркнуть, что вся его жизнь была посвящена воспитанию молодых кадров флота, Алексей Николаевич принес последнее издание «Теории корабля» в дар Высшему военно-морскому инженерному ордену Ленина училищу имени Ф. Э. Дзержинского. Эта книга включена в «Собрание трудов академика А. Н. Крылова» и определяет основное содержание (около 75%) первой части IX тома. Курс «Теория корабля» состоит из обширного введения и двух глав, одна из которых посвящена плавучести, другая — устойчивости и непотопляемости корабля.

Будущему корабельному инженеру весьма важно владеть в совершенстве методами определения площадей произвольных замкнутых плоских фигур, объемов тел любой формы, нахождения положения их центров тяжести и вычисления других интегральных характеристик, с помощью которых оцениваются мореходные качества корабля. Схемы соответствующих расчетов и таблицы, в которых их удобно выполнять, во всех деталях разработаны во введении к книге. Там же даны описания и изложена теория интегрирующих приборов (планиметра, интегратора и интеграфа). Отметим две особенности этой части книги. Ее автор впервые ввел в кораблестроительные расчеты формулу П. Л. Чебышева, позволяющую значительно уменьшить объем вычислений и повысить их точность. Единственное «усложнение», которое при этом возникает, связано с необходимостью снять с чертежа соответствующие линейные размеры (ординаты) не на равных расстояниях друг от

друга, а в местах, вычисленных П. Л. Чебышевым из условия получения наименьшей ошибки результата при заданном числе ординат. Построение «Чебышевского корпуса», представляющего собой чертеж, на котором нанесены поперечные сечения судовой поверхности, отвечающие чебышевским абсциссам, можно сказать, сторицею оправдывает себя, особенно при расчетах остойчивости и непотопляемости.

Необходимость в подобном существенном упрощении судостроительных вычислений остро ощущалась в различных флотах. В частности, в этом направлении работал и японский профессор Йокота. В заметке «По поводу статьи „Новые формулы для нахождения статических моментов и моментов инерции площадей“» А. Н. Крылов показал, что «формула Йокота» является одной из многих частных зависимостей, вытекающих из общей формулы П. Л. Чебышева, и отличается от последней тем, что обладает пониженной точностью, а из-за ошибок, которые допустил Йокота при ее написании, просто неверна. Свою заметку Алексей Николаевич заключил следующими словами: «Я не потому вошел во все эти подробности, что формулы Йокота имели бы значение в кораблестроительных расчетах — ими пользоваться не будут, а для того, чтобы предостеречь от имеющейся привычки считать все, что носит заграничный штамп, за непреложную истину и открытие, а это далеко не всегда правильно».

Чтобы оттенить другую особенность рассматриваемого труда А. Н. Крылова, поднявшую на новую, более высокую ступень саму культуру кораблестроительных расчетов, возвратимся несколько к истории вопроса.

Чтение курса теории корабля в Военно-морской академии Алексей Николаевич начал в конце 1892 г.; при рецензировании практических работ слушателей он сразу же подметил у них пагубную привычку производить вычисления с непомерным числом значащих цифр, из которых до 75% были неверными и для практических целей ненужными. Речь здесь идет, конечно, не об ошибках, которые могли бы свидетельствовать о плохом усвоении таблицы умножения и общеизвестных арифметических правил. Беда заключается в беспрекословном, но вместе с тем бессознательном выполнении этих положений, при котором создается лишь видимость точности результата, не отвечающая действительному положению дела и достигаемая избыточной и напрасной тратой труда.

Поясним сказанное на простейшем примере вычисления площади прямоугольника, стороны которого по результатам измерения оказались равными 25.1 и 36.8 мм соответственно. В этом случае слушатели записывали ответ «по Малинину и Буренину» в виде  $25.1 \times 36.8 = 923.68 \text{ мм}^2$ . Однако измерения были произведены с абсолютной погрешностью в 0.1 мм, отвечающей точности хорошей измерительной линейки при натренированном глазе на-

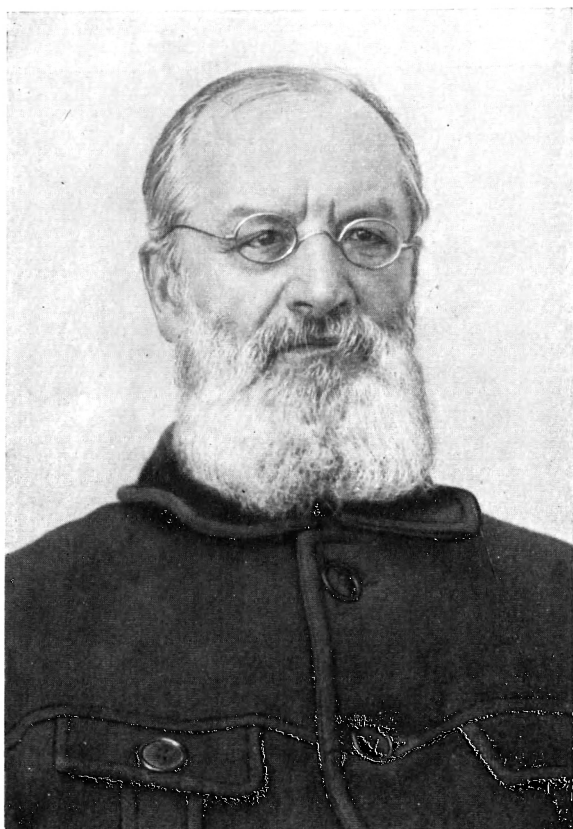
блюдателя. Таким образом, объективно можно было гарантировать, что действительные длины сторон прямоугольника заключаются между числами 25.0 и 25.2 мм — для одной из них и между 36.7 и 36.9 мм — для другой. Соответствующие граничные значения искомой площади оказываются равными 917 и 930 мм<sup>2</sup>. Ясно, что в этих условиях выписывать ответ с пятью значащими цифрами, т. е. 923.68 мм<sup>2</sup>, в то время как вторая из них может оказаться ошибочной, а третья цифра не оправдана точностью и сходных данных, значит, попросту говоря, обманывать себя, затрачивая при этом рабочее время непроизводительно.

Еще разительнее указанный недостаток проявляется при возвышении ординат, например, в третью степень (подобная операция необходима при оценке остойчивости судна). Алексей Николаевич приводит в своем курсе следующий пример: пусть истинное значение ординаты составляет 27.37, а с чертежа снято приближенно 27.35. Соответствующая относительная погрешность равна  $\frac{27.37 - 27.35}{27.37} \cdot 100\% = 0.1\%$ . Как легко показать, при возвышении

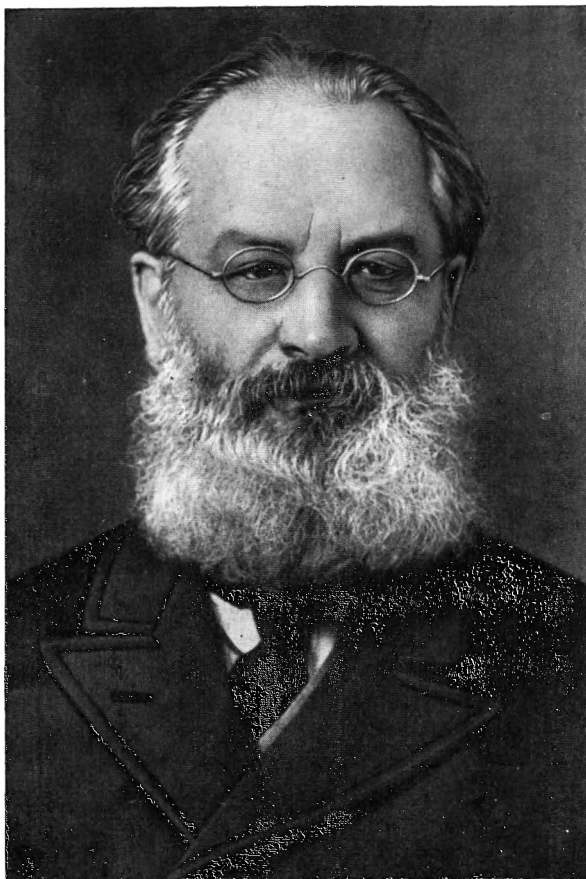
в куб относительная погрешность утраивается. Следовательно, выписывать из справочных таблиц или получать непосредственным умножением результат в виде  $27.35^3 = 20458.415375$  без учета того, что его абсолютная погрешность составляет  $0.3\% \cdot 20000 = 60$ , значит снова затрачивать труд на получение и выписывание лишних цифр, с лихвой покрываемых неточностью результата. Из одиннадцати цифр оправданными являются лишь первые три: в этом случае искомое число следовало записать в виде  $205 \cdot 10^2$ , подчеркивая последней цифрой (5) абсолютную погрешность результата, равную единице последнего написанного знака.

Заключая рассмотрение подобных примеров, А. Н. Крылов формулирует два общих правила: «1) Точность данных и точность результата должны быть сообразованы с тою практической потребностью, для которой вычисление производится. 2) При вычислениях с приближенными числами надо в каждом из них удерживать то число значащих цифр, которое необходимо для получения результата требуемой точности, помня, что всякая лишняя цифра лишь влечет к бесполезной затрате труда и времени».

Вопреки этому, как и большинство корабельных инженеров того времени, слушатели академии и курсанты училищ выполняли основные расчеты по громоздким и сложным схемам, не отдавая себе отчета ни в том, какая точность им нужна, ни в том, какой точности они в действительности достигают. «Этот первородный грех, — писал П. Ф. Папкович, — всех основных кораблестроительных вычислений и исправил А. Н. Крылов в своих самых ранних работах по теории корабля, и сделал это так, что его вклад в теорию корабля можно без всякого преувеличения признать сделанным раз и навсегда. Его можно уподобить подведению проч-



Академик А. Н. Крылов (1920 г.).



А. Н. Крылов в последний год пребывания в научной командировке за границей (1927 г.).



ного фундамента под все здание кораблестроительных вычислений».

Уже в первом издании курса «Теории корабля» Алексей Николаевич предпосылает учению о плавучести и остойчивости краткое введение о приближенных формулах квадратур (т. е. определения интегралов — площадей, объемов, статических моментов и т. п.) и о точности вычислений, которое вследствие большой важности вопроса затем перерастает в классические «Лекции о приближенных вычислениях», выдержавшие несколько изданий. В этом замечательном труде круг задач, относящихся к приближенным вычислениям, расширен и углублен настолько, что он стал настольной книгой для специалистов, работающих в различных областях техники и естествознания.

Какое значение А. Н. Крылов придавал выполнению правил приближенных вычислений и обучению нашей молодежи «умению вычислять», можно судить по его последнему публичному выступлению 1 октября 1945 г. перед строем курсантов Высшего военно-морского инженерного ордена Ленина училища имени Ф. Э. Дзержинского. В училище дежурный офицер встретил А. Н. Крылова рапортом. Стоявший у знамени курсант отдал Алексею Николаевичу уставной салют. В ответ на эти почести Крылов заметил мне: «Встречают, как архиерея», а на мою реплику — «Нет, как адмирала корабельной науки» — сказал: «Похоже и на это». Обойдя вместе с начальником военно-морских учебных заведений адмиралом Георгием Андреевичем Степановым фронт курсантов, А. Н. Крылов поднялся затем на импровизированную трибуну и в связи с началом учебного года выступил с речью: «Дорогие товарищи курсанты! Великий Ленин пришел на третий съезд комсомола и обратился ко всей нашей молодежи с призывом: учиться, учиться и учиться. Что я могу добавить к этим золотым словам? Учитесь работать, учитесь руководить, учитесь воспитывать подчиненных вам людей. Училище даст вам знания, жизнь потребует от вас умения применять их на практике: умения пользоваться различными приборами и инструментами, умения направлять работу других, умения вычислять».

И далее в этой необычной аудитории — во дворе училища перед строем — была прочитана самая короткая лекция по приближенным вычислениям: «Помните, что каждая неверная цифра — это ошибка, всякая лишняя цифра — это пол-ошибки. Так, например, с теоретического чертежа вы снимаете ординату ватерлинии с точностью до четырех значащих цифр, скажем 12.37, а затем для определения момента инерции возвышаете ее в куб и выписываете все 10 цифр, то знайте, что уже четвертый из найденных вами знаков является неверным».

Свое выступление Алексей Николаевич закончил памятными словами: «Я отдал флоту 65 лет своей жизни, и если бы я располагал еще такой же жизнью, то и ее я отдал бы до конца люби-

тому морскому делу. Пожелаю же вам, дорогие товарищи курсанты, наилучших успехов на выбранном вами поприще».

Возвратимся, однако, к краткому изложению содержания всего труда «Теория корабля». После обстоятельного введения, подготавливающего читателя к сознательному выполнению приближенных вычислений, А. Н. Крылов излагает современное учение о плавучести, остойчивости и непотопляемости, в преобладающей степени обязанное его собственным исследованиям. Здесь, в частности, читатель найдет оригинальный способ определения остойчивости при больших наклонениях судна, детальную разработку вопроса о влиянии затопления отделений на крен, дифферент и остойчивость корабля (затопленное отделение сверху закрыто и заполнено водой целиком, отделение сверху открыто, но с забортной водой не сообщается, наконец, затопленное отделение имеет постоянное сообщение с забортной водой), расчет одновременного затопления нескольких отделений, таблицы непотопляемости эскадренного броненосца «Петропавловск» и правила пользования ими. Все это изложено без какого-либо излишества в выкладках, которые ясно воспринимаются читателем вследствие их исключительной убедительности и логичности. Содержание книги иллюстрируется многими примерами, которые Алексей Николаевич вслед за Ньютоном считал «не менее поучительными, нежели правила». При этом он воспроизводит не только существо события, но и детали обстановки, позволяющие запомнить многие факты из истории флота в образной интерпретации. Цель всех примеров — показать обучающемуся связь между аналитическим исследованием и реальной действительностью с наибольшей полнотой.

Именно такое отношение к хорошо отобранным примерам, как одному из убедительных средств познания действительности и иллюстрации ее общих закономерностей, помогло академику Крылову выйти из весьма затруднительного положения и прочитать курс «Теории корабля» группе слушателей, математические познания которых ограничивались знакомством с первыми тремя арифметическими действиями над целыми числами, не превышающими 100. Один из таких слушателей, участник штурма Зимнего дворца в октябре 1917 г., а затем первый советский редактор журнала «Морской сборник», С. П. Лукашевич, рассказывал по этому поводу следующее. В ноябре 1919 г. группа матросов была направлена в Военно-морскую академию для повышения своего образования. Здесь они и встретились с А. Н. Крыловым, который в июле 1919 г. вступил в обязанности начальника академии после избрания его на эту должность конференцией Военно-морской академии и утверждения выборов Военно-морским комиссариатом.

Слушатели пришли в академию прямо с кораблей и из матросских отрядов, участвовавших в боевых операциях: все в бушлатах и бескозырках, кое-кто — с пулеметными лентами через плечо. Алексей Николаевич задал аудитории свой первый, оказавшийся

наивным вопросом: «Знаете ли вы дифференциальное и интегральное исчисление?». Гробовое молчание и насупившиеся лица матросов служили ответом. Тогда последовал другой: «Знакомы ли вы с алгеброй или тригонометрией?». Отдельные реплики аудитории («А с чем их едят?», «Нам бы с арифметикой совладать!») красноречиво свидетельствовали о том, что и на подобную опору лектор рассчитывать не может. Крылов задал свой последний вопрос: «Знаете ли вы четыре арифметических действия?». Получив разнообразные ответы («Первые два», «первые три действия», «Немного все четыре действия, но спотыкаемся на делении»), Крылов приступил тут же к чтению первого и единственного в истории военно-морских учебных заведений курса «Теории корабля», проведенного в подобных условиях. Впоследствии содержание этого курса, излагающего основные сведения, «необходимые для всякого моряка», и главные выводы теории корабля, «не прибегая к математическому их обоснованию», было издано отдельной брошюрой в «Библиотеке комсфлота» и включено в первую часть IX тома «Собрания трудов академика А. Н. Крылова» как образец мастерского изложения сложных вопросов простейшими и вместе с тем убедительными средствами.

Академику Крылову принадлежит также заслуга создания теории судоподъема, т. е. нового раздела теории корабля, объектом которого является затонувшее судно. «Предметом статьи судоподъема, — писал Алексей Николаевич, — служит рассмотрение и исследование возникающих при составлении проектов судоподъемных работ вопросов об определении положений равновесия корабля в разных стадиях его подъема и исследование остойчивости корабля в этих положениях. Такое теоретическое исследование необходимо для обоснования проекта и обеспечения безопасности и успеха работы».

Возникновение этой новой области технического знания связано со следующим событием: 7 (20) октября 1916 г. в Севастопольской бухте погиб от пожара и взрыва погребов боезапаса линейный корабль «Императрица Мария». А. Н. Крылов назначается в состав следственной комиссии, изучает обстоятельства аварии на месте и от лица комиссии составляет детальное заключение с анализом вероятных причин, которые могли привести к столь трагическому обстоятельству — выходу из строя одного из сильнейших кораблей флота в период напряженных военных действий. После возвращения из Севастополя в ноябре 1916 г. Алексей Николаевич возглавляет комиссию Морского технического комитета по разработке мероприятий для подъема «Императрицы Марии». В специальной записке он подробно излагает основные соображения о проведении этой операции, уделив особое внимание исследованию остойчивости затонувшего судна в процессе всплытия и методам приведения корабля в прямое положение, поскольку после затопления линкор лежал на грунте днищем вверх. Это было первое

в мировой практике сочинение по теории судоподъема. В более позднем труде, опубликованном наряду с другими статьями по рассматриваемому вопросу в сборнике «Судоподъем», систематически издававшемся Экспедицией подъемных работ особого назначения (Эпрон), академик Крылов предлагает общую теорию судоподъема, осуществляемого продутыми понтонами, скрепленными с затонувшим судном намертво, причем результаты исследования относятся и к столь сложному случаю, когда корабль при всплытии может приобретать значительный дифферент.

«Может представиться, — писал А. Н. Крылов, — что насколько сложен анализ и вывод общих формул, то настолько же сложно будет и их приложение к определению положения равновесия корабля и исследованию его остойчивости. На самом же деле это далеко не так, ибо для расчетов нужны не выводы, а окончательные формулы». Чтобы убедить в этом читателя, Алексей Николаевич приводит сводку формул и численный пример их практического приложения.

Учет влияния силы присоса затонувшего судна к грунту, которая мгновенно исчезает в момент отрыва днища, потребовал от автора теории судоподъема рассмотрения динамических сторон процесса. К ним относятся колебательное движение корабля при всплытии, наличие силы сопротивления воды, оказывающей влияние и на остойчивость корабля, стремительность выхода поднимаемого корабля на поверхность, вызванная действием воздуха, вырывающегося из понтонов, и др. Применение разработанной А. Н. Крыловым теории иллюстрируется им на примере подъема в 1939 г. носовой части судна «Патагония», потопленного торпедой близ Одессы в 1915 г. и переломившегося пополам.

Аварийно-спасательное управление Военно-Морского Флота, продолжая славные традиции Эпрона, практически полностью освободило глубины морей и океанов, омывающих нашу Родину, от многочисленных последствий умышленных и «случайных» затоплений судов. Результаты этой подчас героической работы немалым обязаны Алексею Николаевичу, создавшему теоретическую базу, на основе которой личный состав АСУ ВМФ и Эпрона успешно выполнил свои обязанности.

Академик Крылов неоднократно обращал внимание курсантов военно-морских училищ и слушателей Морской академии на широкие области применения в их практической деятельности теории корабля как «основы морского дела».

В 1921 г. академик Крылов в составе делегации Академии наук СССР отправляется на несколько недель за границу для восстановления научных связей с университетами, институтами и академиями. По поручению Советского правительства он остается там на длительный срок (свыше 6 лет) в качестве консультанта и эксперта нашего полпредства и других зарубежных советских организаций. Эта деятельность потребовала от А. Н. Крылова не

только специальных знаний, но показала его исключительную эрудицию в области юриспруденции, дипломатии и истории, поражающую представителей многочисленных иностранных фирм, которые никак не могли согласиться с тем, что он «всего-навсего профессор теории корабля». Особенно в тяжелом положении оказался английский королевский суд, когда в процессе разбора дела, защита которого была поручена Л. Б. Красиным Алексею Николаевичу, было установлено, что советский защитник знает историю английского военно-морского флота лучше и глубже, чем сами англичане.

В январе 1922 г. А. Н. Крылов назначается начальником Морского отдела Российской железнодорожной миссии в Берлине. Одной из основных задач этого отдела являлось приспособление купленных и зафрахтованных пароходов к транспортировке 900 паровозов, приобретенных Советским правительством для восстановления железнодорожного транспорта. В истории техники перевозка такого числа объектов весом каждый в 72 т в полностью собранном виде являлась делом совершенно новым. Вместе с тем предложенные Крыловым и освещенные в работе «Суда, перевозившие паровозы» способы обеспечили полную безопасность всей операции и сэкономили нашей Родине огромную сумму валюты. По этому поводу в предисловии к книге «Перевозка паровозов Э<sup>г</sup> и Э<sup>ш</sup> из-за границы» начальник миссии профессор Ломоносов писал, что «технический опыт, произведенный в подобном масштабе, представляет ценность, измеряемую многими талантами». И далее: «Крылов ухитрился с ничтожными затратами так переделать суда, что в один пароход помещалось до 20 паровозов с тендерами».

У читателя может возникнуть вопрос: относится ли подобная работа к теории корабля или ее приложениям к морскому делу? Ответ на него можно получить, ознакомившись с содержанием второй части IX тома «Собрания трудов академика А. Н. Крылова», посвященной «Теории корабля» и включающей полный текст указанной работы.

Другим примером разносторонности трудов А. Н. Крылова в рассматриваемой области и их неизменной практической направленности являются «Поверительные расчеты по постановке кессона моста имени Володарского». Результаты этой поучительной работы доведены до формулировки требований к маневрам, обеспечивающим указанную постановку, полностью определяя их характер и порядок. Инженерные расчеты Алексея Николаевича представляют собой удивительное по своей логичности и целостности сочетание точных методов анализа с технической интуицией, основанной на обобщении практических данных. В «Поверительных расчетах...» это качество позволило их автору своевременно ограничивать «примесь лебеды к пшенице», как только степень «концентрации» становилась критической.

Академик Крылов на практике проверил правильность своих предвычислений: постановка кессона моста имени Володарского

в Ленинграде была выполнена под непосредственным его руководством.

Считая единство теории и практики основой научного знания, Алексей Николаевич являл собой пример такого единения: создатель современной теории корабля, мастерски владеющий всеми средствами математического анализа, воплощал в себе одновременно редкостного специалиста и знатока морской практики, с которой обычно ассоциируется многовековой опыт матросов парусного флота, марсовых на кораблях и боцманов, достигших вершин морского дела. Этой чертой, выпукло проявляющейся на протяжении всей деятельности А. Н. Крылова, объясняется то увлечение, можно сказать любовь, с которой он выполнял явно неакадемические обязанности при погрузке паровозов или постановке кессона.

«Академик — боцман... Конечно, сперва академик, а потом уже боцман, но они в нем неотделимы», — писал об Алексее Николаевиче Адмирал Флота Советского Союза И. С. Исаков в статье «Корабельных дел академик», опубликованной в газете «Известия» 15 августа 1963 г. в связи со столетием со дня рождения А. Н. Крылова.

В подтверждение такой характеристики, которая импонировала Алексею Николаевичу, автор статьи писал: «В портовом городе Ньюкасле на борту парохода „Маскинонж“ встретились английский и советский представители. Надо было разместить в трюмах возможно больше котлов, и разместить так, чтобы никакой шторм не мог поставить под угрозу и котлы, и самое судно. Это хорошо понимали и англичанин — опытный отставной боцман и русский отправитель — крепкий осанистый старик. Задача для британцев упрощалась — всю ответственность за схему размещения и метод крепления русский взял целиком на себя.

«Отправитель груза предложил совершенно необычный метод размещения котлов и способ их крепления. По его указаниям изготовили специальные обухи, талрепы, распорки. Не удовольствовавшись объяснением своей затеи, он взял большую кувалду и так сноровисто заколотил несколько сосновых клиньев, так ловко принайтовил один из котлов, спущенный в трюм для масштабного обмера, что англичанин сразу узнал по профессиональной хватке своего коллегу боцмана, удивляясь только живости и силе старика.

«К концу погрузки в трюме оставалось место еще для пятнадцати котлов, причем палуба оказалась совершенно „чистой“ — незагруженной. Для английских докеров, стивидоров, инженеров и капитанов это было сенсацией.

«Кто же преподавал такой урок британским морякам, считавшим себя непревзойденными мировыми специалистами по погрузке? На следующий день все местные газеты поместили фото „Маскинонжа“ с портретом, под которым стояло: „Адмирал Крылов,

автор проекта погрузки". Смущенный отставной боцман сказал не без упрека: „Я Вас считал боцманом, а Вы адмирал — и своими руками кувалдой распорку загнули... Удивительный вы советский народ...».

Вот другой эпизод, рассказанный в той же статье И. С. Исакова и относящийся к постановке моста имени Володарского в Ленинграде: «Пока вся комбинация из понтонов и громадной фермы, лежащей на них, располагалась вдоль левого берега Невы, где велись подготовительные работы, ничего, кажется, не вызывало волнения, хотя задуманное и поражало своей грандиозностью. В момент же, когда громадное плавучее сооружение отделилось от берега, тысячи зрителей и даже работающих замерли в полном молчании. То ли это общее напряжение передалось монтажникам, и они застыли в решающий момент, то ли ожидание задержавшейся следующей команды как-то парализовало их, трудно сказать: остается, однако, фактом, что произошла заминка, и кажется, еще секунда, как был бы упущен момент разворота и сплава по течению громадных ферм, висевших на понтонах над водой.

«Но упущения не произошло. Академик Крылов схватил большой мегафон из рук побелевшего инженера и во всю мощь своих легких скомондовал такелажникам левого берега: „Руби концы! (трам-та-ра-рам!)“.

«Вслед за раздавшимся дробным стуком топоров, подтвердившим, что команда не только принята, но и исполнена, Алексей Николаевич, уже успокоившись, обернулся к самой почетной части наблюдавших и сказал: „Вы уж извините меня за морскую элоквенцию... Но без нее в боцманском деле обойтись не всегда можно“.

А. Н. Крылов высоко ценил мастерство боцманов и имел полное право гордиться тем, что сам в совершенстве владел не только теорией, но и практикой морского дела. Когда последнее качество находило подтверждение в устах опытных практиков-моряков, Алексей Николаевич считал это высшей формой признания.

Так обстояло дело и на заседании научно-технического совета Севморпути, на котором под председательством академика Отто Юльевича Шмидта проходило обсуждение нового проекта большого ледокола водоизмещением порядка 25 тыс. т. На совещание, кроме постоянных членов совета (включая А. Н. Крылова), были приглашены практики — капитаны и боцманы кораблей, не одну навигацию плававшие в суровых ледовых условиях.

После доклада главного конструктора взял слово Крылов. Он был одет, как обычно, просто: в сапогах с запущенными внутрь брюками, поверх которых была надета толстовка; на левой стороне ее выделялся значок «Почетного полярника». В руках он держал фуражку с большим козырьком, напоминавшим нахимовский.

Алексей Николаевич подверг резкой критике проект ледокола. Прежде всего он обратил внимание присутствовавших на недопустимую «гигантоманию» — увлечение чрезмерно большими размерами корабля, которое приведет к нерациональному использованию отпущенных правительством средств, потере маневренных качеств в тяжелых условиях ледового плавания, снижению экономичности проводки кораблей и т. п. Желая подчеркнуть бесполезность подобных увлечений, Алексей Николаевич сказал: «Была у нас царь-пушка, был царь-колокол, теперь будет царь-ледокол!». Далее Крылов отметил ряд недостатков, допущенных проектан-тами в комплектации и размещении судовых устройств и палубных механизмов, используемых при буксировке, швартовке, погрузке и разгрузке судов. Тут же он рекомендовал рациональные решения, основанные на многолетнем опыте эксплуатации судов.

Вслед за Крыловым выступил «старый морской волк» — боцман, десятки лет проплававший на кронштадтских ледоколах и участвовавший в челюскинской эпопее. Его речь была краткой: «Совершенно прав предыдущий оратор, как опытный боцман отметивший недостатки в боцманском хозяйстве. Если их в проекте не устранить, то плавать на судне нельзя будет».

Председательствующий перебивает оратора: «Вы ошиблись, дорогой товарищ, перед Вами выступал академик Крылов».

Алексей Николаевич подает реплику: «Отто Юльевич, первый раз в жизни я получил столь лестное признание из уст старого опытного боцмана, которое рассматриваю как высшую награду, а Вы пытаетесь лишить меня этой награды».

Когда Управлению строительством Дворца Советов в Москве понадобилось продумать вопрос о возможности укрепления 15-метровой скульптуры В. И. Ленина почти на 150-метровой высоте, оно обратилось к А. Н. Крылову, который предложил оригинальный способ решения этой сложной технической задачи, основанный на обобщении «боцманского» опыта и многообразной практики такелажников. Изложение этого способа и служило содержанием статьи «О методе укрепления фигуры Ленина на здании Дворца Советов».

Наш очерк о научной деятельности А. Н. Крылова как основоположника современной теории корабля был бы недостатчно полным, если не осветить хотя бы кратко его работы в области ходкости судов. Так называется свойство корабля перемещаться с заранее назначенной скоростью при заданной мощности главных двигателей.

Исследованием ходкости кораблей А. Н. Крылов начал заниматься с момента назначения его заведующим Опытным судостроительным бассейном. На рис. 7 представлен общий вид бассейна с буксировочной тележкой, перемещающейся с помощью электромотора по рельсам, проложенным по обоим бортам канала. (В то время размеры канала были следующими: длина 134 м,



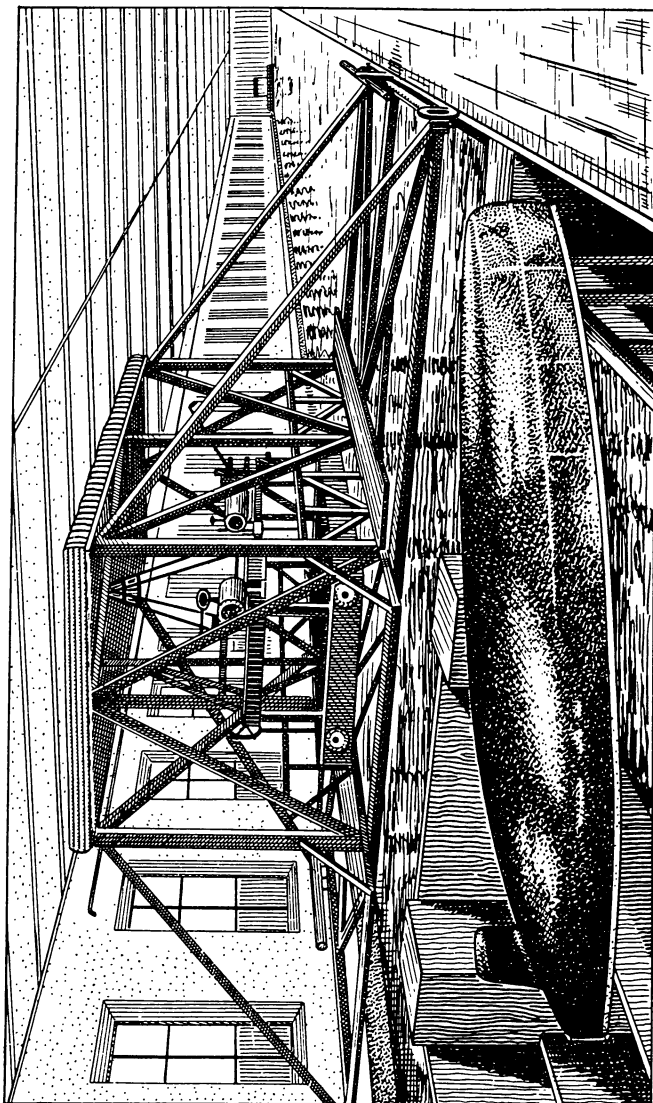


Рис. 7. Общий вид Опытного бассейна с буксировочной тележкой.  
На переднем плане — парафиновая модель корабля.

№ 1. В 1871 г. В. Фруе дал теорию сопротивления воды на движущийся корабль и пока-  
зал какими образом по известному лодки  
кораблю в специально бассейне найдти со-  
противление самого корабля. Это по-  
во всем странам управление бассейном и  
в нем производится по методу Фруе да  
известные модели судов и на основании  
этих исследований определяются на вы-  
шедшие размеры и обводы кораблей, удов-  
летворяющие против заданной скорости  
свойство его назначения, и находящее по-  
требная мощность и масса механизмов  
или привода корабля заданной скорости  
хода.

По теории Фруе полное сопротивле-  
ние корабля состоит из двух частей: а)  
сопротивления от трения. Сопротивления  
от образования вала

Факсимиле А. Н. Крылова (1934 г.).

ширина 6.5 м, глубина воды 3.0 м). На переднем плане представ-  
лена парафиновая модель корабля, подготавливаемая для буксировки  
ее тележкой. Задавая различные скорости буксировки и измеряя  
на динамометре, установленном на тележке, тяговое усилие, можно  
получить кривую сопротивления воды движению модели, представ-  
ляющую собой зависимость сопротивления воды от скорости  
модели,

Как было встречено новое назначение А. Н. Крылова лицами, знавшими его научную эрудицию и кипучую энергию, можно судить по свидетельству С. О. Макарова:

«Многоуважаемый Алексей Николаевич! Я получил Ваше письмо от 12 января и, во-первых, поздравляю Вас с новым назначением, а бассейн — с предстоящим ему деловым периодом его деятельности. Вы в это живое дело внесете правильное основание, и работы бассейна потеряют их теперешний случайный характер» (Архив АН СССР, ф. 759).

Бассейн назывался Опытным потому, что в нем проводились опыты с моделями кораблей. Как и всякие экспериментальные исследования, они должны быть построены на научной основе; в противном случае экспериментирование не дает необходимого эффекта и носит «случайный характер». Ту же мысль Алексей Николаевич выражал словами: «Бассейн хотя и опытный, а люди в нем — не опытные».

Подобная критика относилась в первую очередь к таким экспериментальным «исследованиям», которые, по меткому выражению Крылова, можно уподобить «лечению больных, принимавших одновременно три-четыре различных лекарства: объяснить, почему они выздоровели или, паче чаяния, отправились в „лучший“ свет, невозможно».

Алексей Николаевич организовал проведение систематических серий испытаний моделей, в которых последовательно изучалось влияние отдельных характеристик подводного объема (отношения длины к ширине или осадке модели и коэффициентов, характеризующих полноту судовых обводов) на сопротивление воды их движению. Результаты этих опытов послужили базой для рационального выбора основных размеров вновь проектируемых кораблей и правильного назначения мощности их главных механизмов.

К этому же времени относится исследование А. Н. Крылова по обобщению материалов испытаний ледокола «Ермак», принятое им по приглашению С. О. Макарова и опубликованное в известной книге «„Ермак“ во льдах». Для этой цели, кроме результатов механических испытаний (на прочность) ледовых брусьев, были обработаны натурные данные, состоящие из киноснимков, изображающих положения ледокола через каждую одну шестую секунды при проходе его через торос, и наблюдений дифферента, выполненных с помощью квадранта (угломерного инструмента). Чтобы по изменению угла дифферента судить о вертикальной составляющей усилий, действующих на носовую оконечность ледокола, в Опытном бассейне дополнительно были проведены испытания парафиновой модели корабля.

Наряду со сложностью исследований, относящихся к малоработанной области натурных испытаний, Алексею Николаевичу приходилось преодолевать и организационные трудности: чтобы

воспользоваться одним из рейсов ледокола для выполнения натуральных наблюдений, Крылову пришлось специальным рапортом ходатайствовать перед Морским техническим комитетом, «чтобы участие в экспедиции „Ермака“» рассматривалось не как отпуск, а как служебная командировка, имеющая прямое отношение к задачам кораблестроения».

Натурным испытаниям кораблей и сопоставлению их данных с результатами пересчета модельных испытаний А. Н. Крылов всегда придавал большое значение как вернейшему средству апробирования методики модельного эксперимента. В статьях «О прогрессивных испытаниях кораблей», «Влияние глубины моря на результаты испытаний миноносца „Быстрый“» и «Некоторые замечания об обработке прогрессивных испытаний судов» Алексей Николаевич разработал оригинальный способ проведения скоростных испытаний, исключая влияние переменности течения в районе мерных линий<sup>9</sup> (так называется испытательный водный полигон, оборудованный береговыми знаками, поставленными на заданных расстояниях, обычно в миле друг от друга), сформулировал рациональные требования к оборудованию испытательного полигона и к методике измерений, проводимых в процессе натуральных опытов на самом корабле. Содержание этих статей положено в основу разработки действующих в СССР официальных правил (межведомственного стандарта) прогрессивных скоростных испытаний, названных так в связи с последовательным ростом скорости корабля при каждой новой группе пробегов.

Значительное внимание Алексей Николаевич уделил изучению влияния мелководья (иначе говоря, глубины воды под килем) на сопротивление движению корабля. В 1910—1912 гг. предстояли испытания быстроходных миноносцев и первых отечественных дредноутов. К этому времени теория корабля не располагала ни теоретическим исследованием вопроса, ни сколько-нибудь систематическими экспериментальными материалами. По предложению А. Н. Крылова в 1909 г. на Черном море организуются натурные исследования, о размахе и значении которых можно судить по следующему его высказыванию: «В распоряжение комиссии был предоставлен на два месяца крейсер „Кагул“ водоизмещением 6500 тонн, стоимостью в 8 миллионов тогдашних рублей; таким образом, одно погашение и проценты на затраченный капитал за два месяца составляли около 150 000 рублей. К этим накладным расходам надо прибавить содержание и довольствие команды (500 человек), офицеров и механиков (25 человек) и стоимость угля, масла и прочее — еще около 5000 рублей».

«Результаты этих испытаний, проведенных с большой точностью специально построенными самозаписывающими приборами, были опубликованы отдельной книгой и не утратили своего значения

---

<sup>9</sup> Мерные линии нередко именуется «мерными милями».

и по сие время, — писал академик Крылов в 1941 г. — Дело в том, что проф. Сретенский в 1938 г. развил и обобщил теорию Мичелля (относящуюся к условиям плавания корабля на глубокой воде), а проф. Ханович и проф. Павленко показали упрощенные способы производства относящихся сюда числовых расчетов.

«Таким образом, результаты испытаний „Кагула“ дают возможность сличить чисто теоретические расчеты с непосредственно наблюдаемыми данными.

«На той же Лукульской мерной миле в 1915 г. под председательством контр-адмирала Белоголового работала комиссия по производству приемных испытаний шести миноносцев типа „Быстрый“ (водоизмещением 1350 тонн, машина в 30 000 лошадиных сил, ход 35 узлов). В числе контрактных испытаний было оговорено 10-часовое испытание при скорости в 30 узлов, что требовало мощности около 0.8 от полной.

«Не зная об испытаниях „Кагула“ или не придавая им значения, контр-адмирал Белоголовый хотел добиться требуемого хода 30 узлов на глубине около 25 метров. Однако, когда машина развила мощность не в 20 000, а в 30 000 сил и даже больше, ход корабля оставался равным 28 узлам и дальше не возрастал.

«За кормой бежала громадная волна, и если бы не протест представителя завода (с записью в акт испытаний и в вахтенный журнал), котлы были бы сожжены и произошел бы массовый разрыв котельных трубок, причем пострадали бы кочегары, подобно тому, как в 1888 г. от другой причины на броненосце „Синоп“ были обварены насмерть 29 кочегаров и матросов.

«Авария на „Быстром“ имела бы и другие чрезвычайно тяжелые последствия: личный состав всего флота потерял бы доверие к водотрубным котлам, т. е. флот потерял бы доверие к своим кораблям, а это уже значительно важнее, чем доверие или недоверие к формуле Мичелля, к гипотезам гидродинамики или к справедливости математических преобразований».

Расследовав обстоятельство дела, А. Н. Крылов установил, что глубина воды в 25 м при скорости хода в 30 узлов является «критической»: для преодоления этого «барьера» понадобилось бы более чем двухкратное увеличение мощности.

По рекомендации Крылова корабль был выведен на достаточно глубокую воду и на новой мерной линии показал скорость больше контрактной. «Пустоголовый» адмирал был полностью повержен, а ликование заводских руководителей не имело границ. «Шутка сказать, вместо нехватки скорости в два узла и громадного штрафа, который надо было бы выплатить Морскому ведомству, заводчики заработали достойную премию. В связи с этим, — рассказывал Алексей Николаевич, — я был приглашен на банкет, который состоялся в первоклассном ресторане на Каменноостровском проспекте (в этом здании сейчас помещается, кажется, райком партии). Как сейчас помню, зашли мы в этот ресторан в четверг

вечером, а вышли в пятницу утром ... на следующей неделе. Можно сказать, что и это „испытание“ было „критическим“».

Наряду с подведением научной базы под методику натуральных исследований А. Н. Крылов занялся анализом достоверности оценки трения наружной обшивки корабля о воду. Важность этого вопроса определяется тем, что на основе модельных испытаний непосредственно рассчитывается так называемое остаточное сопротивление корабля, равное разности полного сопротивления и трения. Таким образом, ошибка в определении трения может существенно снизить точность окончательного результата.

В те годы (да и поныне во многих иностранных бассейнах, например в Римском и, конечно, в английских судостроительных лабораториях) трение кораблей рассчитывалось с помощью коэффициентов, предложенных Фрудом и полученных им путем экстраполяции результатов опытов по буксировке досок длиной до 50 футов (около 15 м) на натурные длины кораблей до 400 футов (120 м) и более. Способ экстраполяции при столь большом диапазоне проведения этой операции имеет такое же существенное значение, как и достоверность исходных данных. Вместе с тем этот способ остался тайной для английской кораблестроительной науки и для такого специалиста, как адмирал Тейлор, иначе он не приволил бы таблицу коэффициентов Фруда без какого-либо указания на то, каким образом эти числа получены.

Историко-математический ребус был блестяще разрешен А. Н. Крыловым в статье «Коэффициенты Фруда для вычисления сопротивления от трения», в которой наряду с раскрытием «тайн пересчета от короткой доски к длинному кораблю» была выяснена и степень достоверности подобной экстраполяции.

Годы руководства А. Н. Крыловым Опытного бассейна явились периодом бурного развития и подлинного расцвета этого единственного тогда в России кораблестроительного исследовательского учреждения. Научно-организационная работа Алексея Николаевича постоянно сочеталась с изобретательской деятельностью. По непосредственным указаниям заведующего бассейном была разработана и осуществлена оригинальная технология изготовления парафиновых моделей судов, применяемая и поныне.

Проектирование подводных лодок поставило перед лабораторией сложную задачу — обеспечить возможность испытания вполне погруженных моделей и притом на различных глубинах. Она была блестяще решена А. Н. Крыловым; изобретенная им установка (рис. 8) эксплуатируется и по настоящее время.

Модели, выполняемые по весу на 20—25% больше водоизмещения, устанавливаются под буксировочной тележкой на ножках (1), жестко заделанных одним концом в корпус модели. Свободные концы ножей входят в обоймы (2) и зажимаются в них с помощью вкладышей. Обе обоймы связаны между собой простой рамной конструкцией (3), опирающейся с каждого борта на два

бака (4). Каждый из баков свободно плавает в соответствующем цилиндрическом сосуде (5), установленном на буксировочной тележке, в кормовой ее части, непосредственно за динамометром сопротивления. Носовой нож связан с динамометром тросиком (6).

Модель устанавливается на необходимой глубине путем перемещения ножей и буксируется тележкой по обычной схеме. Собственное сопротивление ножей вычитается из полного замеренного буксировочного сопротивления на основе тарировочных кривых, полученных при буксировке одних лишь ножей при различных погружениях.

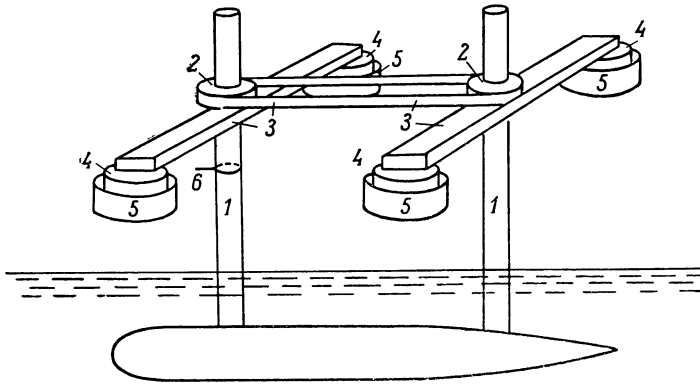


Рис. 8. Схема установки, предложенной А. Н. Крыловым для буксировочных испытаний вполне погруженных моделей.

Алексей Николаевич не только сам занимался изобретательством, но и широко развивал эту деятельность среди работников бассейна. Так, под его руководством был сконструирован и изготовлен новый минный взрыватель (гальваноударного и чисто ударного действия), допускавший регулирование чувствительности в широких пределах, простой по конструкции и пригодный для массового изготовления. Непосредственным конструктором и изобретателем считался механик бассейна Александр Евгениев. Представляя его изобретение «высокому начальству», Крылов писал: «К сему считаю своим долгом присовокупить, что вся работа и изобретение этого типа замыкателя выполнена Евгениевым совершенно самостоятельно, и так как он служит в бассейне по вольному найму, то в случае массового изготовления замыкателей его системы я считал бы справедливым установить определенную в его пользу премию за каждый экземпляр, как то вообще принято по отношению к частным лицам». Алексею Николаевичу пришлось приложить немало сил, чтобы убедить начальство в необходимости выплачивать премии за изобретения не только инженерам, но и ефрейтору запаса, каким являлся А. Евгениев.

С тех пор прошло немало времени, и многолетняя работа крыловской школы в области ходкости судов была подытожена на Втором всесоюзном пленуме секции мореходных качеств морских и речных судов, созванном в мае 1934 г. Правлением научно-технического общества судостроения, носящего ныне имя академика Крылова.

Уже в те годы советские ученые достигли значительных успехов в исследовании ходкости кораблей: была разработана оригинальная методика проведения модельных буксировочных испытаний, обеспечивающая достоверное предвычисление сопротивления натурного корабля по данным буксировки моделей, выполненных в разных масштабах, создан метод практического расчета гребных винтов, позволяющий рациональным выбором их элементов существенно повысить коэффициент полезного действия, и мн. др.

Подводя основные итоги пленума, академик Крылов сказал: «Тридцать четыре года тому назад я был назначен заведующим бассейном и ведал им восемь лет. Тогда еще не существовало тех глубоких учений гидродинамики, о которых мы здесь слышали... Если мне позволено будет сравнение с другой областью — астрономией, то я бы сказал, что время, когда я заведовал бассейном, соответствовало времени Птолемея, жившего во втором веке нашей эры; тогда на основании теории, являвшейся как бы эмпирическим обобщением наблюдений, умели предвычислять места планет, правда, не очень точно, но планеты представляли интерес только для астрономов, для солнца же уже имели хорошие таблицы, по своей точности превышающие потребности географов и мореплавателей, которые наблюдали только солнце, как это и по сей час по большей части имеет место на море.

«В наше время это соответствует времени, когда Фруд устроил свой бассейн и дал свои эмпирические таблицы и формулы для обработки результатов испытания моделей, и переходу от них к кораблю.

«В начале XVII века Кеплер, подвергнув изумительно остроумной и тщательной проработке наблюдения, установил эмпирически же точные и притом исчерпывающие законы движения планет, в том числе и Земли. Я бы сказал, что Вы уже приблизились ко времени Кеплера — Вы почти уже постигли способы предвычисления результатов для корабля по испытанию его модели и приблизились, но еще не дошли до времени Ньютона, указавшего единый истинный закон, управляющий движением всех планет и, можно сказать, всех тел Вселенной».

С тех пор прошло более тридцати лет. Уже в начале этого периода благодаря трудам академика Н. Е. Кочина и члена-корреспондента АН СССР Л. Н. Сретенского теория волнового сопротивления судов доведена до исключительного совершенства: эта часть полного сопротивления корабля во многих важных случаях может быть определена расчетом без испытания моделей.



Широко известны основоположные работы по теории глиссирования Мстислава Всеволодовича Келдыша (ныне президента Академии наук СССР) и Леонида Ивановича Седова (ныне академика), которые были выполнены ими на заре их научной деятельности в Центральном аэрогидродинамическом институте имени профессора Н. Е. Жуковского. Пользуясь аналогией Алексея Николаевича, можно с полной объективностью констатировать, что советские гидродинамики уже «дошли до времени Ньютона», продолжая и дальше успешно развивать учение о сопротивлении жидкостей и его многочисленные приложения в различных областях естествознания.

Подтверждением этого может служить, в частности, высокая оценка, которую дал академик Крылов работам советских ученых по исследованию влияния шероховатости обшивки корабля на его ходкость. Даже в отсутствие обрастания смоченной судовой поверхности (ракушками и т. п.) дополнительное сопротивление, вызванное наличием выступающих головок заклепок, выступами стыков и пазов обшивки, неровностями при окраске корпуса и т. п., представляется весьма существенным и для ряда судов доходит до 20—25% буксировочного сопротивления на полном ходу.

В своем заключении по этим работам, составленном в 1939 г., Алексей Николаевич, отмечая практичность и исполнимость мероприятий, предложенных для повышения скоростей и увеличения дальности плавания кораблей, писал: «Метод, примененный в указанных работах, является оригинальным, вполне целесообразным, имеющим существенные преимущества перед ранее известными методами, которыми, однако, пользовался такой знаменитый ученый, как Прандтль. Благодаря этому получены практически приложимые, простые и точные решения таких вопросов, которые у Прандтля остались нерешенными».

В трудах А. Н. Крылова по теории корабля, как, впрочем, и во всех его работах, имеется одна особенность, мимо которой невозможно пройти: это исключительно образный язык, всегда точный, ясный и до конца убеждающий. Четкость и простота формулировок являются непревзойденным достоинством его пера. Будучи исключительно требовательным к себе, А. Н. Крылов учил постоянно этому и других. Вот почему, когда редакция Технической энциклопедии обратилась к ученому с просьбой написать статью, разъясняющую содержание дисциплины «Теория плавания», он ответил на это приглашение: «Статью „Теория плавания“ ни сам написать, ни указать автора, который мог бы такую статью написать, не могу. Я сорок семь лет занимаюсь „теорией корабля“, но термин „теория плавания“ встречаю впервые. Знаю „теорию равновесия плавающих тел“, „плавучесть“ как важнейшее качество корабля. Знаю навигационный термин „плавание“, как путь, пройденный кораблем, идя постоянным курсом, и могу

Вас уверить, что всякий моряк „теорию плавания“ отнесет к области спорта, сопоставляя ее с „теорией прыгания“ и „теорией бегания“, если таковые существуют. Поэтому полагаю, что этому термину в Технической энциклопедии вообще нет места».

Предусмотрительность и житейская мудрость Алексея Николаевича, его острый ум и неуклонность требования предвидеть все возможные обстоятельства помогали ему усматривать такие ситуации, которые ускользали из поля зрения столь опытных корабельных инженеров, каким был лауреат многих конкурсов на проекты кораблей Петр Акиндинович Титов.

В Архиве АН СССР (ф. 759) можно найти отлично выполненный на платяной кальке чертеж с собственноручной надписью А. Н. Крылова: «Этот чертеж составлен П. А. Титовым и представляет барку для отвоза нечистот, автоматически промываемую струей от винта буксирующего ее парохода. Петр Акиндинович Титов хотел представить этот чертеж на выставку канализации и водоснабжения и предложить постройку таких барж Санкт-Петербургскому городскому управлению. Я ему сказал: „Смотри, есть поправки, а эти баржи назовут «титовки» — навек прославишься“. „Ну-те к черту, я, правда, ничего не буду подавать, чертеж возьми себе на память“».

Заведующий верфью Франко-русского завода П. А. Титов, большой практик и выдающийся корабельный инженер-самоучка, был учителем и наставником Алексея Николаевича в начале его практической деятельности на заводе. Поручая мичману Крылову выполнение каких-либо судостроительных расчетов, после окончания их и сопоставления результатов со своими эскизами, Петр Акиндинович неизменно говорил: «Да, мичман, твои формулы верные: видишь, я размеры назначил на глаз — сходятся». Всю свою жизнь Крылов посвятил получению «верных формул», правильно отражающих реальную действительность, подтверждаемых обобщенным опытом передовой практики и обеспечивающих дальнейший технический прогресс «морского дела» в широком смысле слова.

13 июля 1943 г. «За исключительные заслуги перед государством в области математических наук, теории и практики отечественного кораблестроения, многолетнюю плодотворную работу по проектированию и строительству современных военно-морских кораблей, а также крупнейшие заслуги в деле подготовки высококвалифицированных специалистов для Военно-Морского Флота» Президиум Верховного Совета Союза ССР присвоил Алексею Николаевичу Крылову звание Героя Социалистического Труда.

Так Родина оценила долголетнюю, многогранную деятельность академика Крылова, в которой становление и развитие современной теории корабля занимают выдающееся место.

## Основоположные труды А. Н. Крылова по строительной механике корабля

Корабль представляет собой плавучее сооружение, которое независимо от его целевого назначения можно уподобить длинному упругому стержню с поперечным сечением, изменяющимся вдоль судна. Такой стержень (в специальной терминологии — «эквивалентный брус») должен быть прочным, т. е. обладать свойством сопротивляться внешним нагрузкам в той мере, в какой это необходимо для обеспечения нормальной повседневной службы корабля. Здесь речь идет не только об исключении возможности разрушения корпуса судна. В инженерной практике, как правило, требуют, чтобы деформации (удлинения, прогибы, взаимные углы поворота отдельных сечений и т. п.), вызванные действием внешних сил, оставались упругими, или исчезающими: после устранения этих нагрузок эквивалентный брус должен возвращаться к своей первоначальной форме и размерам. С этим именно свойством и связывают представление об упругости стержня. Понятно, что если это требование не будет выполнено, то наблюдаемые за пределами упругости остаточные деформации при повторном действии нагрузок будут накапливаться: сначала нарушатся нормальные условия эксплуатации судна, а затем возможно и разрушение корпуса.

Прочность корабля в целом как эквивалентного бруса называют его *общей*, или *продольной*, прочностью. В этом случае корабль рассматривают как балку, изгибаемую различными нагрузками — весами механизмов, топлива, перевозимых грузов, вооружения и т. п. — и опирающуюся не на относительно короткие (сосредоточенные) опоры, а на сплошную поверхность воды, омывающей наружную обшивку корпуса: силы давления воды уравновешивают весовую нагрузку, включая и собственный вес корабля.

В общем случае при колебаниях судна на волнении, кроме весовой нагрузки и сил, с которыми вода действует на омываемую ею поверхность, к каждому грузу прилагают так называемые силы инерции, учитывающие переменность его движения при качке. Вся указанная совокупность сил представляет собой уравновешен-

ную в целом систему; однако на каждом отрезке длины корабля приложенные к нему веса, давления воды и силы инерции, как правило, не уравновешиваются. Вследствие этого действие рассматриваемой совокупности сил в плоскости каждого шпангоута проявляется в виде поперечной, или перерезывающей, силы, стремящейся «срезать» судно по соответствующему сечению, и изгибающего момента, вызывающего растяжение,

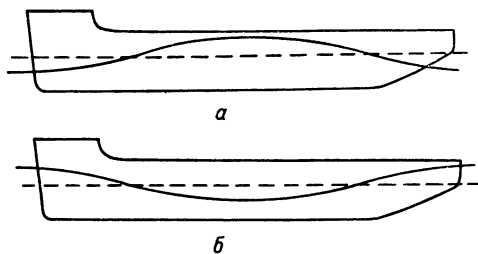


Рис. 9. Расположение корабля на вершине волны (а) и на ее подошве (б).

например, верхних продольных связей (палубного настила, подпалубных продольных балок и т. п.) и сжатие нижних (киль, днищевые листы обшивки, продольные днищевые балки — кильсоны и стрингеры и т. д.).

Действие изгибающих моментов проявляется также в виде деформации корпуса корабля в целом — прямолинейная продольная ось эквивалентного бруса искривляется: выпучивается вверх по середине длины судна и свисает к оконечностям (в носу и корме), когда корабль располагается на вершине волны (рис. 9, а), и изгибается противоположным образом, если судно находится на ее подошве (рис. 9, б). Подобные деформации заметны даже для обычного, «неморского» глаза: стрелка прогиба современного большого корабля длиной 180—200 м может в реальных условиях плавания достигать до 1—1½ м.

Указанные обстоятельства вызывают дополнительное требование к конструкции корпуса — жесткость, характеризующее свойство корабля деформироваться не более заданных пределов, отвечающих нормальным условиям эксплуатации.

Это требование может оказаться и более жестким (в обычном смысле слова), чем условие прочности. Поясним это на простом примере деревянного трапа, переброшенного с борта судна на пирс (на берег). Исходя из требования прочности, его можно было бы сделать более легким, чем обычно, и не затрачивать «излишний» материал в виде толстых брусков и досок. Вместе с тем переход по такому трапу облегченной конструкции, да еще с грузом, из-за большого прогиба может быть опасным либо по меньшей мере затруднительным.

Наряду с общей прочностью и жесткостью к современным корабельным конструкциям предъявляют требование местной прочности, под которой понимают свойство любой из многочисленных деталей корпуса (поперечных балок — шпангоутов, продольных балок, листов обшивки и палубы, фундаментов механизмов и вооружения и т. п.) выдерживать приходящуюся на нее

часть общей нагрузки корабля в пределах, отвечающих нормальным условиям повседневной службы.

Наука о прочности корабельных конструкций, изучающая методы обеспечения их жесткости, местной и общей прочности при наименьшей возможной затрате материалов, названа одним из основоположников этого учения — профессором И. Г. Бубновым — строительной механикой корабля. Иван Григорьевич неоднократно в своих официальных выступлениях отмечал, что он «имеет честь быть учеником полковника Крылова» (ф. Морского технического комитета, кораблестроительная часть, д. 45, 1907 г.). Как будет показано далее, направляющие идеи и основы строительной механики корабля были заложены Крыловым, которому принадлежит также заслуга решения ряда важных проблем этой области знания. Нет сомнения и в том, что фундаментальные разработки, принадлежащие перу И. Г. Бубнова, были выполнены им при постоянной помощи Алексея Николаевича.

Уже изложенные в начале главы основные понятия, вводящие читателя-неспециалиста в существо предмета, принадлежат школе А. Н. Крылова. Напомним вкратце ту историческую обстановку, в условиях которой создавались эти представления и закладывался фундамент новой науки — строительной механики корабля.

Переход от дерева, веками использовавшегося в качестве основного строительного материала для судов, к железу и стали открыл перед кораблестроением во второй половине XIX в. исключительно широкие перспективы: стало реальным значительное увеличение водоизмещения и основных размеров кораблей, возникла возможность резкого уменьшения толщин различных связей корпуса и наружной обшивки, начали создаваться более совершенные и экономичные судовые конструкции.

Однако традиции деревянного судостроения еще долгое время давали себя знать: из поколения в поколение передавался опыт постройки судов. Остатки этого чисто эмпирического направления можно было наблюдать в двадцатых годах текущего столетия и у нас, когда в ряде мест на Волге, можно сказать, всей деревней народ выходил на постройку деревянных барж под руководством корабельных мастеров-самоучек. Конструктивные типы этих барж именовались часто по названиям тех деревень, где они строились; объективности ради следует отметить, что многие из них поражают своим практическим замыслом и мастерством умельцев.

Вместе с тем было ясно, что подобным образом строить большие стальные корабли для плавания в открытых морях и океанах нельзя. В различных странах кораблестроители пытались подвести соответствующую базу под методику проектирования и строительства флота, однако эти попытки, как правило, не выходили за пределы чисто эмпирических прикидок и в лучшем случае заканчивались созданием «правил» набора корпуса, основанных на предшествующем опыте постройки кораблей. По объективному и мет-

кому выражению И. Г. Бубнова, корабельная архитектура за рубежом «полвека шла ощупью, руководимая грубым эмпиризмом».

В этих условиях даже принципиально новое предложение — продольная система набора корпуса, при которой главную роль играют продольные связи, а вспомогательную — поперечные, возникшее в порядке «изобретательства» в отсутствие ясной картины распределения действующих усилий по отдельным деталям корпуса и при неумении производить расчеты их прочности, — не могло получить правильного и широкого применения. Из поля зрения иностранных судостроителей полностью выпал вопрос об обеспечении устойчивости тонких металлических связей при их сжатии, хотя более чем за сто лет до рассматриваемого периода Леонард Эйлер доказал возможность искривления сжатого прямолинейного стержня и установил величину критической сжимающей силы, при которой в пределах упругости это может произойти.

Расплатой за «грубый эмпиризм» явились многие аварии стальных судов, часть из которых закончилась их гибелью. Так, в 1874 г. английский пароход «Мэри» переломился на волне вследствие того, что авторы проекта не учли потери устойчивости тонкого палубного настила при сжатии его от действия изгибающего момента на волнении: палубные листы «сгофрировались», при неоднократном повторении это явление привело к трещинам в настиле, а затем и к разрушению палубы.

Растерянность в корабельных кругах была столь глубокой, что английские инженеры устами Э. Рида выразили «сомнение в том, что весьма разнообразные и постоянно изменяющиеся усилия, действующие на корабль на волнении, когда-либо будут выражены математическим языком».

Между тем именно в математическом выражении физической стороны исследуемой проблемы и решении на этой базе ее основных задач и заключался рациональный путь ликвидации разрыва между возможностями, которое открывало введение нового судостроительного материала, и повседневным практическим их использованием. Назрела острая необходимость в создании на основе теоретических исследований и тщательно поставленных опытов новой научной дисциплины, разрешающей основные вопросы кораблестроения: а) определение внешних сил, действующих на корабль в разнообразных условиях морской обстановки; б) создание метода расчета прочности и жесткости судовых конструкций; в) разработка норм прочности кораблей, обоснованных опытом их повседневной и боевой службы и обеспечивающих надежность конструкций при наименьших возможных затратах материала.<sup>1</sup>

---

<sup>1</sup> Хотя возникновение этих проблем было вызвано потребностями военного кораблестроения, в частности возможностью использования выигрыша в весе корпуса для увеличения бронирования и вооружения, решение перечисленных вопросов представляло не меньший интерес для транспортных

Как уже указывалось, создание строительной механики корабля обязано русской школе кораблестроителей, возглавленной А. Н. Крыловым и И. Г. Бубновым.

Одна из первых научных работ Алексея Николаевича относится именно к этой отрасли технического знания. В 1887 г. А. Н. Крылов был временно командирован для прохождения производственной практики на Франко-русский завод, где тогда строился броненосец «Император Николай I». В связи с необходимостью коренного усовершенствования башни главного калибра (10 дюймов) перед мичманом Крыловым была поставлена задача ее инженерного расчета. Год спустя эта работа 24-летнего автора была опубликована на страницах журнала «Морской сборник» (№ 5 за 1888 г.).

В статье «Расчет башни броненосца „Император Николай I“» А. Н. Крылов решает задачу двумя способами: элементарными приемами, присущими инженерной дисциплине (именуемой ныне «Сопrotивление материалов»), и на базе более общего и глубокого исследования, основанного на математической теории упругости. Заметим, что уже на заре своей научной деятельности Алексей Николаевич проявил себя как сторонник строгих и полных (в математическом понимании), но вместе с тем и наиболее простых методов анализа: там, где не удавалось получить единого результата, удовлетворяющего обоим требованиям, он обычно предлагал два решения, ведущие практически к одному и тому же выводу. При этом простое решение предназначалось для инженеров, не имеющих необходимой математической подготовки, другое — более общее и строгое — иллюстрировало широкие возможности применения математического анализа в рассматриваемом случае к исследованию местной прочности, обогащающему теорию и практику конструирования новыми идеями и рекомендациями.

Фундамент строительной механики корабля, определивший решение основной проблемы внешних сил, действующих на сооружение, был заложен классическими работами А. Н. Крылова по качке судов.

В своих докладах Английскому обществу корабельных инженеров в 1896 и 1898 гг. Алексей Николаевич писал: «...вопрос о килевой качке судов представляет для судостроителя такой же интерес, как боковые качания для моряка, потому что напряжения (численно равные усилиям, воспринимаемым единицей площади сечения), которым подвергаются различные части корпуса судна, могут быть лишь тогда вычислены с достаточной степенью точности, когда килевая качка будет известна». И далее: «Исследование переносного движения (вертикальных качаний судна) и

---

судов. При этом условия их эксплуатации (плавание в грузу и порожнем, специфические условия загрузки и т. п.) вносили свои особенности в исследование основных задач.

килевой качки корабля на море важно не только для суждения о мореходных его качествах, но главным образом для того, чтобы получить действительные положения, принимаемые кораблем на волнении, для расчета тех напряжений, которым корабль подвергается».

До появления работ Крылова по предложению Э. Рида кораблестроители пользовались для оценки общей прочности корпуса условным способом определения внешних сил, действующих на корабль: последний ставился на чертеже на гребень и подошву волны, причем в каждом из этих случаев предполагалось, что весовая нагрузка и силы давления воды взаимно уравниваются. Немалый труд, затрачиваемый на «статическую постановку корабля на волну», потребовал создания специальной методики для отыскания положений, которые корабль в действительности никогда не занимал. Трудно придумать большее отступление от физической природы явления, чем подобная «статическая качка судна».

Труды Алексея Николаевича позволили вместо «условных» положений судна рассматривать действительные, учитывая при этом силы инерции, определяемые самим характером движения корабля.

Две основные задачи строительной механики корабля были решены А. Н. Крыловым в статье «О напряжениях, возникающих в корпусе корабля при его движении на волне»: здесь был разработан оригинальный способ вычисления перерезывающих сил и изгибающих моментов, действующих в каждом поперечном сечении корабля на волнении, и дана законченная методика определения напряжений, вызванных ими в корпусе судна.

Идеи и методы, предложенные А. Н. Крыловым, нашли свое творческое развитие в трудах И. Г. Бубнова, которому в значительной степени обязана и разработка третьей основной задачи — нормирования прочности кораблей.

С этого времени ведет свое начало современная строительная механика корабля, общие методы которой были широко применены Алексеем Николаевичем и Иваном Григорьевичем при проектировании новых кораблей отечественного флота. Многотомные расчеты прочности и жесткости корабельных конструкций, выполненные на заводах под непосредственным руководством И. Г. Бубнова, и поныне могут служить образцом для конструкторов судостроительной промышленности. Основным их девизом являются высокая надежность и экономичность, достигаемые рациональным распределением основных связей и эффективным использованием механических свойств материалов.

Таким образом родилась новая система набора корпуса, широко известная за рубежом как «русская», причем в устах виднейших кораблестроителей это наименование отождествлялось со словом «научная». Можно без всякого преувеличения сказать, что благо-



даря основоположным трудам А. Н. Крылова и И. Г. Бубнова и последующему их развитию в работах П. Ф. Папковича и Ю. А. Шиманского учение о прочности кораблей достигло у нас в Союзе своего непревзойденного совершенства. Достаточно взглянуть на обьемистые и исключительно богатые содержанием книги П. Ф. Папковича, вышедшие под общим названием «Строительная механика корабля» и удостоенные Советским правительством высшей научной награды, как станет ясным, сколь много сделано в этой области знания советской школой академика Крылова, намного опередившей зарубежную науку и технику. В мире нет кораблей, подобных атомному ледоколу «Ленин», корпуса которых были бы целиком рассчитаны по методам строительной механики и обладали поэтому столь высокой экономичностью и надежностью; нет и таких подводных лодок, которые при значительном повышении требований к современной технике были бы рассчитаны по методам, разработанным лауреатами Государственных премий Ю. А. Шиманским и В. В. Новожиловым, обеспечивающим исключительно высокие боевые качества этих кораблей принципиально нового типа.

Не менее велик вклад крыловской школы в теорию колебаний инженерных конструкций, устройств и приборов. Перу А. Н. Крылова принадлежит первый в мировой литературе систематический курс «Вибрации судов», изданный еще в 1907 г.

Проблема вибрации и мер борьбы с ней возникла в русском флоте в 1900 г. По этому поводу Алексей Николаевич писал: «В нашем флоте был крейсер „Громобой“ в 14 000 тонн, сравнительно легкой постройки, с тремя поршневыми машинами; когда он вышел осенью в 1900 г. на первые ходовые испытания, то оказалось, что при 105 оборотах машин вибрация достигала наибольшей величины; именно полная амплитуда колебаний в оконечностях и посредине судна составляла, как мною было замерено,<sup>2</sup> около 30 миллиметров; при такой вибрации наводить орудия было невозможно; мина, вложенная в кормовой аппарат, на моих глазах каким-то образом сбила стопора, сама ушла из аппарата и была потеряна».

Другой пример: «При испытании водоотливной турбины на одном из старых крейсеров произошло следующее явление: сама водоотливная центробежная помпа стояла внизу в трюме на втором дне, а паровая машинка, приводящая ее в движение, стояла на палубе и соединялась с помпою длинным вертикальным приводным валиком. Когда машинке давали ход и число ее оборотов достигало примерно трех четвертей полного, валик начинал сильно бить, так что можно было опасаться, что он сломается или что его вырвет из подшипников; но если оставляли регистр (па-

---

<sup>2</sup> Простой прибор для записи вибраций был сконструирован самим А. Н. Крыловым (рис. 10).

ровой клапан) открытым вовсю, так что число оборотов продолжало возрастать, то валик бить переставал и полным числом оборотов работал вполне спокойно и правильно. Тем не менее пришлось для устранения этого явления поставить добавочный промежуточный подшипник».

Заключая изложение этого примера, А. Н. Крылов писал: «Конечно, добавочный подшипник — не велика штука; так оно и

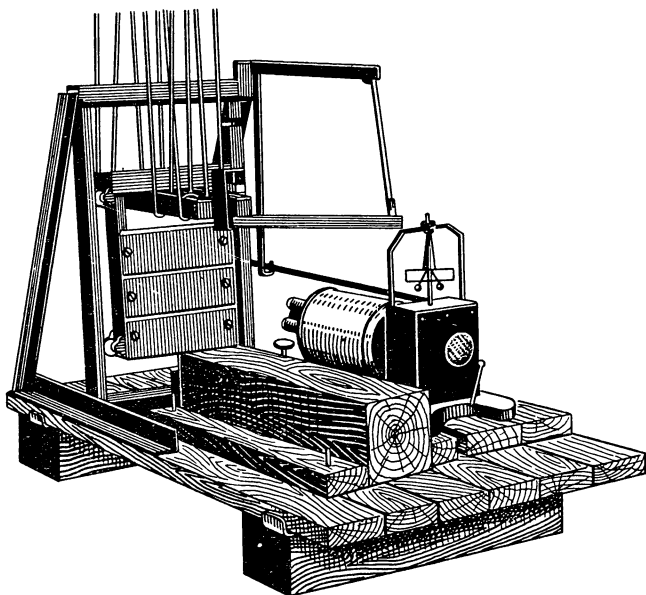


Рис. 10. Прибор А. Н. Крылова для записи вибраций.

есть, если его поставить одновременно с установкой всей машины и предвидеть при самом ее проектировании; но когда на корабле все готово и корабль должен идти в море, а вместо того надо валики турбин, которых на нем штук двадцать, снимать и ставить подшипники заново, то задержка корабля стоит несравненно дороже самой работы; поэтому при проектировании всякого механизма надо предвидеть и предвычислить все обстоятельства его работы, чтобы потом не приходилось его переделывать».

Предвидению и предвычислению вибраций корпуса корабля и крутильных колебаний («биений») валов Алексей Николаевич посвятил статьи «О расчете вибрации корабля, производимой работой его машин» (1917 г.), «О продольном колебании стержней» (1921 г.) и «О колебательном движении механических систем» (1932 г.). Все эти работы, включая курс лекций, прочитанных в 1907 г. в Петербургском политехническом институте, вошли

в капитальный труд «Вибрация судов», изданный в 1936 г. в качестве учебного руководства для кораблестроительных вузов и включенный в «Собрание трудов» в виде отдельного (X) тома.

Начинается эта поучительная книга так: «Триста пятьдесят лет тому назад Галилей в Флорентийском кафедральном соборе, видимо, с гораздо большим вниманием следил за качаниями паникадила, нежели слушал мессу и проповедь архиерея. Паникадило, висевшее из высокого купола собора, совершало размахи медленно, примерно в 7 секунд, справа налево, так что Галилею было легко вести двойной счет числа размахов и биений своего пульса. Месса была длинная; размахи паникадила становились все меньше и меньше, а между тем продолжительность каждого размаха оставалась неизменной. Это явление, подмеченное Галилеем, было им затем проверено опытами над маятниками и было первым явлением, легшим в основу учения о колебательном движении, получившего за эти 350 лет громадное развитие и самые разнообразные применения».

Подобно маятнику корабль в целом и каждая деталь конструкции корпуса, вал машины и прибор, установленный на палубе или навешенный на переборку, имеют свой собственный период колебаний, определяемый как наименьший промежуток времени, в течение которого, будучи предоставленными самим себе после устранения причин, вызвавших нарушение их равновесного состояния, они совершают полное колебание (из одного крайнего положения в другое и снова в первое). Период собственных, или свободных, колебаний является важной характеристикой, входящей в состав «технического паспорта» объекта.

Каждый из этих объектов в процессе эксплуатации взаимодействует с другими материальными телами и воспринимает усилия, часть которых может изменяться периодически. Подобные силы называют возмущающими, а вызванные ими колебания — вынужденными. Если период возмущающей силы, т. е. наименьший промежуток времени, на протяжении которого она претерпевает полное изменение, равен периоду собственных колебаний маятника, корабельной конструкции или другого устройства, то возникает резонанс; при этом в отсутствие или при незначительности демпфирующих сил (трение, сопротивление среды, усилия, вызываемые специальными гасителями колебаний) амплитуда вынужденных колебаний может достигать относительно больших значений, опасных для эксплуатации объекта.

Общеизвестно, что раскачать тяжелый язык самого большого колокола может даже малолетний ребенок, если только он будет тянуть за веревку не как попало, а в темпе собственных качаний колокола: при этом действие отдельных (пусть даже малых) толчков суммируется. По этому поводу Алексей Николаевич рассказывал: «Кажется, во времена наполеоновских войн в Испании через

какой-то мост шел отряд войска, твердо отбивая шаг (вероятно, на мосту или за мостом стояло какое-нибудь важное начальство). Мост был цепной, лихо отбиваемый шаг как раз пришелся в такт с периодом колебаний моста, размахи увеличились настолько, что цепи оборвались и мост обрушился в реку. После того во всех армиях держалось правило — при переходе через мост не идти „в ногу“ и „шаг не отбивать“; но лет тридцать тому назад в тогдашнем Петербурге был через Фонтанку цепной мост, который назывался Египетским; шел через него эскадрон гвардейской кавалерии, не помню какого полка, лошади, хорошо обученные особенно стройному церемониальному маршу, шли в ногу, отлично отбивая шаг, который и совпал в такт с колебаниями моста, — цепи лопнули, мост обрушился в воду, погибло чуть ли не 40 человек.

«Явление резонанса получило лишний раз наглядное подтверждение».

Учение о колебательном движении, в частности теория резонанса, как причины вибрации, разработанная А. Н. Крыловым еще в 1901 г., имеет самые разнообразные приложения.

Можно привести немало примеров, показывающих, что электрические кабели «пробивались» вследствие резонанса нередко там, где этого меньше всего ожидали. Меры борьбы с подобными неожиданностями излагаются в курсе «Вибрации судов» и в других работах академика Крылова, содержание которых в одинаковой мере относится и к механическим, и к акустическим, и к электрическим явлениям.

Подчеркивая идейную общность основных проблем радиотехники и механики, академик А. А. Андронов в статье «Л. И. Мандельштам и теория нелинейных колебаний» писал: «Идея Л. И. Мандельштама заключается в том, чтобы вести атаку на колебательные закономерности одновременно с различных сторон, выбирая слабые места и используя результаты, полученные в одной какой-нибудь области (например, механике), во-первых, для обогащения теории колебаний и, во-вторых, для продвижения в другой области (например, радиотехнике)».

Академик Леонид Исаакович Мандельштам по этому поводу говорил: «Темные места» в новой отрасли знания «освещаются, как прожектором, при изучении колебаний в механике». Здесь общность физической стороны явлений и характера изучаемых процессов, естественно, приводит к совпадению структуры математических уравнений, отражающих движения реального мира. В понимании А. Н. Крылова и Л. И. Мандельштама к теории колебаний в одинаковой мере относятся и теория радиоприема, и динамическая теория приливов.

Резонансное усиление самого по себе слабого действия силы имеет не только отрицательные последствия. Радиоприемники с высокой добротностью (с малым сопротивлением) основного

электрического контура принимают от радиопередатчиков именно те волны, на которые приемники настроены (период радиоволны совпадает с периодом собственных колебаний тока в приемном контуре), и «фильтруют» все остальные. Камертон, настроенный на ноту «ля», особенно сильно реагирует на звук, характеризующийся 435 акустическими колебаниями в секунду.

Известны примеры использования благотворного влияния вибрации и в строительном деле. Так, для уплотнения бетона широко применяются вибрационные площадки и другие типы вибраторов, в которых усиленные вынужденные колебания используются весьма эффективно; каждый вибратор заменяет труд десятков рабочих, которые «шуровали» бетон вручную или топтанием ногами еще в тридцатых годах текущего столетия.

Леонид Александрович Говоров, Маршал Советского Союза, рассказывал, что в студенческие годы в Ленинградском политехническом институте он слушал полный курс «Вибрации судов», читавшийся тогда А. Н. Крыловым. Предпослав изложению основного содержания лекций теорию малых колебаний различных систем, Алексей Николаевич затем изложил созданную им теорию регистрирующих приборов. Аргументируя важность этого вопроса, лектор упомянул о следующем эпизоде. В январе 1914 г. при испытании стрельбой на полигоне пробной установки 12-дюймовых орудий, предназначенных для линейных кораблей, специальным индикатором Викакса снимались диаграммы давления в цилиндре компрессора. Индикаторы показали максимальное давление вдвое больше допустимого, на которое компрессорная установка была рассчитана заводом. Признание правильности этих измерений влекло за собой перепроектирование и изготовление заново компрессоров, дополнительный расход в 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> млн руб. и, что самое главное, в напряженной военной обстановке задерживало готовность корабля. Алексей Николаевич, которому было поручено расследование дела, на основе своей теории обнаружил, что индикаторы Викакса были использованы неправильно и вследствие этого записали давление вдвое больше действительного. По свидетельству Л. А. Говорова, в заключение лектор обратился к аудитории: «Прежде чем применять какой-либо прибор в деле и в особенности при измерении быстродействующих процессов, необходимо изучить теорию прибора и установить условия, в которых его показания являются достоверными. В противном случае прибор покажет не измеряемую величину, а возраст командира корабля или что-либо другое в этом роде».

Далее А. Н. Крылов перешел к изложению теории поперечных и крутильных колебаний вращающегося вала, которая от известных тогда работ отличалась оригинальностью метода исследования, позволившего существенно упростить решение задачи и сделать его посильным для инженера в его практической деятельности.

Во втором разделе своих лекций Крылов изложил разработанную им теорию продольных и крутильных колебаний стержней, учение о поперечных колебаниях балок и созданную им общую методику исследования вибрации судов.

Делясь впечатлениями о прослушанном курсе, Леонид Александрович говорил: «Сами понимаете, что курс был не из легких и математическая подготовка студентов, подавляющее большинство которых совмещало учебу с постоянной работой, была не блестящей. Однако все лекции Алексея Николаевича слушались с большим вниманием и интересом. Секрет этого прост: лектор заинтересовал аудиторию многими практическими примерами, взятыми из самой жизни; Алексей Николаевич излагал свой предмет с такой доходчивостью и ясностью, что непонимание его казалось невозможным; все выводы и практические схемы расчетов иллюстрировались численными примерами, доведенными до конечных результатов».

В объективности этой характеристики может убедиться каждый читатель, взявший на себя труд изучить содержание X тома «Собрания трудов академика А. Н. Крылова». Здесь же в главе V на 34 страницах инженер может ознакомиться с такими вершинами математического творчества, как методы, созданные М. В. Остроградским и А. М. Ляпуновым для интегрирования нелинейных дифференциальных уравнений колебательного движения.

В заключение этой главы Алексей Николаевич писал: «Наш курс предназначен не для астрономов, имеющих в своем распоряжении более совершенные методы, а для техников, и притом главным образом в области техники строительной, где нет надобности в той высокой точности, которая требуется в астрономии, но зато здесь и последствия ошибки совсем иные, нежели когда одна из 2000 малых планет пройдет через Гриничский меридиан на несколько секунд раньше, или позже, чем рассчитано. Техник должен быть уверен в точности даваемого его расчетом результата в пределах практически допусков как в данных, так и в нужном ему результате».

К «Вибрации судов» по своей тематике непосредственно примыкает еще ряд работ Алексея Николаевича. Укажем лишь некоторые из них, изложенные в статьях: «О напряжении, вызываемом в упругой системе динамической нагрузкой» (1930 г.), «Об определении критических скоростей вращающегося вала» (1932 г.), «О динамическом уравновешении роторов гироскопов» (1935 г.) и «О вибрации фундаментов не вполне уравновешенных машин и способах ее уменьшения» (1938 г.).

В первой из них А. Н. Крылов подвергает глубокому и критическому рассмотрению работу знаменитого итальянского математика Леви-Чивита «О динамической нагрузке упругих систем». Содержание последней посвящено волнующему инженеров во-

просу: насколько отличаются динамические напряжения от статических и каким образом учесть быструю изменчивость нагрузки с течением времени? Изложив общий и достаточно простой прием решения различных задач подобного типа, Алексей Николаевич вскрывает ошибку Леви-Чивита, который на основе весьма общей формулы, включающей в себя все возможные случаи воздействия внешней силы на упругую систему, пришел к совершенно неприемлемому заключению: при движении поезда весом в 1000 т по Конвейскому мосту со скоростью 4 км/час динамические напряжения не должны превышать статические более чем в 2000 раз. По расчетам Крылова, в указанных условиях динамические напряжения практически равны статическим.

Конвейский мост, построенный Стефенсоном и Ферберном по обычным статическим нормам, простоял уже не менее ста лет, пропустил безаварийно миллионы поездов и большим, и малым ходом, а так как единица менее двух тысяч, «не опроверг» построенный итальянского ученого.

«Хорошо, что Стефенсон и Ферберн не знали формулы Леви-Чивита, не пришлось бы им строить ни Конвейского, ни Британского моста», — заключает Алексей Николаевич свои расчеты.

Много внимания академик Крылов уделял динамическому исследованию быстро движущихся частей машин и приборов. В брошюре «Об определении критических скоростей вращающегося вала» он предлагает общие и притом простые приемы определения чисел оборотов в минуту, при которых валы «бьют». Решение Крылова применимо при любом числе шкивов и других деталей, насаженных на вал, а также для случая произвольного числа опор (подшипников).

Вопрос о динамическом уравнивании быстро вращающихся роторов имеет исключительное значение в различных областях техники. Всякий маховик, якорь динамо-машины, ротор паровой турбины представляют собой объект для такого исследования. Особенно остро обстоит дело с динамическим уравниванием роторов гирокомпасов, число оборотов которых доходит до 20 тыс. в минуту: при диаметре ротора в 12 см центробежная сила от какой-либо массы, размещенной на его ободе, в 25 тыс. раз превышает ее вес.

Вследствие широко принятой за границей патентной системы теория динамической балансировки гироскопов (если и существовала) была скрыта в недрах патентных свидетельств и связана с частными устройствами, предложенными отдельными изобретателями.

В статье «О динамическом уравнивании роторов гироскопов» А. Н. Крылов разработал общую теорию вопроса и предложил новые принципы проектирования специальных приспособлений (балансируемый станок, искровой прибор и т. п.), необходимых для осуществления требуемой балансировки, иначе говоря,

для исключения возможности вибрации и ее вредных последствий. Там же подробно излагаются рекомендуемые автором приемы испытаний. В заключение иллюстрируются возможности, доставляемые общей теорией Крылова для устройства разнообразных вибрационных приборов.

Простота решений, сочетаемая с их общностью и той степенью математической строгости, которая определяется практическими целями задачи, является характерной чертой научного наследства академика Крылова. Одним из многих примеров этого положения может служить статья «О формах равновесия сжатых стоек при продольном изгибе» (1931 г.). В своей основоположной работе Л. Эйлер ограничил исследование определением критической величины сжимающей силы, при которой прямолинейная форма равновесия оси стержня становится неустойчивой: небольшой эксцентриситет (смещение точки приложения сжимающей силы по отношению к прямолинейной оси стержня), незначительная поперечная нагрузка вызывают изгиб стержня, последствия которого не исчезают после устранения соответствующих причин явления. Остался невыясненным вопрос о том, что произойдет со стержнем или стойкой, когда нагрузка превысит критическую — каковы при этом будут «боковой прогиб» и «продольная усадка» стойки.

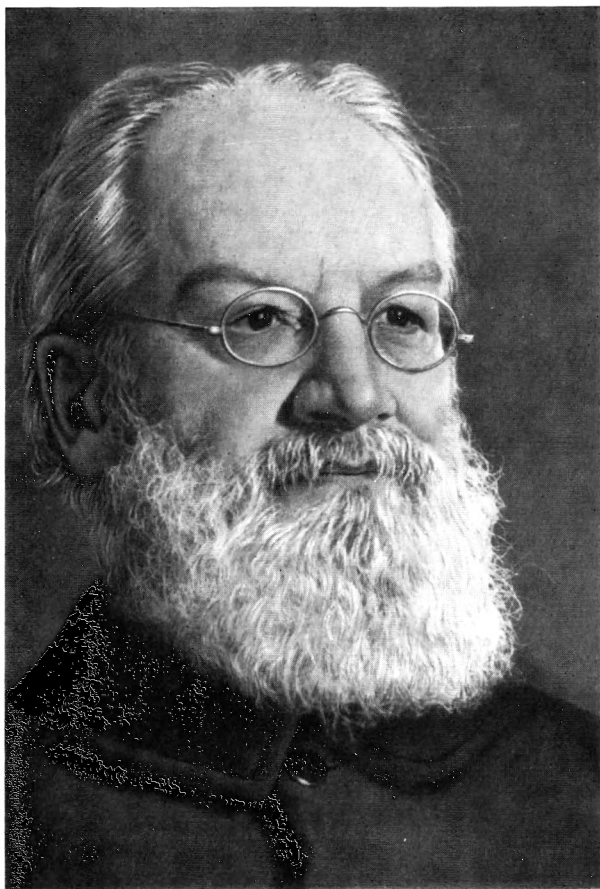
В указанной выше статье Алексей Николаевич показывает простейший способ вычерчивания равновесных форм оси стержня, принимаемых ею при заданных значениях «сжимающей» силы, превышающих критическую — эйлеровскую — нагрузку. Выбор графического метода представления результатов его автор мотивирует тем, что «для техника чертеж гораздо нагляднее всяких формул выясняет существо дела».

Чтобы по заслугам оценить предложенное Крыловым решение, заметим, что расчет прогиба стойки в одном лишь сечении по формулам, предлагаемым в различных классических сочинениях по теории специального типа (так называемых эллиптических) функций, требует во много раз больше вычислений, нежели проводится по способу А. Н. Крылова для целой серии, состоящей из восьми типичных кривых по шесть точек в каждой.

«Понятно, — заключает Алексей Николаевич свою статью, — почему подобное решение (речь идет об аналитическом расчете, — И. Х.) отпугивает техника и инженера от столь простого по существу вопроса».

Известно значение труда А. Н. Крылова «О вынужденных колебаниях упругих призматических стержней», в котором дан новый метод решения многих практических задач теории вибраций. Хотя в этой, как и в других работах Алексея Николаевича, во главу угла ставилась не математическая сторона вопроса, а практическое применение новой научной идеи, математики не «отдают» ее инженерам: метод, предложенный Алексеем Николаевичем, является настолько всеобщим, что с его помощью ре-





А. Н. Крылов (1931 г.).



А. Н. Крылов среди участников заседания научно-технического совета Научно-исследовательского института военного кораблестроения (1935 г.).

шаются многие проблемы математической физики, приводящие к так называемым «неоднородным дифференциальным уравнениям с двумя независимыми переменными при однородных начальных и граничных условиях».

Уступая объективно справедливым «притязаниям» специалистов-математиков, изложим существо рассматриваемой математической проблемы, метод ее решения и его приложения в главе IV, посвященной трудам А. Н. Крылова в области математики и механики.

Творчество академика Крылова было неразрывно связано с задачами социалистического строительства в нашей стране: Алексей Николаевич одним из первых отзывался на его запросы. Так, в годы первой пятилетки им был выпущен в свет труд «О расчете балок, лежащих на упругом основании», оснастивший советских инженеров новыми методами расчета сооружений. В предисловии к этой книге Алексей Николаевич писал: «На применимость формул к численным вычислениям, без чего вопрос не может считаться решенным, я обращаю особенное внимание, ибо рассматриваемый вопрос в связи с нашим громадным и самым разнообразным строительством как раз теперь получил немаловажное практическое значение».

Поясним смысл этой инженерной проблемы. Когда балка жестко заделана одним концом либо поставлена на две опоры, из которых одна неподвижна, а другая может свободно перемещаться по жесткому (практически недеформируемому) фундаменту (при этом обе опоры связаны с балкой шарнирами, позволяющими последней поворачиваться вокруг своих осей), определение неизвестных реакций фундамента ведется простейшим методом теоретической механики, а последующий расчет балки (проверка ее прочности и жесткости или подбор необходимого сечения) выполняется простыми средствами дисциплины «Сопротивление материалов».

Задача усложняется, если балка поставлена на несколько опор, и становится особенно сложной в тех многих случаях, когда балка опирается на сплошное основание и притом упругое: в каждой точке соприкосновения балки с фундаментом его реакция сама зависит от прогиба балки, а именно пропорциональна этой деформации, которая равна «усадке» фундамента в соответствующей точке.

Вместо многих примеров, которые могут быть взяты из разнообразной строительной практики, ограничимся иллюстрациями, заимствованными из области кораблестроения.

Конструкция днища пассажирского или грузового судна обычной постройки состоит из среднего киля, нескольких параллельных ему продольных балок, называемых стрингерами, и многих поперечных балок — шпангоутов. Опорами для киля и стрингеров служат поперечные переборки, разделяющие отдельные отсеки судна.

Ввиду относительно большого числа шпангоутов, как правило, равномерно распределенных между переборками, обычно полагают, что продольные связи — киль и стрингеры — лежат на сплошном упругом основании: такая схематизация явления, существенно упрощая постановку инженерной задачи, не вносит в ее результаты практически заметных искажений.

Другим примером может служить расчет прочности корабля, поставленного в док на килевой дорожке, состоящей из набора деревянных клеток (из бревен), имеющих различную степень жесткости.<sup>3</sup>

Вследствие практической важности вопроса расчет балок, лежащих на упругом основании, занимал умы многих исследователей.

В частности, этому вопросу был посвящен большой труд японского профессора Кейши Хаяси, изданный в переводе Государственным техническим издательством, видимо, для широкого использования его советскими инженерами.

Однако применение метода Хаяси связано со значительными вычислительными трудностями. Они вызваны тем, что балка в соответствии с характером приложенной нагрузки разбивается на ряд участков, число которых в практических приложениях может достигать 20—30. Затем для каждой границы смежных участков составляются условия сопряжения, в математической форме отражающие свойства непрерывности и плавности изогнутой оси рассчитываемой связи (балки). Такой подход к решению основной задачи приводит к необходимости определения 80—120 неизвестных чисел — так называемых неопределенных постоянных интегрирования дифференциального уравнения четвертого порядка.

Сколь велика трудоемкость подобной работы даже при использовании современных методов вычислительной техники, может судить всякий читатель, если когда-либо ему пришлось взять на себя труд решения системы, например, 10 уравнений первой степени с 10 неизвестными.

В отличие от этого метод, предложенный академиком Крыловым, при любом характере нагрузки требует отыскания только двух неопределенных постоянных: делить балку на отдельные участки не надо, условий сопряжения составлять не надо, вместо многочисленных уравнений для разыскания неопределенных постоянных во всех случаях нагрузки приходится иметь дело лишь с двумя условиями закрепления одного из концов балки. Здесь же разработанная метода обобщается на более сложный случай балок переменного и притом любого сечения и

---

<sup>3</sup> Аналогичный расчет может понадобиться при посадке корабля на каменную гряду в результате аварии: он окажется полезным как для правильного проведения судоподъема, так и для оценки живучести судна, вынужденно оставленного в аварийном положении до подхода спасателей.

прилагается к расчету перекрестных связей — система стрингеров и шпангоутов, — образующих набор судового днища.

Работа А. Н. Крылова «О расчете балок, лежащих на упругом основании» приобрела сразу широкую известность и выдержала несколько изданий. Она опубликована также в книге «Избранные труды А. Н. Крылова», вышедшей в свет в серии «Классики науки», издаваемой Академией наук СССР. Алексей Николаевич указал науке о прочности стройный и простой, ставший классическим путь решения одной из важнейших ее задач, именуемый теперь методом начальных параметров.

Этот метод нашел свое дальнейшее использование в трудах профессоров К. Н. Снитко, И. С. Подольского, Н. И. Безухова, М. Э. Бермана и других. В последние годы он стал достоянием учебников по сопротивлению материалов (Н. М. Беляева, М. М. Филоненко-Бородича) и вошел в программы высших технических учебных заведений.

Одна из общепризнанных заслуг А. Н. Крылова заключается в том, что он дал мощный толчок всей русской школе кораблестроения, направив ее по пути широкого использования математического аппарата исследования и творческого богатства методов анализа, созданных в математической теории упругости и в других областях приложения математики и теоретической механики к задачам естествознания. В частности, он широко пропагандировал общие методы решения многих технических вопросов, которые до этого были достоянием одной лишь астрономии, хотя уравнения, отражающие движение планет и вибрацию судовых конструкций, по своему математическому содержанию не отличались друг от друга. Таким образом Крылов создавал в своих трудах новые, в меру практической потребности строгие и вместе с тем простые пути решения разнообразных проблем корабельной науки.

Однако Алексей Николаевич не ограничился теоретическим исследованием вопросов и одновременно положил начало широкому экспериментальному изучению напряжений в корпусе корабля на волнении в различных условиях морской обстановки: им был сконструирован простой и оригинальный индикатор, примененный для записи напряжений в связях корпуса на «Аскольде» и «Океане» в 1902—1903 гг. К этому же времени относится исследование Крылова по обобщению материалов испытаний ледокола «Ермак», кратко освещенных в главе I. Обработка результатов этих опытов, в частности, показала, что изгибающие моменты в корпусе ледокола в условиях давления на ледовый покров толщиной от 0.8 до 1 м примерно в полтора раза превышают расчетные моменты, исчисленные для плавания на волнении.

На протяжении всей своей дальнейшей научно-инженерной деятельности А. Н. Крылов являлся не только инициатором мно-

гих экспериментальных исследований, но своими советами и богатейшим практическим опытом, переданным новым поколениям кораблестроителей, в значительной мере обеспечил успех их опытных работ в разнообразных областях науки и ее технических приложений.

Характеризуя работы Алексея Николаевича по строительной механике корабля — от первого систематического курса «Вибрации судов» до «Расчета балок, лежащих на упругом основании», профессор П. Ф. Папкович в докладе, прочитанном 15 декабря 1945 г., заключал: «Под влиянием этой именно серии работ А. Н. Крылова последние 40 лет явились для строительной механики корабля у нас в Союзе чем-то вроде периода бури и натиска».

Действительно, за последние годы Ю. А. Шиманским был написан фундаментальный труд «Динамический расчет судовых конструкций», удостоенный Государственной премии первой степени. Ему же принадлежат основоположные работы по расчету прочности надстроек корабля и прерывистых связей корпуса, которые не продолжают в нос или в корму.

Общеизвестны капитальные монографии по теории упругости и строительной механике корабля, принадлежащие перу П. Ф. Папковича и одного из выдающихся представителей крыловской школы — академика В. В. Новожилова.

Богатое наследие А. Н. Крылова и И. Г. Бубнова успешно развито в работах их учеников — первого, второго и, можно сказать, третьего поколений. Труды советской школы академика Крылова широко известны и за рубежом как фундамент современной строительной механики корабля.

## Труды А. Н. Крылова в области компасного дела

«Компас — инструментик малый, но если бы его не было, Америка не была бы открыта», — так заключает Алексей Николаевич работу «Возмущения показаний компаса, происходящие от качки корабля на волнении», которая наряду с курсом лекций «Основания теории девиации компаса» и исследованием «О теории гирокомпаса Аншютца, изложенной проф. Геккеле-ром» в 1941 г. была удостоена Государственной премии первой степени.

К этому «маленькому инструменту» и было приковано внимание молодого, Крылова еще в последние годы его пребывания в Морском корпусе. За короткое время он изучил специальную литературу по теории магнитных компасов, включая выдающиеся работы И. П. де Колонга. Этот фанатик своего дела, о котором на флоте говорили: «Колонг считает, что корабли строятся для того, чтобы было на чем устанавливать компасы и уничтожать их девиацию», — еще в 1884 г. распознал в Алексее Николаевиче будущего большого ученого.

Какие же проблемы выдвинуло компасное дело уже в середине прошлого столетия, заинтересовав им наших моряков? Прежде всего это девиация магнитного компаса.

Всякий знает устройство карманного прибора, которым широко пользуются для определения «стран света»: магнитная стрелка такого компаса, насаженная для обеспечения высокой степени подвижности на острие шпильки, устанавливается в земном магнитном поле в северо-южном направлении. Судовой компас основан на том же принципе и отличается от карманного тем, что обычно несколько стрелок жестко соединены с легким кругом, на котором нанесены градусные деления и румбы (тридцать вторые доли всей окружности). Вся подвижная часть компаса называется картушкой: по ее положению по отношению к корпусу компаса, жестко связанному с кораблем, можно непосредственно судить о направлении движения, иначе говоря, о курсе корабля.

Следует, однако, иметь в виду, что ось стрелки компаса устанавливается в плоскости меридиана, проходящего через данную точку земли (в направлении от южного магнитного полюса к северному), лишь в том случае, если вблизи нет магнитных масс или несущих ток электрических проводников. В иных условиях имеет место «аномалия»: стоит приблизить к компасу магнит, кусок стали или контур, по которому протекает электрический ток, как стрелка компаса отклонится от своего нормального положения. Погрешность показаний компаса, происходящая от влияния судового железа или электрических токов, называется его девиацией.<sup>1</sup>

Пока корабли строились целиком из дерева, не было и соответствующей проблемы — компас честно выполнял свою службу.<sup>2</sup> В 40-х годах прошлого столетия началось строительство стальных, или, как тогда говорили, железных, судов; девиация компасов стала причиной аварии и гибели многих из них.

В 1862 г. на протяжении одного месяца у берегов Ирландии затонуло два пассажирских парохода, шедшие из Америки. На каждом из них погибло более ста человек. Расследование аварий показало, что суда наткнулись на подводные камни, так как вследствие погрешностей показаний компасов сошли с правильного курса.

Русские моряки живо заинтересовались причиной подобных «случайностей», к разряду которых нередко английское Адмиралтейство относило последствия своего собственного невнимания к навигационным приборам. В Кронштадте в эти годы была организована компасная лаборатория, в которой под руководством И. П. де Колонга были разработаны конкретные и простые меры борьбы с девиацией компасов: она практически полностью уничтожалась путем компенсации влияния судового магнетизма установкой дополнительных магнитов и брусков из мягкого железа. Таким образом создавалось магнитное поле, прямо противоположное действию железных масс судового корпуса.

Другим способом решения задачи являлось определение погрешности показаний компаса при различных курсах, иначе говоря, установление зависимости девиации от направления движения корабля. Если эта связь установлена достаточно достоверно, то пользоваться компасом можно и при неверных показаниях [по

---

<sup>1</sup> Определение девиации магнитных компасов на кораблях проводится в условиях, когда ближайшая к главному компасу башня (или пушка главного калибра) зафиксирована в походном положении, от которого она отклоняется лишь во время боя. Определение девиации на транспортных судах, перевозящих металлический лом, руду, станки и т. п., должно проводиться в условиях, максимально приближенных к эксплуатационным.

<sup>2</sup> Здесь исключаются из рассмотрения случаи, известные из истории криминальных происшествий на море, когда с преступной целью под нактоуз компаса подкладывался металлический предмет, чтобы вывести картушку из меридиана.



принципу «прибавь меня (девиацию) к неправильному, получишь правильное»] подобно тому, как можно наблюдать время по неправильно показывающим часам, если только надежно известно, насколько они отстают или спешат.

Оба пути исследования девиации и учета ее последствий строились на математических основах и, видимо, этим обстоятельством и практической важностью вопроса привлекли внимание Крылова. В какой мере он был эрудирован в этой области к моменту окончания Морского корпуса, можно судить по следующему эпизоду, рассказанному Алексеем Николаевичем в книге «Мои воспоминания»: «На выпускном экзамене главным экзаменатором по девиации был Н. Н. Зыбин. Мне достался вопрос об уничтожении полукруговой девиации по способу Эри. Я изложил этот вопрос так, как это сделано в одной из статей Колонга, а не так, как в учебнике Зыбина, который меня прервал словами:

— Сотрите, у вас неверно, переходите к следующему вопросу.

— Позвольте вам доложить, господин капитан первого ранга, и доказать, что у меня верно, сделав более крупный чертеж.

— Делайте, неверное останется неверным.

«Я стал чертить и одновременно объяснять чертеж, заняв более четверти громадной доски. Не успел я закончить чертеж, как Зыбин меня перебивает:

— Извините, у вас все верно, я ошибся. Довольно, я вижу, что вы отлично знаете предмет. Благодарю Вас! — и без совещания с остальными экзаменаторами поставил 12; понятно, что и остальные экзаменаторы поставили тот же балл.

«На экзамене было много воспитанников, слушавших ответ, и пошла по всему училищу легенда: Крылов на экзамене по девиации самого Зыбина срезал».

Алексей Николаевич блестяще закончил Морское училище, экзаменационная комиссия постановила присудить ему высшее отличие: повысить по списку выпускников на пять человек, но Крылов и без этого повышения был первым.

Приказом от 1 октября 1884 г. А. Н. Крылов был произведен в мичманы с награждением премией (330 руб.) имени Монде и с занесением его фамилии на мраморную доску.

По представлению И. П. де Колонга нового мичмана флота зачисляют в Компасную часть Главного гидрографического управления, где и начинается его систематическая научная деятельность. Она оказалась уже на первых порах настолько успешной, что в начале 1886 г., когда де Колонга пригласили войти в число членов Экспертной комиссии на Третьей электротехнической выставке по отделу морских приборов, Иван Петрович ответил на это приглашение: «Высоко уважая труды Комиссии, покорнейше прошу Совет извинить меня, что, не будучи им уполномочен, позволяю себе рекомендовать офицера, обладающего глубокими сведениями в той же отрасли знания, какую Комиссия во мне нашла

полезной для деятельности экспертизы. Считаю долгом прибавить, что этот офицер уже около  $1\frac{1}{2}$  лет сотрудничает мне и в области своей деятельности представил несколько трудов, которые в скором времени будут напечатаны. Этот офицер — мичман Алексей Николаевич Крылов. Местожителство его: Васильевский остров, 13 линия, в доме № 24, кв. 9».

Труды, которые так высоко оценил де Колонг, были первыми научными работами А. Н. Крылова. Это «Вычисление делений горизонтальных и вертикальных сил для дефлектора компаса» (1885 г.), «О расположении стрелок в картушке компаса», «Le Dromoscope», «Исследование дромоскопа Фурнье» (1886 г.) и, наконец, новый дромоскоп, предложенный Крыловым вместо французского, несмотря на чрезвычайную простоту конструкции и дешевизну, во много раз более точный, чем прибор Фурнье.

Все способы уничтожения и определения девиации без наблюдения ее самой основаны на измерении магнитных сил, действующих на картушку компаса на различных курсах корабля. И. П. де Колонг, являющийся автором многих из этих способов, сконструировал в 1879 г. прибор, именуемый дефлектором и служащий для измерения лишь горизонтальных сил магнитного поля. Де Колонг предложил Алексею Николаевичу рассчитать шкалу дефлектора для измерения вблизи компаса и вертикальных составляющих силовых воздействий поля. Произведя обширные наблюдения, построенные на новых началах, и разработав метод их анализа, Крылов в совершенстве решил поставленную задачу: за 80 лет, истекшие с того времени, конструкции магнитных компасов претерпели немало изменений, однако деления горизонтальных и вертикальных сил для их дефлекторов до сих пор рассчитываются по методу, предложенному двадцатидвухлетним мичманом Крыловым.

Возникновение следующей его научной работы обязано тому обстоятельству, что теория девиации была основана на упрощающем предположении — малости длины компасной стрелки по сравнению с расстоянием до ближайшей железной детали. Легко видеть, что это предположение нарушается хотя бы из-за того, что магниты, уничтожающие девиацию, а также мягкое железо нактоуза, на котором устанавливается компас, находятся в непосредственной близости от компасных стрелок. Возникающая вследствие этого ошибка проявляется в том, что после устранения так называемой четвертной девиации<sup>3</sup> у компаса появляются девиации высших порядков. А. Н. Крылов разработал общую теорию

---

<sup>3</sup> В этом случае график зависимости девиации от курса корабля четыре раза пересекает горизонтальную ось отсчета. Вообще наименование девиаций (шестерная, восьмерная и т. п.) отвечает числу раз их «перехода через нуль» при последовательном изменении курса корабля от 0 до 360°.

рассматриваемого вопроса, в которой дал полное решение задач, до этого лишь приближенно исследованных в трудах английских специалистов Смита и Эвенса. Приемами математического анализа Алексей Николаевич показал, как нужно располагать систему из двух пар стрелок, чтобы уничтожить девиации высших порядков, происходящие от неоднородности магнитного поля в области картушки. На базе этой статьи Крылова аналогичная задача, но для системы, состоящей из трех пар стрелок, была впоследствии решена П. А. Домогаровым.

Алексей Николаевич настолько зарекомендовал себя первыми работами в области девиации компасов, что ему было поручено вести по этому предмету занятия с офицерами флота, прикомандированными к Компасной части Главного гидрографического управления для специальной подготовки.

Две другие ранние работы А. Н. Крылова — «Le Dromoscope» и «Исследование дромоскопа Фурнье» — посвящены общему вопросу — исследованию прибора, служащего для механизированного решения задач по вычислению девиации и внесения соответствующих поправок в наблюдаемые по компасу курсы корабля. Необходимость в подобном приборе (дромоскопе) была вызвана тем, что на флоте предпочитали тогда не уничтожать девиацию на главных компасах, а учитывать ее на основе заранее составленных таблиц. При относительно большой величине девиации ее вычисление и решение задач по «исправлению и переводу румбов» в действительные значения загружали штурмана и вахтенного офицера немалоемкой счетной работой. Функции подобного исполнителя должен был принять на себя дромоскоп.

Во французском флоте такой прибор был сконструирован адмиралом Фурнье. В начале 1886 г. в связи с поручением Главного гидрографического управления дать заключение о новом дромоскопе Алексей Николаевич после тщательного исследования прибора устанавливает, что дромоскоп Фурнье воспроизводит не точную, а приближенную формулу девиации, а его дефлектор в дополнение к этому дает значительные собственные ошибки. В ближайшем номере журнала «Морской сборник» (№ 10 за 1886 г.) мичман Крылов помещает описание предлагаемого им оригинального прибора, построенного на точных аналитических зависимостях и притом во много раз более простого, чем дромоскоп Фурнье.

В специальном докладе на имя морского министра Морской ученый комитет писал по этому поводу: «...принимая во внимание громадное значение этого прибора как по его практическому, так и по теоретической точности в деле определения и уничтожения девиации, (Комитет) считает справедливым ходатайствовать о награждении мичмана Крылова 1000 рублей. Прибор ввести в употребление на судах военного флота» (Архив АН СССР, ф. 759).

Огромная по тому времени премия, выданная Алексею Николаевичу, с лихвой окупалась преимуществами его прибора: он стоил в семь раз дешевле французского.

После поступления в 1888 г. на кораблестроительное отделение Морской академии А. Н. Крылов, по выражению И. П. де Колонга, «отвлекся» на долгие годы от компасного дела и кораблевождения, обратив все свои творческие силы на развитие отечественного судостроения и корабельной науки. Однако и на протяжении этого периода «отвлечений» Алексей Николаевич выбрал время для написания в энциклопедии Брокгауза и Ефрона ряда статей: «Девияция компасов» (т. 19), «Дромоскопы» (т. 21), «Компас» (т. 30), «Кораблевождение» (т. 31), «Навигация» (т. 39).

В 1923 г. был издан труд академика Крылова «О земном магнетизме». Он явился первым систематическим руководством по рассматриваемому разделу науки. Потребность в этой книге ощущалась уже давно; особенно остро она выявилась при развертывании экспедиционной деятельности Главного гидрографического управления в 20-е годы: магнитные съемки стали проводиться в массовых масштабах, а молодая советская промышленность начала обеспечивать их соответствующими приборами.

Свой труд А. Н. Крылов начинает кратким историческим введением: «Древним грекам, а от них и римлянам было известно свойство некоторого бурога камня притягивать железо и сообщать это свойство также притянутым и касающимся этого камня кускам железа, которые в свою очередь притягивают другие куски. Камень этот они называли или гераклеийским, или магнитным, по названию города Магнезия в Малой Азии, близ которого такие камни находили.

«Философский ум древних греков был склонен к строгим отвлеченным суждениям и строгим выводам, недостижимые образцы которых дошли до нас в творениях Евклида, Архимеда, Аполлония, но экспериментального метода исследования тогда не существовало, и прошло более 20 веков, пока он был установлен, развит и повел к быстрому движению вперед всех опытных наук, преобразовавших всю жизнь культурного человечества.

«Отсутствие экспериментального метода изучения явлений природы оставляло полный простор фантазии и способствовало укоренению разного рода поверий и исканий таинственного. Понятно поэтому, что магнитный камень, обладавший необыкновенными свойствами, стал предметом суеверий. Ему приписывали свойства и останавливать кровь, и возбуждать меланхолию, и привлекать женщин, служить средством для убеждения в их целомудрии, терять свою силу, если его потереть чесноком, и приобретать ее вновь, если его обмыть козлиной кровью, терять способность притягивать железо в присутствии алмаза и т. п. Средние века, когда все основывалось на авторитете, а самый эксперимент почитался

ересь, способствовали распространению этих поверий, прибавляя к ним и свои, как например о том, что в странах гиперборейских существуют такие магнитные скалы и горы, приближение к которым опасно для судов с железным креплением — судно или притягивается скалой, или же из него выдираются гвозди, и оно гибнет, почему там суда и делают с деревянным креплением. В этом поверии любопытно последнее: „шитики“, в которых действительно нет ни одного гвоздя, существуют и поныне на Мурмане и Белом море».<sup>4</sup>

Далее в выдержках из введения можно прочесть: «Известия о пользовании компасом в Европе находятся в некоторых литературных памятниках XII века, из которых можно судить, что первоначальным компасом служили швейные иголки, которые тогда делались, по-видимому, железными, а не стальными. Их касались магнитным камнем, и они намагничивались. Такую иголку клали на соломинке или на пробочке на воду в круглой чашке, и иголка своей длиной становилась в плоскости меридиана...

«Клапрот, по данным китайских летописей, приводит доказательства, что в Китае за 120 лет до нашей эры были известны „полярность“ магнитов и свойство намагниченных иголок указывать юг.

«По Клапроту, известия о путеводных повозках, в которых маленькая поворотная фигурка воина или жреца указывала рукою направление юга, приводятся во множестве китайских летописей и не относятся к числу тех сообщений о китайском приоритете и великих изобретениях, как например было с логарифмами, когда по сличению оказалось, что в китайской таблице повторяются те же самые ошибки и опечатки, как и в таблицах Влака, изданных в Голландии в 1628 г.».

Оставив разбирательство вопроса о приоритете в открытии и практическом использовании явления земного магнетизма на союзе историков, академик Крылов в основной части своего труда излагает теорию вопроса. При этом он базируется на известных работах Гаусса, «поставившего науку о земном магнетизме на совершенно новые основания и не только внесшего в магнитные измерения астрономическую точность, но и приведшего их к абсолютной мере», т. е. единой системе основных физических единиц. Наряду с «Необходимыми сведениями из учения о магнетизме вообще» (глава II) и «Основаниями учения о земном магнетизме и началами математической теории его» (глава III) читатель найдет в этой книге «Основания устройства и общее описание

---

<sup>4</sup> Следует напомнить, что строительство малых судов без гвоздей и железных креплений было вызвано крайней бедностью железоделательных ремесл в этих краях; руда была найдена здесь значительно позже, а закупка металлических изделий у соседей (например, в Швеции) была весьма невыгодной.

приборов, служащих для определения элементов земного магнетизма» (глава IV) и, наконец, «Общие указания и правила пользования переносными магнитными приборами» (глава V). Уже этого перечисления достаточно, чтобы уяснить, сколь большую роль сыграл труд А. Н. Крылова в развитии экспедиционных работ по исследованию земного магнетизма.

В частности, когда возникла необходимость в кратчайший срок обследовать обширный район Курской магнитной аномалии, в котором диапазон изменения магнитных характеристик во много раз превышал возможности существовавших тогда прецизионных приборов, Крылов предложил использовать в экспедиции морские компасы с дефлектором де Колонга, остроумно приспособленные Алексеем Николаевичем для выполнения необычного назначения.

В части второй II тома «Собрания трудов академика А. Н. Крылова», посвященной земному магнетизму и компасному делу, можно прочесть поучительную статью, наименование которой укладывается в 4 строки: «Об использовании Курской магнитной аномалии для достижения на самолетах и дирижаблях полного уничтожения девиации компаса, т. е. такого, что она остается уничтоженной для всех мест земной поверхности при всякой высоте полета».

Начинается статья словами: «Уф! Заглавие в 31 слово, но у Кельвина есть заглавия статей и в 50 слов». Хотя подобное заглавие, казалось бы, вскрывает полностью ее целенаправленность, Алексей Николаевич считает все же необходимым пояснить ее в тексте: «... с переменной магнитного наклона силы, уничтоженные в одном месте, появятся вновь, когда корабль придет в другое место. На корабле, на котором есть и старший штурман и при нем один или два младших, при сравнительно медленных изменениях места, определяя по наблюдениям (наблюдениям), легко учитывать изменение девиации или „подправлять ее уничтожение“. Но корабельные приборы в сущности без всяких принципиальных изменений перенесли и на самолеты, где имеется не несколько, как на корабле, компасов, так что, работая у одного компаса, можно править по другому, а где всего один компас и один штурман, он же часто и пилот.<sup>5</sup>

«Вместе с тем самолет проходит в час больший путь, нежели корабль в сутки, и было бы особенно важно уничтожить девиацию так, чтобы она с переменной места самолета не появлялась бы вновь».

---

<sup>5</sup> В то время многомоторные дальние воздушные корабли были еще редкостью; с развитием авиации они перешли на использование радионавигации и гироскопических приборов. Американец Линдберг — «последний из могикан» — летчик, перелетевший через Атлантический океан с одним магнитным компасом.

Далее академик Крылов показывает, как это можно осуществить, имея в распоряжении два пункта наблюдений со значительно разнящимися элементами земного магнетизма: «Таких пунктов, можно сказать, имеется под боком у Москвы, которую можно считать за такую же базу для самолетов, как Кронштадт для судов, сколько угодно на столь превосходно изученной под руководством академика П. П. Лазарева Курской магнитной аномалии; здесь можно иметь пункты, разнящиеся по своим магнитным элементам более, нежели Магелланов пролив или Новая Зеландия и Кронштадт. Стоит только в районе Курской магнитной аномалии выбрать и оборудовать надлежащие площадки, и поставленная задача будет решена».

Эта статья написана в январе 1940 г. Может показаться, что в связи с широким применением в авиации гирокомпасов она уже устарела, хотя и с этим нельзя согласиться, имея в виду использование относительно дешевых и надежных магнитных компасов на малых самолетах. Во всяком случае четырехстраничная статья с необычно длинным названием останется всегда примером острой пылкости ученого, который в новом явлении природы должен усматривать возможности дальнейшего развития области своей научной специальности.

Содержание рассмотренной работы А. Н. Крылова доложил на заседании Физического отделения АН СССР. Направляя заблаговременно текст доклада академику-секретарю отделения А. Ф. Иоффе, Алексей Николаевич в сопроводительной записке писал: «Если Вы, Абрам Федорович, признаете, что этот доклад может принести пользу и заслуживает внимания, то найдете ли Вы возможным этот доклад заранее размножить (например, на стеклографе) и раздать членам отделения — физикам, чтобы они могли заблаговременно с докладом ознакомиться и высказать свои соображения, а не только, слушая вещь, хотя и весьма простую, но совершенно им чуждую, ее в одно ухо впускать, а из другого выпускать».

К этому периоду жизни А. Н. Крылова, который он сам охарактеризовал, как возвращение «к компасному делу, с которого я начал свою работу для флота», относятся три его основных труда: «Возмущения показаний компаса, происходящие от качки корабля на волнении», «Основания теории девиации компаса» и «О теории гирокомпаса Аншютца, изложенной проф. Геккелером».

В первой из работ академик Крылов рассматривает те колебания картушки компаса, которые вызываются механическими, а не магнитными причинами; иначе говоря, им исследуется движение картушки как твердого тела, подвешенного за заданную точку, перемещения которой предопределены качаниями корабля. Роль такой точки играет конец вертикальной шпильки, на которую опирается картушка. Естественно, что шпилька, неизменно связанная с кораблем, участвует в его перемещениях, вызванных

волнением. В соответствии с изложенным в главе I движение опорного конца шпильки определяет собой вынужденные колебания картушки. Ясно, что эти колебания будут искажать показания компаса, воспринимаясь наблюдателем как особый вид «девиации», вызванной не воздействием магнитного поля, а механическими причинами.

До А. Н. Крылова только Томсон обратил внимание на важность исследования колебаний картушки на качающемся корабле. Однако, в отличие от Алексея Николаевича, создавшего общую теорию рассматриваемого вопроса, Томсон ограничился лишь простыми геометрическими соображениями при изучении частного случая боковой качки судна. Отсюда известный физик сделал основной вывод о необходимости такого конструирования картушки, при котором период ее собственных (свободных) колебаний в 3—4 раза превысит период боковых качаний корабля: в таком случае амплитуда вынужденных колебаний картушки будет практически мала.

В какой мере плодотворна рассматриваемая работа Крылова, общие выводы которой включают в себя и частное заключение Томсона, можно судить по тому влиянию, которая оказала даже упрощенная и суженная постановка вопроса на развитие компасного дела уже в конце XIX в. По этому поводу Алексей Николаевич приводит следующую поучительную справку: «Вопрос о влиянии качаний корабля на показания компаса впервые рассмотрен Вильямом Томсоном (лорд Кельвин) в статье „On the Perturbations of the Compass produced by the Rolling of the Ship“... В этой статье Томсон ограничивается рассмотрением чисто боковой качки корабля, получает из простых геометрических соображений уравнение, равносильное третьему из уравнений (общей теории), и, заметив, что возмущающая сила синусоидальная, приходит к общему выводу, что если сделать период свободных колебаний значительно больше периода изменяемости силы, то возмущения будут весьма малые. За такой период он берет 30 секунд и ставит следующий вопрос: «Является важный практический вопрос, каким образом такой период может быть достигнут совместно с малостью стрелок компаса, которая необходима для возможности точного уничтожения девиации компаса».

«Поставив этот общий вопрос, знаменитый автор, не вдаваясь в изложение подробностей и разбора влияния качаний корабля, „что слишком бы удлинит статью“, после трехлетней экспериментальной работы к 1887 г. создал свой компас с легкой картушкой, малыми стрелками, приборами для уничтожения девиации (т. е. полукруговой, четвертной и креновой), дефлектором и пеленгатором (прибор, устанавливаемый на компасе для определения направления на различные предметы на берегу и в море) и представил его Английскому адмиралтейству (морское министерство).



«Адмиралтейство не сочло возможным принять компасы Томсона на суда флота, но допустило к пользованию ими капитанов, подобно тому как многие пользуются своим секстаном (угломерный инструмент для астрономических и навигационных наблюдений), а не казенным. Пять лет оно отклоняло предложение Томсона, и лишь чисто случайное обстоятельство повело к введению его компасов на судах английского военного флота.

«В 1882 г. правитель Египта Араби-паша восстал против турецкого султана, объявил себя независимым и взял под свой контроль Суэцкий канал, большая часть акций которого уже и тогда принадлежала английскому правительству.

«Англия послала свой броненосный флот под командой адмирала Сеймура усмирять Араби-пашу. Одним из наиболее мощных броненосцев „Инфлексибль“, вооруженным 80-тонными 17-дюймового калибра орудиями, командовал тогда капитан 1-го ранга Фишер [во время мировой войны он в чине генерал-адмирала (admiral of the fleet) был первым лордом Адмиралтейства и направлял все стратегические действия английского флота]. Другим таким же кораблем командовал капитан Хозам, впоследствии также полный адмирал. У обоих капитанов были свои собственные компасы Томсона.

«Сеймур без всяких дипломатических проволочек разгромил флотом главный оплот Араби — форты Александрии. Араби-паша покорился, передал Египет „во временное управление Англии для установления порядка и обеспечения судоходства по Суэцкому каналу“. Это „временное управление“ продолжается и по днесь (статья писалась в 1938 г., задолго до национальной революции в Египте и образования Объединенной Арабской Республики, — И. Х.); Араби же с изрядной пенсией в 20 тысяч фунтов стерлингов в год был поселен в райском климате Сейшельских островов». При бомбардировке фортов Александрии «на обоих кораблях, да и на всех прочих, от сотрясений при стрельбе из громадных орудий все компасы вышли из строя — их картушки ходили вкруговую, ни править по ним, ни определяться было невозможно; лишь компасы Томсона у Фишера и Хозама действовали превосходно», и успех бомбардировки «в значительной мере зависел от кораблей, которыми они командовали. Они уверенно маневрировали среди отмелей, выбирали близкую дистанцию, с которой стрельба из 80-тонных орудий отличалась удивительной меткостью, а их снарядам не могли противостоять никакие, ни каменные, ни земляные брустверы.

«В своих донесениях и Фишер и Хозам дали восторженные отзывы о компасах Томсона. Адмиралтейство вынуждено было распустить тот состав компасного комитета, который не признавал компасов Томсона, и назначить новый состав комитета под председательством Фишера. Компасы Томсона на основании бое-

вого опыта были немедленно приняты к применению на судах английского флота».

О рассказанном здесь историческом эпизоде Алексей Николаевич неоднократно упоминал и в «частных» беседах, обращая внимание слушателей на то, как много можно сделать для практики, опираясь на такой фундамент, каким является теория, сама представляющая собой обобщенную практику (в широком смысле слова).

Общее решение, полученное А. Н. Крыловым, позволило ему сделать новый практический важный вывод о недопустимости огульного уравнивания картушки вместо последовательного — механического и магнитного.

Существо вопроса заключается в следующем: отклонение плоскости картушки от горизонтального положения может вызываться двумя причинами. Если центр тяжести картушки не лежит на прямой, перпендикулярной к ее плоскости и проходящей через острие опорной шпильки, то картушка механически не уравновешена. Это легко проверить при ненамагниченных стрелках и добиться уравнивания путем соответствующего перемещения специально приспособленного для этого грузика. Другое отклонение вызвано вертикальной составляющей силы магнитного поля и в соответствии с физической природой явления называется «магнитным наклоном». Необходимое уравнивание — магнитное — может быть эффективно осуществлено путем перемещения грузика лишь после механического. В противном случае так называемое огульное уравнивание, как показало аналитическое решение, полученное Крыловым, приводит на качке к значительным колебаниям картушки.

В XVI в. английский компасный мастер Норман производил уравнивание картушки правильно: сначала механическое, а затем магнитное. Он открыл «магнитное наклонение» и построил специальный прибор — инклинатор — для его измерения. Но вскоре от способа Нормана отказались. «Причина отступления от практики Нормана, — писал А. Н. Крылов, по-видимому, состояла не столько в упрощении работы (замена двух операций одной), сколько в том, что уже более ста лет принято магниты проваривать в кипящем льняном масле, чтобы они сохраняли свою силу и с течением времени не размагничивались, а готовую картушку в масле не проваришь».

Далее Крылов дает конкретные рекомендации, как помочь делу и простейшим образом добиться необходимого уравнивания картушки.

Следующий параграф работы посвящен отдельному рассмотрению влияния движения центра тяжести корабля, рысканья (отклонения с курса, осуществляемого небольшим поворотом корабля вокруг вертикальной оси), боковой и килевой качки на колебания картушки. Естественно, что в числе прочих

выводов как частный случай получается формула Вильяма Томсона.

В заключение Алексей Николаевич исследует колебания картушки в жидкости. Отличие от «сухой» картушки проявляется не только в более сильном гашении колебаний, но главным образом в том, что в новых условиях « картушка почти плавает в жидкости, оказывая самое ничтожное давление на шпильку, которая только центрует картушку в котелке, не давая ей касаться его внутренней поверхности». Здесь, так же как в предшествующих частях работы, результаты исследования заканчиваются конкретными указаниями, относящимися к рациональному проектированию компаса: Крылов предлагает оригинальную конструкцию сферической картушки с успокоительными систернами и температурным компенсатором. Последним предложением Алексей Николаевич внес фундаментальный вклад в дальнейшее развитие компасного дела.

Как бы желая оправдать необходимость столь основополагающего исследования, подобного которому нельзя найти в мировой литературе, А. Н. Крылов в конце работы писал: «Может возникнуть вопрос, стоило ли для исследования такого ничтожества, как картушка компаса, исписать 35 печатных страниц формулами и уравнениями, не есть ли это упражнение в „стрельбе по воробьям из пушек“.

«Но если припомнить, сколько кораблей погибло, да и теперь еще гибнет из-за неправильностей показаний компаса или от того, что от качки он перестал действовать; сколько труда затрачено на составление магнитных карт всех морей и океанов, начиная с экспедиций 1701 и 1702 гг. знаменитого Галлея; сколько труда затрачено на создание теории земного магнетизма в течение 25 лет самим „*princeps mathematicorum*“ («главой математиков») Гауссом; какой невероятный по громадности численных вычислений труд в течение 40 лет затрачен Адамсом на выработку методов составления магнитных карт по наблюдениям в отдельных пунктах; если припомнить, сколько над компасом работал величайший физик 19-го века Вильям Томсон лорд Кельвин, и принять в соображение, что конечная цель всех этих трудов состоит в правильности показаний компаса, то 35 страниц нашей работы представятся ничтожно малою величиною по сравнению с упомянутыми великими трудами».

В конце 1938 г. в Институте теоретической геофизики АН СССР академик Крылов доложил свою работу «Возмущения показаний компаса, происходящие от качки корабля на волнении». При обсуждении доклада члены Совета института и его директор академик О. Ю. Шмидт выразили общее пожелание прослушать курс лекций по теории девиации компаса.

Алексей Николаевич прочел в Институте геофизики несколько лекций, изложив в них главным образом принципиальную теоретическую часть предмета. Совет института постановил издать

этот курс. В предисловии к книге А. Н. Крылов писал: «Необходимо заметить, что учение о девиации компасов благодаря трудам И. П. де Колонга, охватывающим промежуток времени около 40 лет, стояло в нашем Флоте гораздо выше, нежели в любом из иностранных флотов, и продолжает удерживать этот уровень благодаря работам учеников Ивана Петровича...»

«Имя Ивана Петровича де Колонга столь часто встречается в этих лекциях потому, что наряду с Пуассоном, Арч. Смитом и В. Томсоном Иван Петрович является истинным творцом этой области знаний, столь важной для мореплавания, а теперь и для авиации».

В известной мере придерживаясь изложения предмета, принятого в лекциях, читанных Колонгом в Морской академии в 1888—1890 гг., Крылов дает полное аналитическое исследование вопросов, для которых Иваном Петровичем было получено графическое решение. Дальнейшее оригинальное развитие получила метода вычисления девиации по результатам наблюдений на равноотстоящих курсах, для обоснования которой Алексей Николаевич применил «простой, чисто элементарный прием», заключающийся в разложении девиации в тригонометрический ряд.

В заключение труда обращается внимание на «настоятельную необходимость полного уничтожения девиации на самолетах, т. е. для всех мест земной поверхности и всех высот полета», и показывается, как этого можно добиться, используя, например, Курскую аномалию.

История возникновения работы «О теории гирокомпаса Аншютца, изложенной проф. Геккелером» весьма характерна для деятельности Алексея Николаевича. Консультируя на одном из наших заводов производство гироскопических компасов, Крылов усмотрел ряд принципиальных ошибок, допущенных Геккелером при изложении теории гирокомпаса, на которой базировалось его проектирование. До этого статья проф. Геккелера, помещенная в научно-техническом журнале «Ingenieur Archiv» за 1933 г., считалась основным теоретическим руководством по указанному вопросу и рекомендовалась студентам тех высших учебных заведений, где читался курс гироскопии.

В 1939 г. в редколлегию «Известий Военно-морской академии» поступила статья профессора Бориса Ивановича Кудревича, содержащая краткое изложение и некоторое развитие работы Геккелера.

Статья была передана академику Крылову на рецензию. Ровно через шесть недель вместо рецензии Алексей Николаевич представил в редколлегию «Известий» работу на 50 страницах, в которой теория гирокомпаса была подвергнута столь коренной переработке, что от обоих авторов (Аншютца и Геккелера) остались соответствующие следы лишь в наименовании статьи. В то же время Крылов помог Кудревичу выбрать правильный путь даль-

нейших исследований и стать ведущим специалистом в области гирокомпасов.

Интерес А. Н. Крылова к гирокомпасному делу определялся и возрастал вместе с ростом требований, предъявляемых к основному прибору, обеспечивающему вождение кораблей, самолетов, торпед и ракет, развитием мореплавания, авиации и техники вооружения.

Как известно, гироскоп — это соответственным образом смонтированный, быстро вращающийся волчок. В современных типах гироскопических приборов число оборотов в минуту маховика гироскопа доходит до 10—12 тысяч. Ось такого маховика (диаметром до 150 мм), как известно, сама по себе устанавливается в плоскости географического меридиана, поэтому гироскоп может служить компасом.

По сравнению с магнитным гирокомпас имеет ряд преимуществ. Его показания точнее наблюдений, производимых по магнитному компасу. Они не искажаются железом корабля и относительно легко могут быть переданы простыми электротехническими устройствами в любой пост (штурманскую рубку, пост управления стрельбой и др.), условия работы которого требуют знания истинного курса корабля. Гирокомпас может быть приспособлен для автоматического управления рулем. При этом он будет выполнять функции кораблевождения лучше любого опытного рулевого, так как гироскоп реагирует на тенденцию к изменению курса, в то время как человек учитывает лишь уже происшедшее изменение направления движения судна.

В принципе гирокомпас уступает магнитному лишь в простоте и дешевизне конструкции.

Чтобы по возможности полнее использовать все преимущества гирокомпасов, надо было основать их проектирование на рациональной базе. Созданию общей теории нового типа компасов посвящен ряд трудов академика Крылова, из которых работа «О теории гирокомпаса Аншютца ...» имеет фундаментальное значение.

В первой главе исследуются свободные колебания гирокомпаса, установленного на неподвижном основании. Объектом изучения следующей главы является гирокомпас на корабле, находящемся на ходу.

Теоретическое рассмотрение вопроса показывает, что в последнем случае гирокомпасу присущи две погрешности: так называемая курсовая и баллистическая девиации. Первая из них зависит от скорости хода, курса корабля и широты места, вторая погрешность происходит от изменения курса или скорости корабля. Общему исследованию обеих девиаций, особенно на быстроходных кораблях, и посвящена вторая глава.

Алексей Николаевич показал, что условие взаимной компенсации курсовой и баллистической погрешностей гирокомпаса, пред-

ставляющее собой «одну из немногих формул теоретической механики, применение которой к практике охранялось патентом, выданным на имя Аншютца и М. Шуллера», ограничено в своем использовании рядом существенных предположений, оставшихся не выясненными ни в основном патенте, ни в статье Геккелера. Причиной этого обстоятельства явилось, в частности, приближенное выражение курсовой девиации, использованное в докторской диссертации Макса Шуллера.

В связи с этим А. Н. Крылов предпринимает новое исследование вопроса, базируясь на полной формуле курсовой погрешности.

Результатом его работы является вывод, практическое значение которого трудно переоценить: на установившейся циркуляции (при круговом повороте корабля) баллистическая девиация, компенсируя лишь основной член в выражении для курсовой девиации, оставляет в высоких широтах (на параллелях, отвечающих  $70^\circ$  и более) значительную погрешность. Например, в компасах марки «Курс» остаточная (нескомпенсированная) девиация, пропорциональная скорости хода, может достигать исключительно больших значений (порядка  $4-5^\circ$  при ходе в 30 узлов и широте места наблюдения в  $70-80^\circ$ ).

В конце статьи академик Крылов вскрывает то влияние, которое может оказать неполная компенсация курсовой и баллистической девиаций на последующие колебания гироскопа. При этом обнаруживается дотоле неизвестное явление «наследственности», отсутствие учета которого может привести к ложным выводам. Поддержание свободных колебаний вынужденными, возникающими при нормальном маневрировании, дает возможность «раскачать» гирокомпас до углов, во много раз превышающих его обычные погрешности. Когда Алексей Николаевич обратил на это внимание Сперри (владельца фирмы, поставившей гирокомпасы) и показал, как надо располагать последовательные курсы корабля, чтобы увеличить погрешности компаса за пределы, гарантированные фирмой, то Сперри ответил: «Я буду просить, чтобы Вас не назначали в комиссию по испытанию гирокомпасов».

Таким образом, погрешности, которые до этого обнаруживались нередко при испытании гирокомпасов и представлялись противоречащими патентным построениям Геккелера—Шуллера—Аншютца, в действительности являлись блестящим подтверждением общей теории, созданной А. Н. Крыловым.

Нет надобности подчеркивать, что труд Крылова позволил выработать ряд практических мер, устраняющих указанные выше недостатки.

Когда перед отечественной промышленностью была поставлена задача освоения нового тогда для нас производства гирокомпасов, Алексей Николаевич своими ценными указаниями и постоянными советами помог в кратчайшие сроки спроектировать и изготовить опытные образцы советских гирокомпасов, по своему

техническому уровню превосходящие соответствующие изделия «старых» монополистических фирм.

И в этой области знания инженерная деятельность академика Крылова была неотделима от его научной работы, объектами которой постоянно являлись насущные запросы практической жизни флота. Удовлетворению этих нужд посвящены многие статьи, опубликованные в части второй II тома и части первой XII тома «Собрания трудов академика А. Н. Крылова», из которых упомянем следующие: «О баллистической погрешности гирокомпаса, снабженного гидравлическим успокоителем», «Определение на корабле погрешности показаний гирокомпаса» и «Общая теория гироскопов» (т. е. прибора, показывающего положение истинной вертикали в месте наблюдения). Тем же целям служит «Общая теория гироскопов», написанная в соавторстве с проф. Ю. А. Крутковым и представляющая собой дополненное и развитое изложение лекций, прочитанных авторами книги группе слушателей Военно-воздушной академии в 1931 г. в Физико-математическом институте АН СССР.

Характерной чертой перечисленных трудов, как и всего научного наследия Алексея Николаевича, являются математическая строгость и полнота исследования, отвечающие той степени точности, с которой требовалось решение задачи. При этом результаты каждого исследования иллюстрируются примерами практического расчета конкретных конструкций.

Этой особенностью работ А. Н. Крылова, в частности, объясняется то обстоятельство, что они являются настольными книгами научных работников и инженеров — исходной фундаментальной базой для последующего развития соответствующих областей технического знания.

## Вклад А. Н. Крылова в математику и механику

Истоки математического творчества А. Н. Крылова восходят к знаменитой Петербургской школе, основателем которой был великий русский математик П. Л. Чебышев, создавший многообразные новые направления в науке, начиная с теории чисел и кончая теорией механизмов.

Далеко не полный список виднейших представителей этой математической школы включает много замечательных имен: А. Н. Коркин, А. А. Марков, Е. И. Золотарев, К. А. Поссе, А. М. Ляпунов, В. А. Марков, Д. А. Граве, В. А. Стеклов.

Своеобразным был характер всей научной деятельности Петербургской математической школы. Ее внимание всегда было направлено на конкретные трудные проблемы, в процессе решения которых и создавались новые общие научные методы. Принципиально важные исследования П. Л. Чебышева в области математического анализа обычно тесно связывались им с практическими приложениями. Приведем характерный в этом отношении отрывок речи, произнесенный им в Санкт-Петербургском университете 8 февраля 1856 г.: «Сближение теории с практикой дает самые благотворные результаты, и не одна только практика от этого выигрывает, сами науки развиваются под влиянием ее: она открывает им новые предметы для исследования или новые стороны в предметах, давно известных». И далее: «Если теория много выигрывает от новых приложений старой методы или от новых развитий ее, то она еще более приобретает открытием новых метод, и в этом случае науки находят себе верного руководителя в практике».

Ярким представителем Чебышевской математической школы и непосредственным учителем А. Н. Крылова был А. Н. Коркин.

Научные интересы самого А. Н. Коркина были весьма разнообразны. Он занимался как отвлеченными вопросами теории чисел, так и теорией дифференциальных уравнений с частными производными, в которых искомая функция зависит от нескольких переменных. Последний раздел математики подготавливает



аппарат, необходимый для решения многих вопросов физики и техники; именно в этом направлении связь А. Н. Крылова с его учителем была наиболее тесной.

На заре научной деятельности Алексея Николаевича А. Н. Коркин предложил ему заняться и теорией чисел, в частности развитием тех методов, при помощи которых можно было бы решить вопрос, будет ли заданное большое (например, 37-значное) целое число простым или оно будет разлагаться на простые множители, как составное число.

А. Н. Крылов ответил своему учителю: «Для практических целей мне достаточно знать первые четыре цифры этого числа, остальные я заменю нулями, а тогда, если оно и было простым, то теперь станет делиться и не только на самое себя, но и на двойку, пятерку, десятку и т. д. Таким образом, не останется и никакой проблемы».

В этом ответе, характерном для последующей деятельности А. Н. Крылова, отражается практическая направленность всех его работ, в том числе и математических. Уже в начале научно-практической жизни он со всей силой своего дарования и мастерства прокладывал новые пути от Петербургской математической школы к прикладным задачам разнообразных областей технического знания. Поэтому так трудно отделить математические труды Крылова от их практических приложений, для которых математика и теоретическая механика служат могучим средством решения насущных основных проблем. «Для А. Н. не существовало отдельно математики и отдельно прикладных вопросов: тесное единение того и другого проходит красной нитью через все его работы. Он не чувствовал симпатии к чисто теоретическим схемам и абстрактным построениям и не раз высказывал мысль о том, что безупречная строгость современной математики, связанная обычно с большим числом всяких оговорок при доказательствах, лишает человека смелости мысли и внушает ему недоверие к интуиции и здравому смыслу. Но наряду с этим Алексей Николаевич глубоко понимал ценность тех общих математических методов, которые имеют применение в конкретных вопросах».<sup>1</sup>

Возможно, что под влиянием своего родственника А. М. Ляпунова, бывшего тогда студентом математического факультета Петербургского университета, восемнадцатилетний Крылов использовал все свободное от обязательных занятий время для изучения университетских курсов по различным разделам математики, читая в подлинниках французские и немецкие руководства. Тогда же он переписал записи лекций П. Л. Чебышева по тео-

---

<sup>1</sup> В. И. Смирнов. Работы А. Н. Крылова по математической физике и механике. Сб. «Памяти Алексея Николаевича Крылова», Изд. АН СССР, М.—Л., 1958.

рии вероятностей, сделанные А. М. Ляпуновым почти дословно в 1879/80 учебном году и послужившие основой для тщательно подготовленного Крыловым издания, выполненного впервые в 1936 г. В предисловии к этой книге Алексей Николаевич писал: «П. Л. Чебышев значит не только как математик-творец, но и как превосходный лектор, умевший соединять простоту, ясность и краткость изложения, поэтому его курсы при небольшом объеме отличались богатством содержания... По характеру изложения лекции Чебышева, хотя и читались в Университете, представляют особенный интерес для техников и инженеров, ибо он не задавался целью сделать свой курс безукоризненно строгим, а довольствовался тою разумною строгостью, которая, избавляя от ошибок, сообщает непреложность выводам. Его цель была чисто практическая — научить своих слушателей в возможно сжатой и доступной форме сущности дела и важнейшим его приложениям; в предлагаемой книге читатель увидит, каким образом знаменитейший из наших математиков этой цели достигал».

От своего учителя А. Н. Коркина молодой Крылов воспринял интерес к творениям Эйлера, Остроградского, Коши, Фурье, Пуассона, Лагранжа и других выдающихся математиков. В зрелые годы Крылов стал непревзойденным знатоком классической математики, которая, по меткому выражению В. И. Смирнова, «была для него вечно юной, и ею он вдохновлялся в своих работах». Это вдохновение Алексей Николаевич всегда использовал для эффективного решения конкретных научно-технических проблем и делал это так, что после него ничего добавить нельзя.

Этому в известной мере он научился у своих наставников, одного из которых он характеризовал следующими словами: «Александр Николаевич Коркин. Как на русском, так и на иностранных языках существовало множество курсов дифференциального и интегрального исчисления, но Коркин не придерживался ни одного из них, и, можно сказать, не столько читал, как диктовал нам свой совершенно оригинальный курс, отличавшийся особенной точностью определений, краткостью, естественностью и изяществом выводов всех формул, отсутствием той излишней шепетильности и строгости, которая не поясняет для техников, какими мы были, а затемняет дело и которая необходима лишь для математиков, изучающих математику как безукоризненную область логики, а не как орудие для практических приложений».

Алексей Николаевич поддерживал постоянную связь с такими представителями Чебышевской школы, как академик Андрей Андреевич Марков и вице-президент Академии наук Владимир Андреевич Стеклов, который, по словам Крылова, «одинаково свободно вел беседу о математике с А. М. Ляпуновым, о музыке с его братом Сергеем Михайловичем, о крестьянском хозяйстве и хлебных ценах с моим отцом и о дредноутах, которые тогда под моим руководством проектировались, со мною».

Такова краткая характеристика истоков математического творчества А. Н. Крылова и того замечательного окружения, в котором вырос его талант.

Перейдем теперь к изложению основного содержания трудов Алексея Николаевича в области математики (точнее, по математической физике) и механики.

Общепризнано исключительное значение метода решения и анализа многих практических задач, предложенных А. Н. Крыловым в работе «О вынужденных колебаниях упругих призматических стержней», опубликованной в журнале «Mathematische Annalen» в 1905 г. и напечатанной на русском языке в V томе «Собрания трудов».

В подробном введении, посвященном одновременно постановке вопроса, Алексей Николаевич писал: «Колебания, которые может совершать упругий стержень около своего положения равновесия, подразделяются на два класса: колебания свободные и вынужденные».

«Под свободными колебаниями понимают те, которые обусловлены только начальными отклонениями стержня от его равновесного состояния и не зависят от действия внешних сил. Вынужденными называются такие колебания, которые возникают при длительном действии внешних сил, но не зависят от начального состояния стержня. Свободные колебания призматических стержней весьма подробно исследованы после Эйлера в „Механике“ Пуассона и в „Теории звука“ Рэлея».

«Вынужденные колебания представляют, с точки зрения практического применения в железнодорожном строительстве, в кораблестроении и при строительстве мостов, столь же большой интерес, как и свободные колебания в акустике, в особенности в том случае, когда рассматриваются стержни переменного сечения. Однако в учебниках нельзя найти исследования вынужденных колебаний даже для простейшего случая призматических стержней (постоянного сечения с прямолинейной осью).

«Темой данной статьи является разработка общего метода для определения вынужденных колебаний призматического упругого стержня, подверженного действию переменной силы. Можно тотчас же убедиться в том, что предлагаемый метод является общим в том смысле, что он применим к аналогичным проблемам математической физики, например к исследованию колебаний струн, теплопроводности стержня и т. п.

«В этой работе на первое место я ставил, как всегда, практическое применение, а не чисто математическую сторону вопроса, так как сама статья возникла из предварительного изучения, принятого для практического исследования вибраций корабля».

В свете этой постановки вопроса А. Н. Крылов ищет решение соответствующего уравнения, определяющего поперечные колебания любой точки оси призматического стержня, в виде суммы

$z(x, t) = z_1(x, t) + z_2(x, t)$ , где  $z_1(x, t)$  определяет «собственные колебания», а  $z_2(x, t)$  — «вынужденные колебания». Здесь  $x$  — абсцисса точки, указывающая ее положение по длине стержня.  $t$  — время, а  $z(x, t)$  — отклонения точек оси от прямолинейной равновесной ее формы в перпендикулярном к ней направлении (в плоскости, в которой происходят колебания).

Функция  $z_1(x, t)$ , как свидетельствует приведенная выше цитата из работы А. Н. Крылова, весьма подробно исследована «после Эйлера в „Механике“ Пуассона и в „Теории звука“ Рэлея». Она удовлетворяет дифференциальному уравнению колебаний стержня, не содержащему внешней силы, а также начальным и граничным условиям. Первые задают положение оси стержня и распределение скоростей ее точек вдоль стержня (начальный толчок) в некоторый начальный момент времени ( $t = 0$ ), а граничные условия характеризуют в математической форме способы закрепления соответствующих точек стержня (например, конец стержня заделан, оперт или свободен). Колебания определяемые функцией  $z_1(x, t)$ , происходят из-за начальных возмущений, характеризуемых начальными условиями, и не связаны с внешней силой.

В отличие от  $z_1(x, t)$  слагаемое  $z_2(x, t)$  должно удовлетворять дифференциальному уравнению колебаний стержня, содержащему внешнюю силу; при этом начальные условия принимают равными нулю, т. е. полагают, что при  $t = 0$  ось стержня прямолинейна и нет начального толчка, а граничные условия естественно сохраняются отвечающими заданным способом закрепления стержня. Таким образом, «вынужденные колебания» происходят только за счет внешней силы.

Слагаемое  $z_1(x, t)$ , как было установлено в предшествующих работах, имеет вид суммы бесконечного числа произведений типа  $T_k(t) X_k(x)$  ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ), где первый множитель  $T_k(t)$  зависит только от  $t$ , а второй  $X_k(x)$  — только от  $x$ . Функция  $T_k(t)$  описывает гармоническое колебание, т. е. определяется формулой  $T_k(t) = A_k \cos \omega_k t + B_k \sin \omega_k t$ , где положительные числа  $\omega_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ) — частоты собственных колебаний, а  $A_k$  и  $B_k$  — постоянные, которые находятся из начальных условий. Отметим, что величины  $\omega_k$  неограниченно возрастают с увеличением индекса  $k$  и относительно легко находятся как решения некоторого трансцендентного (неалгебраического) уравнения, вид которого определяется совокупностью граничных условий. Каждому из бесчисленного множества корней этого уравнения отвечает функция  $X_k(x)$ , удовлетворяющая граничным условиям. Таким образом, каждое из произведений  $T_k(t) X_k(x)$ , а следовательно, и их сумма удовлетворяют всей совокупности начальных и граничных условий. Кроме того, так как вид функций  $T_k(t)$  и  $X_k(x)$  выбран таким, чтобы типовое произведение  $T_k(t) X_k(x)$  служило решением дифференциального уравнения движения стержня в отсутствие внешней возмущающей силы, то найденная указанным

выше образом функция  $z_1(x, t)$  описывает свободные колебания стержня.

Вся неограниченная совокупность функций  $X_k(x)$  — их называют фундаментальными функциями свободных, или собственных, колебаний — обладает примечательным свойством, позволяющим относительно просто найти коэффициенты  $N_1, N_2, \dots, N_k, \dots$  разложения произвольной функции  $f(x)$  по фундаментальным функциям  $X_k(x)$ , отвечающего представлению  $f(x)$  в виде  $f(x) = N_1 X_1(x) + N_2 X_2(x) + \dots + N_k X_k(x) + \dots$ . Это свойство обычно называют ортогональностью функций  $X_k(x)$ .

Именно по этим функциям и разлагает А. Н. Крылов заданную возмущающую силу  $F(x, t)$ , которая зависит не только от координаты  $x$ , определяющей точку ее приложения, но и от времени  $t$ . В соответствии с последним и коэффициенты  $N_k$  ее разложения по фундаментальным функциям  $X_k(x)$  сами, очевидно, должны являться функциями времени, т. е.  $F(x, t) = N_1(t) X_1(x) + N_2(t) X_2(x) + \dots + N_k(t) X_k(x) + \dots$ . В аналогичном виде ищется и выражение слагаемого  $z_2(x, t)$ , определяющего вынужденные колебания, а именно  $z_2(x, t) = P_1(t) X_1(x) + P_2(t) X_2(x) + \dots + P_k(t) X_k(x) + \dots$ , и все дальнейшее сводится к относительно простому процессу определения функций  $P_k(t)$  при начальных условиях, приведенных к нулю.

Из изложенного следует, что функции  $X_k(x)$ , входящие в выражение свободных колебаний  $z_1(x, t)$ , являются фундаментом, на котором А. Н. Крылов строит решение центральной задачи — определение вынужденных колебаний  $z_2(x, t)$  — и делает это с таким мастерством и общностью, которые определяют выдающийся характер рассматриваемой работы.

Отметим дополнительно, что возможность представления  $z(x, t)$  в виде суммы  $z_1(x, t) + z_2(x, t)$ , свободных колебаний — суммой типичных членов  $T_k(t) X_k(x)$ , а вынужденных колебаний — в виде суммы слагаемых типа  $P_k(t) X_k(x)$  обязана особым свойствам основного дифференциального уравнения колебания стержня (линейность) и граничных условий (линейность и так называемая однородность).

У читателя, не искусленного в тонкостях математического анализа, может вызвать известное огорчение существование неограниченного множества фундаментальных функций и, казалось бы, вытекающая отсюда необходимость рассмотрения сумм, содержащих бесчисленное множество слагаемых — членов соответствующих разложений. По этому поводу А. Н. Крылов писал: «Необходимое число этих членов может быть определено путем непосредственного расчета. Для этого следует заметить, что переменная нагрузка  $F(x, t)$  практически

---

<sup>2</sup> Она считается направленной подобно тому, как это было указано для  $z(\lambda, t)$ .

задается только приближенно: таким образом, нужно рассчитать значения этой функции, характеризующие ее график, и сравнить их с теми, которые получаются как суммы первых членов ряда  $N_1(t)X_1(x) + N_2(t)X_2(x) + \dots + N_k(t)X_k(x) + \dots$ ; затем следует взять столько членов в этом ряду, чтобы соответствующие отклонения не превышали практически допустимых границ точности задания нагрузки.

«Обыкновенно достаточны для этого первые два-шесть, реже десять членов соответствующих рядов. Таким образом, в дальнейшем будем молча принимать, что наши ряды заменены конечными суммами».

Применение предложенного метода иллюстрируется его автором на простых примерах, представляющих практический интерес. В частности, в рассматриваемой работе решается задача о вынужденных колебаниях призматического стержня, свободно опертого обоими своими концами и подверженного действию постоянной сосредоточенной (приложенной в одной точке) силы, перпендикулярной к оси стержня и движущейся вдоль его длины с постоянной скоростью. Если это движение происходит «весьма медленно», то действие силы, очевидно, окажется статическим, т. е. в каждый момент времени изогнутая форма оси стержня может быть определена как отвечающая заданному положению точки приложения силы без учета ее скорости. При этом устанавливается, какой смысл необходимо придать термину «весьма медленно» и чем в этих условиях приходится пренебрегать.

Далее Алексей Николаевич показывает, что в большинстве практических расчетов нет надобности учитывать «инерционность» внешней нагрузки, изменяющей действие ее на стержень в связи с ускорением точки ее приложения. Это влияние оценивается на конкретном примере расчета железнодорожного рельса.

Так разработка нового метода исследования многих проблем теории колебаний уже в основной статье иллюстрируется приложениями в практических вопросах.

Тот же метод разложения возмущающей силы и вынужденных колебаний по фундаментальным функциям собственных колебаний применен академиком Крыловым в седьмой главе труда «О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики, имеющих приложение в технических вопросах», являющееся настольной книгой научных работников и инженеров.

Здесь читатель найдет решение задачи о свободных и вынужденных колебаниях струны, «некоторые замечательнейшие случаи колебания подпертой балки под действием переменной нагрузки», исследование которых является развитием статьи 1905 г., определение вынужденных колебаний груза, подвешенного к концу растяжимой весомой нити, и совершаемых вдоль ее оси. Решение последней задачи является основой теории индикатора паровой машины или двигателя внутреннего сгорания, т. е. прибора, слу-

жащего для определения давления в цилиндре. Эта же задача служит базой для экспериментального изучения действия взрыва и для измерения давления газов в канале орудия.

Основной практический вывод, полученный А. Н. Крыловым, хорошо известен инженерам и техникам: для правильности показаний индикатора необходимо, чтобы период свободных колебаний его пружины вместе с поршнем был мал по сравнению с продолжительностью нарастания давления. Лишь в этом случае поршень индикатора, установленный на тарированной пружине, смещается так, как будто возмущающая сила приложена статически.

Тут же рассматривается задача о действии внезапно приложенной силы в упрощающем предположении, что масса поршня индикатора мала по отношению к массе пружины. Наряду с определением наибольшего растяжения или сжатия пружины в труде А. Н. Крылова исследуется весь процесс нарастания ее деформации и притом не только на ее конце, но и в промежуточных точках.

Общность метода, разработанного Алексеем Николаевичем, позволила ему исследовать и столь сложный вопрос, как определение продольных колебаний ствола орудия при выстреле.

С помощью того же способа представления искомого решения в виде суммы членов вида  $X(x) \cdot T(t)$ , в котором сомножители  $X$  и  $T$  являются функциями «разделенных» независимых переменных  $x$  и  $t$  соответственно, с большой общностью была им решена и такая задача, как исследование распространения тока по кабелю.

Упомянув о многих приложениях метода Крылова к решению различных динамических задач, уместно привести простую физическую интерпретацию основной идеи этого метода, обеспечившей его универсальность и эффективность.

В докладе, прочитанном курсантам Военно-морского инженерного училища 25 октября 1955 г., в день десятилетия со дня кончины Алексея Николаевича, В. И. Смирнов разъяснил сущность этой идеи.

Закрепленная по концам струна может совершать разнообразные свободные колебания. После удара молоточка, будучи представлена самой себе, она колеблется, издавая свой основной тон — в этом случае все точки струны, кроме закрепленных, участвуют в колебательном движении.

Однако это не единственная форма движения, отвечающая условиям закрепления струны. Возможны и такие колебания, при которых одна (посредине длины струны) или несколько ее точек (делящих всю длину на равные части) остаются неподвижными. Такие точки называются узловыми.

В зависимости от числа узлов струна издает обертона, который соответственно на октаву или другие звуковые интервалы выше основного тона. Обертон и основной тон отличаются друг

от друга частотой колебаний: чем выше тон, тем больше его частота.

Если создать условия, при которых колебания будут затухать весьма медленно, то нашему глазу представится хорошо знакомая картина стоячих волн, характеризующих распределение амплитуд колебаний отдельных точек струны вдоль ее длины: наибольшим амплитудам будут отвечать пучности волн, а неподвижным точкам — их узлы.

Законы распределения амплитуд в указанных условиях не зависят от времени и представляются функциями одной только переменной  $x$ , определяющей положение любой точки струны. Подобные функции А. Н. Крылов и назвал фундаментальными функциями собственных, или свободных, колебаний.

Выполняя разложение возмущающей силы, а затем и искомого вынужденных колебаний по предложенным им фундаментальным функциям, Алексей Николаевич исходит из физически ясной идеи о наличии связи между вынужденными колебаниями исследуемой системы и теми формами, которые при заданных условиях закрепления могут принимать ее свободные колебания. Об этом, в частности, свидетельствует известное явление резонанса.

Таким образом, представляя рассматриваемую возмущающую силу в виде суммы произведений коэффициентов, зависящих от времени, на соответствующие фундаментальные функции собственных колебаний, Крылов как бы разделяет общую проблему отыскания вынужденных колебаний на ряд более простых задач, в которых возмущающие силы непосредственно связаны с возможными формами собственных колебаний анализируемой системы при принятых условиях закрепления.

Благодаря столь сильной связи между искомыми вынужденными и возможными свободными колебаниями системы остается решить лишь типичные частные задачи, а затем, имея в виду линейность основного уравнения, начальных и граничных условий, просуммировать полученные результаты по принципу наложения.

Хотя В. И. Смирнов назвал предложенную интерпретацию метода Крылова объяснением «на пальцах», она раскрывает существо рассматриваемой идеи во всей ее глубине.

При применении изложенного выше метода для решения практических задач приходится выяснять вопрос о быстрой или медленной сходимости соответствующих рядов. Речь идет о свойстве сумм, воспроизводящих возмущающую силу или вынужденные колебания, определять соответствующие функции с необходимой точностью при конечном (и притом не слишком большом) числе слагаемых.

Уже в работе 1905 г. А. Н. Крылов обратил на это внимание: ссылаясь на приближенный характер задания возмущающей силы, он полагал возможным «молча принимать», что суммы неограни-



ченного числа членов заменены конечными суммами, содержащими «первые два-шесть, реже десять членов соответствующих рядов».

Однако последние соображения не всегда оправдываются. Ведь возмущающая сила может быть произвольной функцией времени и координаты  $x$  и, не считаясь с тем, каковы возможные формы собственных колебаний системы при заданных граничных условиях, не охотно укладывается в прокрустово ложе фундаментальных функций свободных колебаний. А что толку практикующему инженеру от решений, принципиальная сходимости которых начинает реализовываться, например, начиная с сотого слагаемого?

Аналогичная проблема возникает при разложении заданных или искомым функций в тригонометрические ряды (ряды Фурье), отдельные члены которых представляют собой произведения коэффициентов на синусы или косинусы аргументов с кратными частотами. Общеизвестно, какую роль играют подобные разложения при решении многих основных задач математической физики.

Вместе с тем если бы искомое решение конкретной задачи по самой природе физического процесса определялось функцией  $f_1(t) = t$  или содержало бы подобный член в качестве слагаемого, то применение ряда Фурье для отыскания этого решения было бы связано с исключительными вычислительными трудностями: соответствующий ряд сходился бы столь медленно, что вызвал бы законное «отвращение» исследователя.

Нетрудно понять, в чем здесь дело. Если разлагать  $f_1(t) = t$  в ряд Фурье по синусам кратных дуг, то так как отдельные слагаемые соответствующей суммы периодичны, а сама функция, которую пытаются представить этой суммой, не обладает подобным свойством, неизбежно возникают указанные выше затруднения. Причина их ясна: рассматриваемая функция по своим основным качествам не отвечает процессам, легко описываемым быстро сходящимися рядами Фурье.

Как же выйти из затруднительного положения, вызванного наличием в составе разлагаемой функции члена, портящего все разложение? Ответ на этот вопрос дает метод, предложенный академиком Крыловым и изложенный в шестой главе его труда «О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики, имеющих приложение в технических вопросах». Метод настолько прост, что Алексей Николаевич писал о нем: «Этого приема я не встречал ни в руководствах, ни в литературе, хотя по его простоте и очевидности я не смею утверждать, что он нов».

Идея улучшения сходимости рядов Фурье, предложенная Крыловым, осуществляется в три этапа. Сначала путем анализа коэффициентов разложения устанавливаются те особенности рассматриваемой функции, которые приводят к их относительно медленному убыванию. Затем строится вспомогательная элементарная функция  $f_1(t)$ , которая как бы вбирает в себя все особенности

основной функции  $f(t)$  и тем самым поглощает плохо сходящуюся часть ряда. Разность  $f(t) - f_1(t)$  разлагается в быстро сходящийся тригонометрический ряд, который для практических целей может быть заменен конечной суммой с относительно небольшим числом членов. Элементарную же функцию  $f_1(t)$  разлагать в ряд Фурье не нужно, так как ее значения вычисляются обычными простыми средствами.

«Все великое — просто». Это изречение с полным основанием может быть отнесено и к методу Крылова. Его исследование по улучшению сходимости рядов вызвало обширную математическую литературу. В частности, та же идея была успешно применена для приближенного вычисления так называемых несобственных интегралов, например, от таких функций, графики которых характеризуются наличием «разрывов» (в конечном числе точек соответствующая кривая может иметь неограниченно большие ординаты).

Выделение из состава заданной функции такой ее части, которая вбирает в себя все особенности, усложняющие интегрирование, и для которой соответствующий интеграл вычисляется особо или известен точно, до конца решает поставленную задачу.

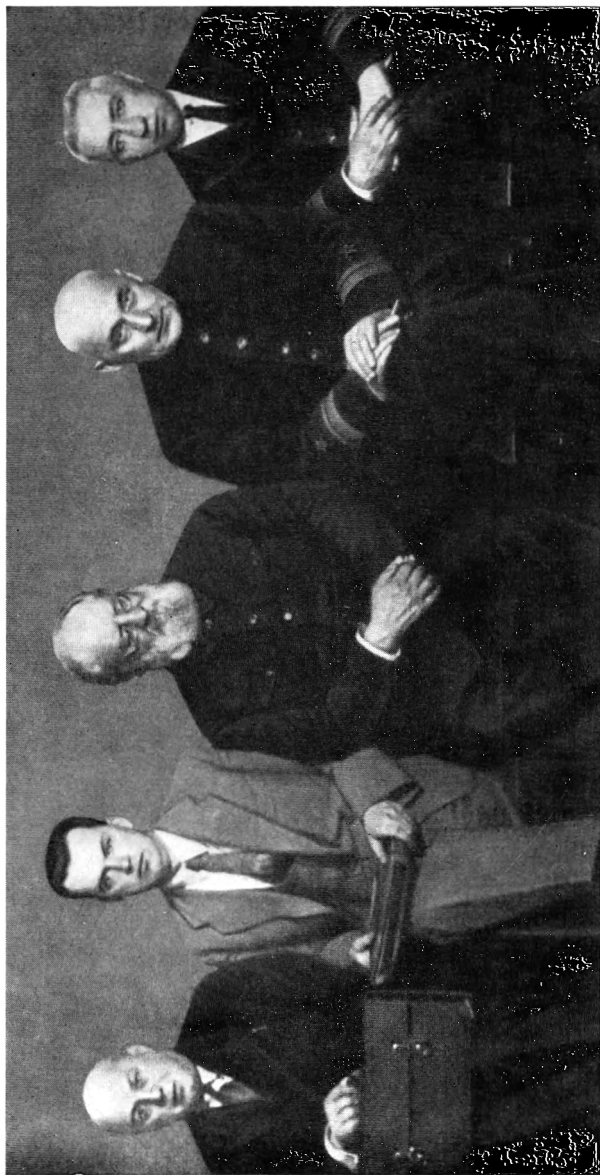
Интересно отметить, что в этом случае выделение соответствующей элементарной функции еще проще, чем при решении вопроса об улучшении сходимости рядов Фурье.

Следующей выдающейся математической работой академика Крылова является его доклад «О численном решении уравнения, которым в технических вопросах определяются частоты малых колебаний материальных систем», опубликованный в «Известиях Академии наук СССР», за 1931 г.

При изучении поперечных колебаний стержня уравнение для частот собственных колебаний приводило к бесчисленному множеству их значений  $\omega_k$  ( $k = 1, 2, 3, \dots$ ). В новой работе Алексея Николаевича рассматривается тот случай, когда таких частот — конечное число (исследуются механические системы с конечным числом степеней свободы). Соответствующее уравнение называется обычно «вековым», так как в астрономии оно служит для изучения «вековых неравенств» в движении планет, периоды которых исчисляются десятками и сотнями тысяч лет.

Обращая внимание на практическую важность задачи, Алексей Николаевич писал: «Колебательное движение приобретает все большее и большее значение в технических вопросах, так что в Германии есть специальность *Schwingungs-Ingenieure* (инженер по колебаниям)». Такой инженер должен, в частности, уметь относительно просто определять периоды или частоты собственных колебаний различных систем. Корни векового уравнения и служат искомыми частотами.

Основное неудобство векового уравнения в том виде, в каком им, однако, пользовались столь выдающиеся ученые, как Лагранж, Якоби, Лаплас, Леверье, заключается в следующем: левая



На заседании Президиума правления ВНИТОСС: академик В. А. Поздюнин, профессор Г. Е. Павленко, А. Н. Крылов, академик Ю. А. Шиманский и профессор В. А. Сурвилло (май 1936 г.).



Академик А. Н. Крылов и профессор инженер-контр-адмирал А. П. Шершов среди слушателей Военно-морской академии (апрель 1938 г.).

часть уравнения представляет собой определитель, в котором неизвестная величина  $\omega$  стоит во всех членах, располагающихся по главной диагонали (правой частью уравнения служит ноль). Раскрытие этого определителя с целью вычисления коэффициентов при различных степенях  $\omega$  того алгебраического полинома, в который разворачивается левая часть векового уравнения, при сколько-нибудь значительном порядке определителя является весьма трудоемкой работой. А. Н. Крылов убедительно показывает, что уже для определителя четвертого порядка «выкладка становится весьма громоздкой», а для порядка, большего пяти, «совсем непосредственно невыполнимой».

Вместе с тем во многих технических задачах применяются системы, различные физические состояния которых определяются конечным числом независимых переменных. Например, положение простого физического маятника, установленного на подвижной платформе (с продольной осью вращения), расположенной на качающемся корабле, описывается тремя независимыми величинами: углом крена корабля, наклоном платформы по отношению к плоскости второго дна и углом отклонения оси маятника от прямого положения. Нетрудно усмотреть, что в современных электрических и механических системах число подобных независимых переменных (иначе говоря, число степеней свободы системы) может быть существенно больше пяти. В этих случаях единственное, практически приемлемое и притом относительно простое решение задачи дается методом А. Н. Крылова.

Что же сделал Алексей Николаевич, чтобы уменьшить объем необходимых вычислений до разумных пределов? В отличие от других знаменитых авторов, которые «развивали сложные и неудобные методы составления векового уравнения, оставляя в стороне методу, очевидную и в их время уже хорошо известную», он применил именно этот последний «забытый» метод, который привел к коренной трансформации левой части векового уравнения: теперь определитель содержит неизвестную  $\omega$  и ее степени в одном и том же столбце и вычислить коэффициенты при этих степенях в развернутом выражении левой части уравнения не представляет большого труда.

Характеризуя свой метод решения задачи о частотах малых колебаний систем со многими степенями свободы, академик Крылов писал: «Я показываю в этой статье естественный и весьма простой способ составления векового уравнения в виде такого определителя, в котором „все члены, содержащие неизвестную величину“, располагаются только в одном, первом столбце этого определителя, все же остальные элементы его известные постоянные, — развитие такого определителя никаких трудностей не представляет. Упрощение, таким образом получаемое, становится особенно наглядным по сравнению с методами Лапласа, Леврье и Якоби».

Это упрощение оказывается настолько существенным, что в адрес великих математиков, столь настойчиво развивавших сложные и неудобные приемы составления векового уравнения, по заслугам могут быть направлены цитированные Алексеем Николаевичем слова, взятые из похвальной речи Лагранжу: «Для решения простых вопросов следует пользоваться и простыми средствами, иначе можно уподобиться сказочному герою, который, чтобы избавиться от блохи, требовал перуны Юпитера и палицы Геркулеса».

Отмечая, что новая и старая формы векового уравнения тождественны в том смысле, что обе они определяют одни и те же искомые частоты колебаний и отличаются лишь соответственно конструктивной простотой и сложностью, А. Н. Крылов указывает на принципиальную возможность получения одного вида уравнения из другого путем чисто алгебраического преобразования.

В связи с этим замечанием в нашей печати появился ряд работ, посвященный трактуемому вопросу: академик Н. Н. Лузин, И. Н. Хладковский, Ф. Р. Гантмахер и А. Данилевский предложили алгебраический способ разворачивания векового уравнения к виду, предложенному Алексеем Николаевичем.

Весьма поучительна заключительная часть рассматриваемой работы. В ней А. Н. Крылов рассказывает, что первоначально он предполагал ограничиться тем наиболее важным практически случаем, когда все корни векового уравнения не равны между собой, «но академик Л. И. Мандельштам, ознакомившись с этой статьей в рукописи, любезно обратил мое внимание на то, что случай равных корней представляет такие особенности, что с первого взгляда может показаться, что изложенная метода к этому случаю неприменима...».

Разъяснения этого вопроса Алексей Николаевич начинает так: «Здесь приходится особенно вспомнить слова Ньютона: „при изучении наук примеры не менее поучительны нежели правила“, а также Эйлера, который, излагая какой-либо вопрос, всегда начинал с разбора простейших частных случаев, на которых наглядно выясняется сущность дела. Лагранж: как раз в данном случае, следуя своему обычаю рассматривать всякий вопрос в самом общем виде, впал в свою знаменитую ошибку, вовлек в нее Лапласа, и эта ошибка удержалась в науке в течение 70 лет, пока почти одновременно ее не разъяснили К. Вейерштрасс в 1858 г. и наш академик О. И. Сомов (в 1859 г.)».

И далее на двух примерах, из которых один был предложен Л. И. Мандельштамом, Крылов показывает, что наличие равных корней не усложняет, а облегчает решение задачи, и предлагает простой алгоритм анализа в этом частном случае.

К первой из рассмотренных в настоящей главе статей, которую математики часто называют «мемуаром 1905 г.», непосредственно примыкает и работа «Некоторые замечания о крешерах и индикаторах», опубликованная в «Известиях Академии наук» в 1909 г.

Еще в 1906 г. А. Н. Крылову, в бытность его заведующим Опытным бассейном, пришлось принять самое деятельное участие в разработке индикаторов для определения давлений, возникающих при минном взрыве. До этого во многих случаях показания приборов приводили к противоречивым результатам. Понадобилась общая теория подобных измерительных устройств, созданием которой современная наука обязана Алексею Николаевичу.

Крешером называется прибор, служащий для определения наибольшей величины действующего на него давления: металлический столбик такого прибора обжимается за пределами упругости и сохраняет полученное наибольшее сжатие и после прекращения давления. В отличие от этого индикатор опирается на вполне упругую пружину, служит для непрерывной записи давления и после снятия нагрузки возвращается к своему первоначальному положению.

Сначала применительно к диаграмме минного взрыва А. Н. Крылов показывает, что индикатор будет надежно выполнять свои функции лишь в том случае, если период свободных колебаний поршня, установленного на пружине, не превышает десятой доли учетверенной продолжительности нарастания давления. Затем для произвольного вида диаграммы доказывается основная теорема о погрешности индикатора, согласно которой последняя не превосходит величины изменения давления за промежуток времени, равный полупериоду свободного колебания поршня на его пружине. Этот вывод ясно показывает, чем необходимо руководствоваться при проектировании индикаторов и чем может объясняться несогласие в показаниях различных приборов, когда они применены для записи такого давления, нарастание которого совершается относительно быстро.

Случай, при котором масса пружины сравнима с массой поршня или превышает ее, требует особого рассмотрения, и Алексей Николаевич снова применяет для этой цели разработанный им в «мемуаре 1905 г.» общий метод решения задач теории колебаний.

Выполненное А. Н. Крыловым исследование выходит далеко за пределы рассматриваемого вопроса. По этому поводу он объективно замечал, что «изложенная теория относится целиком и без всяких изменений к струнному осциллографу; она находится также в самой тесной связи с распространением электрических колебаний и с действием приемника беспроволочного телеграфа и тому подобными вопросами, относящимися к определению выну-

жденных колебаний системы, движение которой определяется уравнениями, подобными уравнениям движения струны».

Выводы, полученные в работе «Некоторые замечания о крешерах и индикаторах», как это указывалось в главе II, были успешно применены еще в 1914 г. при испытании компрессоров орудий главного калибра на линейном корабле. Алексей Николаевич на основе разработанной им теории показал, что индикаторы в этом случае были использованы неправильно, вследствие чего записали не то давление, которое имело место в действительности.

Сейчас каждый инженер, а часто и техник знает, что регистрирующие приборы могут надежно измерять требуемые величины лишь при выполнении определенных условий, связывающих периоды собственных колебаний соответствующих элементов приборов с продолжительностью и характером течения наблюдаемого процесса. Впервые это важнейшее для измерительной техники обстоятельство было не только обнаружено, но и во всех деталях исследовано А. Н. Крыловым на основе предложенного им оригинального метода решения подобного вида задач.

Ввиду общенаучной значимости последней работы, являющейся фундаментом современной теории регистрирующих приборов, ее содержание и дальнейшее развитие включены в труд «О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики, имеющих приложение в технических вопросах». Здесь в § 22, именуемом «Общие замечания об устройстве регистрирующих приборов», в форме, по своей ясности и сжатости изложения конкурирующей со многими техническими плакатами, изложены основные соображения, которыми надо руководствоваться при проектировании и эксплуатации регистрирующих приборов:

«1) Надо прежде всего, хотя бы приближенно, дать себе отчет о характере действия возмущающих сил, периодические они или нет, если периодические — каков период, если непериодические, — то как нарастают.

«2) Если прибор не должен отзываться на действие возмущающей силы, то период его свободных колебаний (а если прибор имеет несколько степеней свободы, то наименьший из периодов его основных колебаний) должен быть велик по сравнению с периодом возмущающей силы.

«3) Если прибор предназначен для записи силы и, значит, желательно, чтобы он как бы следил за нею статически, то период свободных колебаний прибора должен быть мал по сравнению с периодом силы или с продолжительностью ее нарастания.

«4) Если прибор должен показывать импульс силы (измеряемый в соответствующем масштабе площадью диаграммы изменения силы с течением времени), то его период должен быть велик по сравнению с продолжительностью действия силы».



Что означают слова «велик» и «мал», иначе говоря, каковы количественные соотношения между рассматриваемыми величинами, подробно поясняет содержание работы.

Все предыдущее изложение относилось к трудам А. Н. Крылова, в которых колебания предполагались линейными: напомним, что подобное наименование связано с тем обстоятельством, что в уравнения, отражающие течение исследуемого процесса, искомая функция и ее производные по времени входят линейно, т. е. в первой степени.

У Алексея Николаевича есть одна «чисто математическая» работа по нелинейным колебаниям. Относится она к 1933 г. и называется «О применении способа последовательных приближений к нахождению решения некоторых дифференциальных уравнений колебательного движения». В связи с большим прикладным значением предложенного метода эта работа включена в X том «Собрания трудов академика А. Н. Крылова», посвященный вибрации судов. Трудно назвать более яркое изложение истории развития вопроса — от Ньютона до А. Пуанкаре и А. М. Ляпунова. Здесь рассматриваются такие дифференциальные уравнения, в которые входят нелинейные члены (т. е. содержащие неизвестную функцию или ее производную в степени, выше первой).

Подобные уравнения решаются (интегрируются) методом последовательных приближений, уточняющим получаемые результаты от одного этапа к другому. Известные затруднения, с которыми встретились математики еще в XVIII в., обязаны появлению в отдельных решениях «вековых» членов: так называются слабые, содержащие перед знаком синуса или косинуса целые степени независимой переменной. Естественно, что пользоваться подобными результатами по самой постановке задачи можно лишь при малых значениях этой переменной.

Академик Крылов указывает на такое построение схемы последовательных приближений, когда вековые члены не появляются.

«Нельзя ли, — писал Алексей Николаевич, — распорядиться вводимыми в решение предложенного уравнения произвольными или неопределенными величинами так, чтобы не приходилось сперва развивать решения полностью и затем в нем уничтожать вековые члены, а при самом составлении решения не позволять этим членам появляться?».

Ссылаясь на краткое указание, имеющееся по этому вопросу в небольшой заметке, написанной академиком М. В. Остроградским в 1840 г., и «мимоходом» отметив неточности, допущенные самим Рэлеем в «Теории звука», А. Н. Крылов излагает соответствующую методу на ряде примеров.

Все содержание статьи тесно связано с исследованиями, проведенными в докторской диссертации А. М. Ляпунова «Общая задача об устойчивости движения» (1883 г.), где указанная выше

задача рассмотрена во всей общности; в частности, здесь решается вопрос, «являются ли ряды, первыми членами которых мы пользуемся, сходящимися и при увеличении числа взятых членов не будет ли приближение ухудшаться вместо того, чтобы улучшаться».

Свою работу академик Крылов заключает цитатой из сочинения А. Пуанкаре «Новые методы механики», в которой знаменитый автор характеризует смысл, придаваемый слову «сходимость» математиками и астрономами: «Между математиками и астрономами имеет место своего рода разногласие по поводу слова сходимость. Математики, озабоченные полною строгостью и зачастую относящиеся безразлично к длине неисполнимых вычислений, возможность которых они себе представляют, не имея в виду их на самом деле выполнять, говорят, что ряд сходящийся, когда сумма его членов приближается к определенному пределу, хотя бы первые члены и убывали весьма медленно. Наоборот, астрономы имеют обыкновение называть ряд сходящимся, когда, например, первые двадцать его членов весьма быстро убывают, хотя бы дальнейшие члены и возрастали бы...

«Оба воззрения законны: первое в исследованиях теоретических, второе — в численных приложениях. Оба воззрения должны господствовать, но в двух различных областях, которые важно точно разграничить.

«Астрономам эти границы не всегда известны с точностью, но они редко их переходят; приближение, которым они довольствуются, их обыкновенно удерживает далеко внутри этих границ; кроме того, они руководствуются своим инстинктом, и если бы он ввел их в заблуждение, проверка наблюдениями вскоре обнаружила бы их ошибку».

Для проверки правильности решений, полученных методом последовательных приближений, Алексей Николаевич рекомендует соответствующий ряд с конечным числом членов подставить в предложенное уравнение и оценить разность между левой и правой его частью («невязку» в уравнении) для той области изменения независимой переменной, которая представляет практический интерес. Если эта разность лежит в пределах, отвечающих допускам и погрешностям, которые имеются в исходных данных (коэффициентах уравнения), то решение считается удовлетворительным. В противном случае необходимо искать тем же методом более точный результат.

Во многих задачах современной техники дифференциальные уравнения, отражающие соответствующие физические процессы, не интегрируются в конечном виде, иначе говоря, их решения не могут быть выражены через известного типа элементарные функции, к числу которых относят степенные, показательные, тригонометрические, круговые, логарифмические и т. п. В большинстве практических случаев нет и надобности в подобном аналитическом

представлении результата, а достаточно для искомой функции составить таблицу ее значений через относительно малые интервалы независимой переменной либо построить соответствующий график. Для практических целей нет необходимости иметь непременно так называемый общий интеграл рассматриваемого уравнения с входящими в него «буквенно» произвольными постоянными, число которых равно порядку наивысшей производной искомой функции, входящей в это уравнение. Подобный интеграл определяет весь многочисленный класс возможных решений, из которых каждое отличается от другого численными значениями постоянных. По большей части достаточно найти лишь частное решение уравнения, отвечающее заданным начальным условиям, и притом для ограниченного промежутка изменения независимой переменной.

В связи с этим в работе «О приближенном численном решении обыкновенных дифференциальных уравнений» А. Н. Крылов излагает ряд методов решения поставленной задачи — от Эйлера до Рунге и Штермера. Большой интерес представляет историческая справка о возникновении метода Штермера, изложению которой, своеобразному и оригинальному, с установлением связи этой методы с уточненным способом Эйлера, посвящена основная часть работы.

«С 1890 г., — писал Алексей Николаевич, — по почину норвежского профессора Биркенланда был снаряжен ряд экспедиций в полярные страны для производства систематических наблюдений над северными сияниями и магнитными возмущениями (бурями), чтобы точно установить связь между этими явлениями, которая была подмечена уже давно.

«В последних экспедициях принимал участие и профессор К. Штермер, который разработал математическую теорию северных сияний, вполне объясняющую все наблюдаемые явления. По этой теории, северные сияния образуются наэлектризованными частицами (частицами электричества), выбрасываемыми солнцем, в особенности теми извержениями, которые нам представляются в виде солнечных пятен. Эти частицы, двигаясь с громадными скоростями, попадают в сферу магнитного поля земли и, достигая верхних, весьма разреженных, слоев земной атмосферы, вызывают свечение, составляющее северное сияние; с другой стороны, они производят, подобно электрическому току, магнитные возмущения.

«Для установления этой теории Штермер предпринял громадную вычислительную работу, именно определение вида траекторий, описываемых разного рода наэлектризованными частицами в магнитном поле земли.

«Траектории эти весьма разнообразны и сложны, представляя кривые не плоские, а иногда и спирали с несколькими завитками. Дифференциальные уравнения движения частиц не только не интегрируются в конечном виде, но не интегрируются и в квадрату-

рах; и Штермеру пришлось прибегнуть к приближенному способу численного интегрирования. Для этой цели он развил особый прием, по которому им самим и его ассистентами было вычислено около 150 траекторий разных видов для изучения их типов, причем для каждой траектории приходилось вычислять по 100—120 точек, т. е. по 300—360 координат. Эта работа потребовала около 5000 рабочих часов, и, следовательно, метода Штермера в достаточной мере проверена на практике».

Подобные исторические справки, характерные для многих работ Алексея Николаевича, представляют большую ценность не только с точки зрения истории науки; они помогают также ясному пониманию той научной проблемы, которая рассматривается в работе.

После простого и общего вывода формулы Штермера А. Н. Крылов с необходимой полнотой разрабатывает схемы вычислений, снабжает их дополнительными, «рабочими» указаниями и иллюстрирует применение на численных примерах. Делается это не только для одного, но и для системы дифференциальных уравнений.

В конце статьи Крылов показывает, что широко известный французский математик Лежандр, исследуя возможности численного решения дифференциальных уравнений, близко подошел к формуле Штермера, но не получил ее, хотя она «как раз решает намеченную Лежандром задачу именно так, как Лежандр имел это в виду». Далее Алексей Николаевич писал: «Это замечание может служить примером того, как решение, которое представляется, после того, как оно дано, простым и очевидным, ускользало от внимания даже таких математиков, как Лежандр».

Свою работу Крылов заключает: «Статья моя вышла, может быть, несколько более обширной, нежели принято для наших сообщений, но мне приходилось замечать, что методы приближенного интегрирования дифференциальных уравнений мало знакомы инженерам вообще, и если указывается в курсах, то лишь метода Эйлера, реже метода Рунге, и едва ли какой-либо инженер станет искать нужную ему методу в статье под заглавием «Résultats des calculs numériques des trajectoires des corpuscules électriques dans le champ d'un aimant élémentaire» par Carl Störmer, напечатанной в 1913 году в Videnskapselskabet's Skrifter Норвежской Академии Наук».

С легкой руки Алексея Николаевича метода Штермера нашла широкое применение при решении многих технических задач. Благодаря исключительной прозорливости и богатейшей эрудиции Крылов усматривал в далеко не смежных областях знания приемы и методы исследования, различные по своему физическому содержанию, но общие по математической постановке научных проблем. В частности, отличный знаток астрономии, Крылов перенес в технику, в первую очередь в кораблестроение и баллистику, методы

аналитического и численного решения многих вопросов, в совершенстве развитые в этой «величественнейшей из точных наук».

«Вопросы баллистики, — писал Алексей Николаевич в 1933 г., — издавна привлекали внимание таких великих математиков, как Галилей, Ньютон, Иоганн Бернулли, Эйлер, Якоби, Пуассон, М. В. Остроградский и другие, не говоря уже о ряде выдающихся военных специалистов артиллерийского дела. Тем не менее баллистика осталась до сих пор как бы в стороне и считается чисто военной наукой, о которой лишь вскользь упоминается в руководствах и курсах теоретической механики; при этом обыкновенно ограничиваются тем, что еще 300 лет тому назад было сделано Галилеем, в лучшем случае приводя то, что сделал Иоганн Бернулли более 200 лет тому назад.

«Между тем движение артиллерийского снаряда представляет гораздо более поучительную задачу теоретической механики, нежели то множество чисто фантастических, не имеющих места в природе задач, решением и исследованием которых переполнены курсы теоретической механики. Баллистическая задача становится особенно поучительной, если решение ее доводить до конца, т. е. до численного вычисления траектории данного снаряда, брошенного с заданной начальной скоростью под данным углом возвышения».

Война 1914—1918 гг. поставила перед артиллеристами ряд новых задач, решение которых в усложненных условиях (задание закона сопротивления воздуха движению снаряда в эмпирической форме, учет изменения плотности воздуха с высотой и др.) не мыслилось аналитическими средствами. Новые практические проблемы — стрельба на дальние и сверхдальние дистанции, зенитная стрельба (по воздушным целям) — вызывали необходимость иметь достаточно точное представление о всей траектории снаряда, а не только о двух ее элементах: вершине и точке падения, которые более или менее достоверно оценивались приближенными аналитическими решениями. Жизнь выдвигала настойчивые требования — повысить точность баллистических расчетов и учесть новые факторы, изменением которых ранее пренебрегали.

Впервые метод численного интегрирования дифференциальных уравнений был применен к решению основной задачи внешней баллистики академиком Крыловым.

«Казалось бы, — писал Алексей Николаевич, — что общего между формой капельки ртути, северным сиянием и полетом 12 и 14-дюймового снаряда? Первые два вопроса относятся к самой чисто отвлеченной науке, последний — вопрос военной техники, а между тем он почерпает свое решение в общем с первыми двумя источнике, причем самый этот источник и открыт деятелями науки для первых двух вопросов».

Первый расчет траектории 12-дюймового снаряда (диаметром 305 мм) при угле бросания  $35^\circ$  и начальной скорости 800 м/сек.

был выполнен собственноручно Алексеем Николаевичем в 1917 г.<sup>3</sup> Позднее, при частых переходах по Северному морю в осенние и зимние месяцы 1923/24 г., подобные расчеты, требовавшие большой тщательности и аккуратности, он продолжал выполнять в свободные часы с завидным удовлетворением, присущим только любителям вычислительной техники. В то время Крылов представлял от лица советской торговой делегации в Лондоне, в Правлении вновь основанного Русско-норвежского пароходного общества. Осмотр предлагаемых обществу пароходов и определение пригодности их для перевозки леса, а также наблюдение за постройкой новых лесовозов в Бергене и Руане требовали от Крылова каждые три недели совершать круговую поездку по маршруту Лондон—Ньюкестль—Берген—Ньюкестль—Лондон—Руан—Лондон. Море было настолько свежо, что к столу выходили только капитан и А. Н. Крылов, в остальное же время комфортабельный салон пустовал и «в нем было весьма удобно заниматься расчетом траекторий». Для тех же практических «развлечений» использовались дождливые дни в Бергене (по свидетельству Алексея Николаевича, таких дней в этом славном городе 360 из 365).

В 1923/24 г. в тех же условиях «дождливого Бергена» и «свежей погоды Северного моря» были написаны «Заметки по баллистике», впервые опубликованные в IV томе «Собрания трудов академика А. Н. Крылова».

«Я всегда, — писал Алексей Николаевич, — брал с собою таблицу логарифмов и краткую табличку сопротивления воздуха полету снаряда, и как на пароходе, так и по вечерам в Бергене, после построек, занимался» вычислением траекторий снаряда для сравнительного анализа различных методов расчета. По поводу основного подхода, определившего отношение автора к понятию «точность» результата, в «Заметках по баллистике» можно прочесть: «При вычислении движения снаряда главным фактором является сопротивление воздуха, величина которого известна лишь с ограниченной степенью точности, следовательно, результат вычисления по существу не может быть «вполне точным». Но то понятие, которое мы имеем в виду в этой заметке, относится единственно к самому процессу вычисления: надо, чтобы вычисление не вносило добавочных погрешностей, превосходящих наперед назначенный предел, т. е. чтобы результат вычисления соответствовал принятому закону сопротивления воздуха, как будто бы этот закон был вполне точный.

«Понятно, что лишь при таком условии всякое несогласие вычисленных результатов и наблюдаемых при стрельбе (предполагая, что начальная скорость определяется с надлежащей точностью) может быть относимо к несоответствию принятого закона сопро-

---

<sup>3</sup> Относительно большой угол бросания был выбран А. Н. Крыловым в связи с намечавшейся установкой орудий на открытых платформах.

тивления воздуха действительности, а не к неточности вычислений».

С тех пор методика, предложенная Алексеем Николаевичем и изложенная в его статье «О применении методы численного интегрирования уравнений к вычислению траектории снарядов», заняла достойное место в артиллерийской науке и обеспечила армию и флот таблицами стрельбы, существенно повысившими эффективность применения оружия. В наше время, когда вычислительные машины стали основным средством инженера и техника, эта методика служит базой для составления программы работ различных объектов вычислительной техники, выполняющих те же расчеты в исключительно короткие сроки.

А. Н. Крылов связал свою деятельность с запросами артиллерии и другими основополагающими трудами в этой области. К числу их принадлежит работа «О вращательном движении продолговатого снаряда во время полета», изданная в 1929 г. Научно-техническим комитетом Управления Военно-Морских Сил РККА (эта работа вошла в IV том «Собрания трудов академика А. Н. Крылова»).

Она является основным пособием при изучении внешней баллистики (в первую очередь при исследовании устойчивости полета снаряда), а также при конструировании снарядов и нарезной части орудий.

В этом труде, как и в других капитальных работах Алексея Николаевича, изложению основного материала предпосылается введение, содержащее необходимые читателю сведения по теоретической механике. Затем в главе первой излагается теория вращательного движения продолговатого снаряда на небольшом участке траектории, полагаемого с достаточным приближением прямолинейным. Рассматривая здесь решение известного ученого-баллистика Н. В. Майевского, которого даже иностранные специалисты называли «первым баллистиком Европы», А. Н. Крылов обнаруживает недостатки способа учета вращательного движения снаряда, предложенного Майевским в 1865 г., и показывает, каким образом их следует устранить. Там же устанавливается, что выводы другого выдающегося ученого Н. А. Забудского, приведенные в «Руководстве по внешней баллистике» (1895 г.), основаны на не вполне точных допущениях, корректировка которых приводит к уточненным уравнениям Майевского—Крылова.

Первая глава заключается установлением условий устойчивости полета снаряда и определением необходимой для этого крутизны нарезов.

В главе второй изучается движение снаряда по криволинейной траектории. Сначала показано, что существующие теории для рассматриваемого общего случая движения ошибочно предполагают постоянство в полете угла, образованного осью снаряда с касательной к траектории его центра тяжести. Кроме того, они построены

без учета ряда особенностей динамики полета. В связи с этим А. Н. Крылов излагает строгий метод решения задачи, приводящий к точным уравнениям движения, допускающим лишь численное интегрирование. Здесь же рекомендуются способы и схемы подобных расчетов.

В заключительной, третьей главе труда «О вращательном движении продолговатого снаряда во время полета» проводится сравнение опытных данных, полученных в 1919 г. при стрельбе по картонным щитам, с результатами расчетов по теории Крылова: согласие, можно сказать, практически полное.

Методы расчета траекторий артиллерийских снарядов, предложенные Крыловым, нашли признание и за рубежом: знаменитый математик Адамар попросил разрешения Алексея Николаевича включить их в свой курс, читаемый в *École Polytechnique*, а также представил работу А. Н. Крылова для опубликования в журнале «*Mémorial de l'Artillerie Française*».

В 1921 г. была напечатана статья «О продольных колебаниях орудия», в которой А. Н. Крылов впервые поставил и разрешил задачу о напряжениях, возникающих в стволе орудия из-за изменения давления, действующего на дно канала, и вследствие сил инерции, развивающихся при откате орудия. Математической базой этого решения служит метод, разработанный в «мемуаре 1905 г.».

К вопросам баллистики А. Н. Крылов возвращается и в последние годы жизни: в 1941 г. в «Известиях Военно-морской академии ВМФ имени К. Е. Ворошилова» он публикует статью «Об учете поправок при стрельбе по аэропланам». Здесь излагаются точные формулы для учета «упреждений», которые затем упрощаются в соответствии с практическими требованиями. Работа эта послужила основой для рационального проектирования счетно-решающих приборов управления зенитным огнем.

Настоящий обзор трудов академика Крылова по баллистике, как одной из основных областей прикладной механики, был бы неполным, если бы он не охватывал деятельности Алексея Николаевича как выдающегося конструктора и непревзойденного экспериментатора.

А. Н. Крылову принадлежит почетное место в создании оптических прицелов для Военно-Морского Флота.

Первые оптические прицелы для морской артиллерии были сконструированы известным изобретателем Яковом Николаевичем Перепелкиным. Однако производство их на Обуховском заводе, не располагавшем необходимым оборудованием и квалифицированными специалистами в новой тогда отрасли техники, вызывало большие затруднения. Потребность в оптических артиллерийских прицелах была весьма насущной: началась русско-японская война 1904 г.; японский флот был вооружен отличными прицельными устройствами, а на вооружении отечественного флота не было ни одного оптического прицела.



В связи с этим А. Н. Крылов предложил Морскому министерству разработанный им проект прибора (рис. 11), во много раз более дешевого и простого в изготовлении, чем «Оптический прицел Обуховского завода образца 1903 г.», изобретенный Я. Н. Перепелкиным.

В августе 1904 г. было изготовлено свыше 100 прицелов Крылова для обеспечения кораблей второй тихоокеанской эскадры. Комиссия морских артиллерийских опытов, проводившая их испытания, в своем докладе 7 октября 1904 г. писала, что «прицел подполковника Крылова имеет то преимущество перед обыкновенными, что, увеличивая ясность видения цели, он дает возможность более точно наводить, причем, как выяснилось при бывшей при стрельбе скверной дождливой погоде, дает возможность продолжать стрельбу с достаточной точностью (контроль квадрантом), тогда как наведение в цель по обыкновенному прицелу за неясностью цели становится невозможным». Добавим к этому объективному заключению, что прицел образца 1903 г. стоил 1150 руб., а прицел А. Н. Крылова — 25 руб.<sup>4</sup>

Одновременно с разработкой нового типа прицела Алексей Николаевич много и плодотворно работал над созданием отечественного образца оптического дальномера для кораблей флота. К началу русско-японской войны русский флот был вооружен дальномерами, введенными еще адмиралом М. П. Лазаревым; японские же корабли имели в своем распоряжении вполне современные дальномеры (типа Барра—Струда).

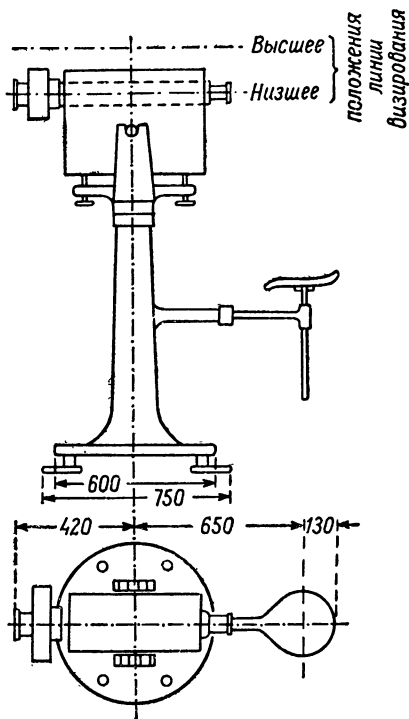


Рис. 11. Схематический чертеж оптического прицела А. Н. Крылова.

<sup>4</sup> Прицелы А. Н. Крылова были доставлены на вторую эскадру с большим запозданием (перед самым ее выходом): личный состав не имел достаточно времени для их освоения. По этой причине, а также вследствие известного консерватизма «старых артиллеристов» подавляющее большинство орудий главного калибра русских кораблей вело огонь по японскому флоту «по старинке».

Обобщив опыт русских изобретателей XIX в., А. Н. Крылов разработал новую конструкцию морского оптического дальномера. Дифференциальный дальномер был рассчитан на определение дистанции до базы наблюдения, исходя из ее известной высоты, и состоял из микрометра с объективом, разделенным на две части: одна половина объектива перемещалась вертикально, а другая — горизонтально. Второе перемещение служило для совмещения в вертикальной плоскости двух крайних точек базы, первое — для отсчета дистанции (рис. 12).

В 1907 г. по предложению Морского министерства А. Н. Крылов сконструировал «упредитель» — прибор, служащий для опре-

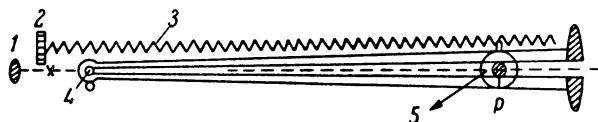


Рис. 12. Дифференциальный дальномер  
А. Н. Крылова.

1 — окуляр; 2 — барабан для отсчета дистанций; 3 — винт для передвижения ползуна; 4 — центр вращения ножиц; 5 — головка винта для перемещения ползуна  $P$  вдоль его оси — «установка на базу».

деления бокового отклонения целика в зависимости от скорости и курса цели. Новое изобретение было одобрено Морским техническим комитетом. После изготовления опытного образца в оптической мастерской Обуховского завода он был испытан в 1908—1909 гг. на кораблях Балтийского и Черноморского флотов. Как и предвидел автор изобретения, основной элемент упредителя, в качестве которого служил (из-за отсутствия других приборов) гироскоп, снятый с прибора Обри, управляющего движением торпеды, не отвечал необходимому требованию сохранения постоянства угловой скорости вращения. Вместе с тем изготовление нужного гироскопа и внедрение упредителя на кораблях отечественного флота всячески задерживались.

В январе 1911 г. Алексей Николаевич получил письмо от Я. Н. Перепелкина: «Не могу удержаться, чтобы не сообщить Вам одной очень курьезной вещи. В своих странствованиях я посетил, между прочим, завод Барра и Струда в Глазго... Все объяснения по производству давал мне доктор Струд. Вел с ним много отвлеченных разговоров. И вот он захотел меня удивить одной особенной вещью и решил показать прибор, который у них составляет большой секрет и только что выработан. С весны они предполагают пустить его на испытание...»

«Вообразите себе, Алексей Николаевич, что я увидел прибор „упредитель“ Ваш, который Вы делали для определения (отклонения) целика. Прибор, который Вы давали на испытание. Мне пом-

нится, что Вы говорили, что не получилось результатов из-за плохого жироскопа (Вы, кажется, брали минный жироскоп от прибора Обри). Барр и Струд сделали жироскоп электрический. Видел прибор в действии (в мастерской), функционировал хорошо и довольно долго. Была устроена подвижная мишень.

«Определения получались точные и легко» (Архив АН СССР, ф. 759).

В первой главе книги уже рассказывалось о двух других изобретениях А. Н. Крылова: о приборе для фотографической записи качаний корабля и об «отметателе», служащем для обучения наводке в условиях качки корабля.

Перечень изобретений Алексея Николаевича можно было пополнить оптическими прицелами для орудий береговой обороны и торпедных аппаратов, так называемым вертикально-базным дальномером и многими другими оптико-механическими приборами. Однако уже перечисленного представляется достаточно для выявления выдающейся роли А. Н. Крылова как изобретателя. Показательно, что подобно Исааку Ньютону академик Крылов включил в круг своих ближайших научных интересов не только механику, но и оптику и, не отделяя научные проблемы от изобретательства и конструирования новых приборов, с одинаковой любовью занимался теоретико-экспериментальными исследованиями и инженерными разработками.

Немногие — даже специалисты по вычислительной технике — знают, что в 1910 г. Алексей Николаевич сконструировал и изготовил прибор для численного интегрирования дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами (вплоть до уравнений четвертого порядка, в которые линейным образом входит искомая функция и ее производные).

Постоянное влечение к разработке и проектированию разнообразных приборов и специальных устройств Крылов сохранил до конца жизни. Ему принадлежит проект стабилизированного дальномерного поста в двух вариантах — гироскопическом и оптико-механическом, им же создана общая теория гировертикали — прибора, служащего для определения истинной вертикали в данной точке с высокой степенью точности; Алексеем Николаевичем предложены средства амортизации дальномерных постов при вибрации корабля, им же внесены существенные улучшения в разнообразные оптические приборы, изготавливаемые на советских заводах, бесценным консультантом которых он состоял.

Отличительной особенностью всех предложений А. Н. Крылова являются обеспечение той степени точности, которая необходима для практических целей, создание для личного состава удобных в эксплуатации условий и непревзойденная простота и надежность конструкции.

Алексею Николаевичу принадлежит также заслуга в постановке и проведении первых в истории мировой техники опытов по

исследованию влияния качки на меткость стрельбы. Испытания были проведены на канонерской лодке «Уралец» у мыса Айя (вблизи Балаклавы), причем в качестве щитов служили береговые скалы, почти отвесно поднимающиеся на высоту около 500 м. На них заранее были накрашены точки прицеливания и линейные базы, служившие для расшифровки фотоснимков попаданий.

Сначала были выполнены «штилевые» стрельбы с дистанций в 10 и 25 кабельтовых (соответственно 1850 и 4650 м), а затем на тех же дистанциях производилась стрельба на качке. «Телефот» Крылова регистрировал размахи качки, текущее время, момент спуска курка и момент вылета снаряда из ствола орудия.

Наряду с непосредственными выводами, освещенными в отчете специальной комиссии, эти испытания до настоящего времени представляют исключительную ценность как по организации и техническому обеспечению, так и по методике обработки и анализа результатов.

Среди трудов академика Крылова по теоретической механике и ее приложениям к морскому делу особое место занимает работа «О равновесии шаровой мины на течении», опубликованная в 1909 г. и положенная в основу теории минных постановок.

Уже в начале текущего века мины зарекомендовали себя среди других видов морского оружия как одно из наиболее эффективных боевых средств. Снабженные в то время контактными (гальвано-ударными или ударно-механическими) взрывателями, мины представляли опасность для кораблей противника лишь в том случае, когда их углубление под свободной поверхностью воды не превосходило осадки судов.

Опыт массовых постановок минных заграждений во время Крымской и русско-японской войн показал, что вследствие влияния течения на углубление якорных мин в ряде случаев они оказывались неэффективными: так, например, при глубинах моря порядка 50 м и изменении скорости течения на 2 узла снижение мин против заданного уровня становилось настолько существенным, что в течение значительной части суток корабли противника могли безнаказанно проходить район заграждения над минами.

Отсутствие необходимых теоретических разработок и систематических экспериментальных исследований не давало возможности заранее оценить влияние переменности скорости течения, длины смотанной части троса — минрепа, его веса и диаметра на снижение мины. Без рационального учета особенностей рассматриваемого явления при проектировании новых образцов назначались такие элементы мин, как плавучесть, форма корпуса, положение центра тяжести, место крепления минрепа к корпусу мины и др.

Весьма остро ощущалась необходимость в обобщении накопившихся опытных материалов и создании теории поведения мин на течении, которая должна была установить влияние скорости течения на положение мины и минрепа при различных их конструк-

тивных элементах. По заданию минного отдела Морского технического комитета за разработку рассматриваемого вопроса и принялся Алексей Николаевич, сформулировав поставленную задачу следующим образом: «Шаровая мина данных размеров, плавучести и веса поставлена на течении, скорость которого одна и та же по всей глубине и также известна. Требуется определить: 1) положение равновесия мины, 2) форму, принимаемую минрепом, 3) зависимость между длиной минрепа, плавучестью мины и глубиной ее погружения при разных скоростях течения».

К этому времени трактуемый вопрос имел уже более чем 60-летнюю историю. В «Ученых записках Казанского университета» за 1845 г. в статье члена-корреспондента Академии наук А. Ф. Попова, посвященной определению высот посредством бумажного змея, впервые были показаны соответствующие условия равновесия и установлено приближенное уравнение кривой, форму которой принимает ось троса, находящегося под действием собственного веса и горизонтального потока воздуха (ветра). Более полный анализ существенной части задачи, относящейся к равновесию гибкой нити, был проведен в 1867 г. тем же автором в статье, носящей столь длинное название, что в нем с большой подробностью вскрывается сама постановка задачи: «Аналитическое решение задачи: по данному весу шара, наполненного водородом, и по данным длине и весу шнура, к которому привязан этот шар, определить высоту шара в воздухе и скорость ветра, с помощью измерения одного угла и двух уравновешений в нижнем конце шнура».

Эти работы могли быть неизвестны специалистам-минерам во всяком случае до 1884 г., когда в книге «Приложения механики к минному делу» В. Куприянов впервые изложил решение задачи о положении мины на течении и соответствующей форме минрепа. Однако это изложение было оторвано от непосредственных запросов практики, не давало простых приемов анализа существа вопроса и не содержало конкретных рекомендаций, столь необходимых при проектировании нового вида оружия.

Что же нового на этом фоне сделал А. Н. Крылов в своей работе «О равновесии шаровой мины на течении» (рис. 13)? Прежде всего, изложив точное решение задачи о равновесном положении мины и минрепа, подобное полученному А. Ф. Поповым для случая змейкового или сферического аэростата, Алексей Николаевич сформулировал условия, при выполнении которых угол крена корпуса мины будет равен нулю независимо от скорости течения. Это имеет важное значение для обеспечения нормальных условий работы контактных взрывателей и конструктивно осуществляется простыми средствами: с помощью огибающей скобы минреп закрепляется в центре тяжести плавучего объема мины (в центре величины ее), причем последний должен располагаться выше центра тяжести мины.

Из общих уравнений равновесия мины на течении вытекает и ряд других практических выводов, в частности независимость угла крена от длины смотавшейся части минрепа, а следовательно, и глубины места постановки, если только минреп размещен на вьюшке якоря. В равной мере важным является заключение о том, что натяжение и угол наклона верхнего элемента минрепа,

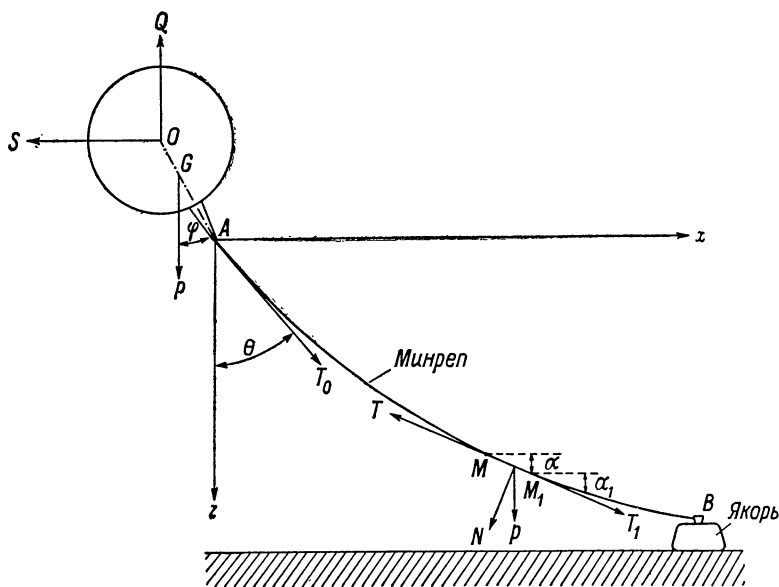


Рис. 13. Иллюстрация к работе А. Н. Крылова „О равновесии шаровой мины на течении“.

$Q$  — Архимедова сила плавучести мины, приложенная к точке  $O$  (в центре величины);  $P$  — вес мины, приложенный в ее центре тяжести  $G$ ;  $S$  — давление текущей воды на мину;  $A$  — точка крепления минрепа к миной;  $\varphi$  — угол накренения мины;  $T_0$  — натяжение минрепа в точке  $A$ ;  $MM_1$  — элемент минрепа;  $p$  — вес элемента  $MM_1$ ;  $T$  и  $T_1$  — натяжение минрепа в точках  $M$  и  $M_1$  соответственно;  $N$  — давление текущей воды на элемент минрепа.

непосредственно прилегающего к корпусу мины, не зависят от места крепления.

Хуже обстоит дело с практическим приложением общих уравнений равновесия минрепа. Свидетельствуя о принципиальной возможности полного решения задачи, они вместе с тем по своей сложности не могут быть рекомендованы для практических расчетов.

В связи с этим А. Н. Крылов приводит весьма простое приближенное решение, основанное на предположении, что вес троса (минрепа) составляет относительно малую долю от его натяжения (аналогичное упрощение принимал и А. Ф. Попов). Подобные

условия можно полагать осуществленными для неглубоководных, в частности речных, мин.

Однако при постановке минных заграждений вдали от берегов, на относительно больших глубинах пренебрегать весом минрепа нельзя. Центральным местом работы является оригинальное решение задачи в этих усложненных условиях. А. Н. Крылов заменяет искомую равновесную форму минрепа вписанной в нее ломаной, которая при достаточно малой длине каждого элемента сколь угодно близка к искомой кривой. Соответственно этому гибкий трос, каким является минреп, заменяется цепью, состоящей из отдельных прямолинейных стержней, соединенных между собой шарнирами. Естественно, что погонный вес стержней принимается равным погонному весу минрепа, а распределение гидродинамических сил давления воды на минреп по его длине в обоих случаях (гибкий трос и цепь) остается неизменным. Рассмотрение условий равновесия каждого стержня, начиная с первого элемента минрепа и кончая последним, соединенным непосредственно с якорем, позволяет последовательно найти положение любого из элементарных стержней, а следовательно, и всего минрепа.

В заключение Алексей Николаевич предлагает простой способ вычерчивания равновесной формы минрепа, осуществляющий разрабатанный им алгоритм вычислений графическими средствами.

Нет надобности подчеркивать, что основная оригинальная часть работы А. Н. Крылова может быть непосредственно использована при решении аналогичной задачи в усложненных условиях любого закона, определяющего гидродинамическое давление воды на минреп, «и даже для случая какого угодно распределения скоростей течения по глубине». В таком именно направлении она получила дальнейшее свое развитие в наше время в работах учеников Алексея Николаевича.<sup>5</sup>

Для академика Крылова характерна чрезвычайная широта интересов в области математической физики. После себя он оставил большой научный архив,<sup>6</sup> содержащий ряд ценных, еще не опубликованных работ по разнообразным областям знания.

Укажем некоторые из них, представляющие, возможно, наибольший интерес.

В 1920 г., сотрудничая в атомной комиссии, возглавлявшейся академиком Д. С. Рождественским, А. Н. Крылов прочел три доклада на тему «Некоторые замечания о движении электрона в атоме гелия». В постановке задачи предполагается, что в невозмущенном состоянии два электрона с зарядами  $-e$  движутся по круговым орбитам вокруг ядра с зарядом  $2e$ . Алексей Николае-

---

<sup>5</sup> Широкое применение работа А. Н. Крылова находит при расчетах, связанных с постановкой гидрографических и сигнальных буев (особенно в районах с переменным уровнем воды).

<sup>6</sup> Все рукописи хранятся в ф. 759 Архива АН СССР в Ленинграде.

вич тремя методами решает задачу о возмущенной орбите внутреннего электрона.

Еще в 1916 г. А. Н. Крылов полностью подготовил к печати рукопись «О расчете объективов, составленных из двух линз», доложенную на заседании Физико-химического общества. В ней он указывает на ошибку в формулах, которыми до последнего времени пользовались при расчете подобных объективов. Несмотря на то что работа была подписана к печати академиком Б. Б. Голицыным, издать ее тогда не удалось.

Ряд рукописей является приложением метода, разработанного в «мемуаре 1905 г.», к различным практическим задачам. В них, в частности, рассмотрены вопросы теории вибраций лопаток паровых турбин.

В архиве академика Крылова можно найти неопубликованные рукописи, относящиеся к области математического анализа. К их числу принадлежит работа «О вычислении характеристических чисел для функции Матье», свидетельствующая о его повышенном интересе к тем математическим проблемам, которые непосредственно связаны с решением конкретных задач техники.

«Делом его жизни, на которое была направлена с удивительной целеустремленностью его неисчерпаемая энергия, было постижение качественных и количественных закономерностей тех явлений, которые выдвигала перед ним его замечательная деятельность не только в области корабельного дела, но и в самых разнообразных областях механики, физики и техники. Во всех этих исследованиях математика была для него основным методом».<sup>7</sup>

Чтобы сделать этот метод достоянием широкого круга инженерно-технических работников, А. Н. Крылов написал три капитальных труда: «Лекции о приближенных вычислениях», «О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики, имеющих приложение в технических вопросах» и «Общая теория гироскопов и некоторых технических их применений», — являющихся настольными книгами для лиц, изучающих математику и механику с целью приложения этих знаний к практическим задачам.

«Причина, побудившая меня к составлению этого курса, — писал Алексей Николаевич в предисловии к первому изданию «Лекций о приближенных вычислениях», — следующая: в современных руководствах математического анализа преимущественное внимание обращается на вполне строгое установление основных понятий и на строгое доказательство всех получаемых из них выводов. Ввиду этого зачастую весьма обстоятельно доказывается существование решения какого-либо вопроса и устанавливается теорети-

---

<sup>7</sup> В. И. Смирнов. Работы А. Н. Крылова по математической физике и механике. Материалы этой статьи использованы при написании настоящей главы.



ческая возможность получения его с любой степенью точности, и гораздо меньшее внимание уделяется практической части дела, т. е. действительному получению решения с данным, обыкновенно грубым, приближением, которое только и требуется в приложениях, но которое надо получить с возможно меньшей затратой труда и времени. Составленный мною курс лекций о приближенных вычислениях и имеет целью показать: действительно применимые практические приемы и способы вычисления корней численных уравнений, вычисления определенных интегралов, пользования тригонометрическими рядами и приближенного решения дифференциальных уравнений. Главная забота при этом была о том, чтобы показать, как и когда тем или иным приемом или способом пользоваться, а не о теоретической строгости обоснования самого приема или способа.

Первая глава книги посвящена общим правилам приближенных вычислений. Сначала автор излагает «техническую точку зрения» на понятие «точность вычисления». В технике расчеты производятся для того, чтобы их результаты были осуществлены на деле. Для любого изделия существуют «допуски», определяющие погрешности изготовления, при которых изделие признается годным к эксплуатации. С другой стороны, сами измерения данных, являющихся исходными при инженерных расчетах, и тех, которые сопоставляются с результатами подобных расчетов, не могут быть абсолютно точными: напротив, измерения всегда имеют некоторую погрешность, обнаруживаемую, в частности, при повторных наблюдениях, — результаты их отличаются один от другого.

«Отсюда ясно, — писал А. Н. Крылов, — что для прикладных вопросов нет надобности производить вычисления по абсолютно точным формулам и с совершенной точностью; напротив, можно пользоваться заведомо неточными формулами или приемами, лишь бы была уверенность, что происходящая от этого погрешность не превышает тех пределов, которые в данном вопросе допускаются».

Изложив затем принципы выполнения основных операций над приближенными числами, Алексей Николаевич заключает первую главу сводкой общих правил, некоторые из которых приведены ниже:

«Точность вычислений должно сообразовать с точностью данных, а точность данных — с той практической потребностью, для которой результат вычисления нужен».

«При вычислении надо избегать выписывания лишних знаков, ограничивая всегда числа так, чтобы в них все цифры, кроме последней, были верны и лишь последняя была бы сомнительной».

«При сложении многих чисел, значительно различающихся по величине, но одинаковой относительной точности, надо написать вперед наибольшее из слагаемых и удерживать в остальных лишь»

столько цифр после запятой, сколько их в этом наибольшем слагаемом».

«Логарифмами пользоваться с таким числом знаков, сколько их в числах».

«Для всякого вычисления следует предварительно составить схему, так чтобы каждое число писалось в свое место. При составлении схем надо заботиться о том, чтобы при действиях над рядом чисел одно действие не шло бы вперемешку с другими, а, напротив, один однообразный процесс сменялся другим, тоже однообразным, производимым над всеми числами ряда».

Выполнение этих и подобных им правил приближенных вычислений приводит к значительной экономии труда и ускорению срока получения необходимого результата. Вместе с тем история техники знает немало случаев игнорирования указанных рекомендаций. Пришлось ведь А. Н. Крылову уволить с занимаемой должности главного корабельного инженера Севастопольского порта «за нарушение правил приближенных вычислений, приведшее к троекратному увеличению объема работы и невыполнению ее к заданному сроку». Другим примером долгие годы являлся немецкий государственный сортамент, в котором размеры полок отдельных профилей балок и другие их характеристики публиковались с семью и более значащими цифрами, из которых уже четвертая была явно ошибочной. А сколько лишней «цифры» выписывается нередко молодежью, готовящей себя к инженерной деятельности и выполняющей умножение и деление «дедовскими» способами («в столбик со смещением на один разряд») вместо пользования логарифмической линейкой, либо прочитывающей все цифры, даваемые арифмометром или другой, более совершенной вычислительной машиной, и тем самым создающей впечатление о повышении точности результата по сравнению с точностью исходных данных? Дело здесь не только в напрасной затрате труда, но и в снижении культуры вычислительной работы: теряется представление о действительной и требуемой точности результата.

Вторая глава труда «Лекции о приближенных вычислениях» посвящена отысканию корней алгебраических уравнений высоких степеней. Известно, что корни уравнений, степень которых выше четырех, не могут быть выражены через известные коэффициенты этих уравнений общей формулой, подобной той, которой пользуются, например, при решении квадратных уравнений. Единственным выходом из указанного положения является решение задачи методом приближений, в свою очередь состоящим из двух операций: отделения корней, т. е. определения интервалов, внутри которых при заданных численно значениях коэффициентов они должны находиться, и вычисления корней с требуемой степенью точности.

В высшей алгебре доказывается теорема Штурма, принципиально решающая вопрос об отделении корней. Однако «такое

решение, — пишет А. Н. Крылов, — безукоризненное в теоретическом отношении, на практике весьма затруднительно по длине и утомительности сопряженных с ним вычислений, в особенности относительно мнимых корней».

Поэтому академик Крылов подробно излагает и развивает весьма удобный в практическом исполнении способ, впервые изложенный в «Алгебре», написанной нашим великим соотечественником Н. И. Лобачевским и изданной в 1834 г., а затем снова предложенный в 1837 г. цюрихским профессором Греффе.

Глава вторая иллюстрируется многими примерами, а само изложение ее в значительной части доступно школьнику 8—9-го класса.

Большое место в книге занимают приближенное вычисление определенных интегралов (глава III) и описание механических приборов, служащих для этой цели (глава IV). К указанной задаче непосредственно сводится определение площадей, объемов, положения их центра тяжести и многие другие практические вопросы. Здесь читатель найдет изложение правил трапеций, Симпсона, Котеса, интерполяционной формулы Лагранжа, формул Чебышева и Гаусса. Имея в виду замечание известного французского математика Лорана о приближенных формулах для вычисления определенных интегралов — «Эти формулы доставляют численное значение искомого интеграла с приближением, которое в общем зависит от терпения вычислителя», — А. Н. Крылов приводит прямые и ясные указания, позволяющие не злоупотреблять этим терпением и правильно выбрать способ приближенного интегрирования. В этом смысле предпочтение отдается методам Чебышева и Гаусса, позволяющим примерно вдвое уменьшить потребное для расчета число ординат кривой.

Описание механических приборов для вычисления определенных интегралов предваряется изложением общей теории подобных устройств, после которого уже нетрудно составить соответствующие формулы и понять смысл показаний любого из них.

Глава V труда «Разложение функций в тригонометрические ряды» связана с одной из основных задач прикладной математики — представлением на промежутке  $(-\pi, \pi)$  заданной функции  $f(x)$  при помощи ряда, расположенного по синусам и косинусам аргументов  $n\omega x$ , где  $\omega$  — вещественное число, а  $n$  принимает значения  $0, 1, 2, 3, \dots$ . Ряды Фурье имеют широкое применение в различных областях знания — прикладной механике, радиотехнике, океанографии и др. При условии быстрой сходимости таких рядов, о способе достижения которой уже говорилось, они позволяют воспроизвести (аппроксимировать — с достаточным приближением представить) заданную функцию конечной суммой синусов и косинусов с постоянными коэффициентами (количество слагаемых такой суммы в практических расчетах обычно не превышает шестивосьми). Наряду с изложением общей теории рядов Фурье и описа-

нием механических приборов — гармонических анализаторов, позволяющих простейшим образом определить коэффициенты разложения заданной функции, Алексей Николаевич излагает в этой главе свой оригинальный метод улучшения сходимости тригонометрических рядов, получивший широкое распространение на практике.

В заключение главы V предлагается новый метод решения задачи, которая в последнее время получила наименование «выделение скрытых периодичностей».

Пусть относительно некоторой функции, заданной в графической или табличной форме, известно, что по характеру воспроизводимого ею физического процесса она может быть представлена в виде суммы типичных членов  $a_i \sin(\omega_i t + \alpha_i)$ , число которых  $n$ , равно как и амплитуды  $a_i$ , частоты  $\omega_i$  и так называемые начальные фазы  $\alpha_i$  неизвестны. При этом, в отличие от рядов Фурье, частоты  $\omega_i$  могут быть в общем случае произвольными.

Задача сводится к отысканию всех  $3n + 1$  неизвестных величин.

Приведем некоторые примеры. При анализе приливов полагают, что уровни воды и скорости течений хорошо воспроизводятся суммами указанного типа членов, т. е. суммами «периодичностей». В рассматриваемом случае задача существенно упрощается тем, что частоты отдельных периодичностей заранее известны и определяются периодами обращения соответствующих небесных светил; остается определить амплитуды и начальные фазы отдельных составляющих и общее число последних.

После решения подобной задачи нетрудно на основе полученного результата прогнозировать численные значения соответствующих характеристик приливов для последующих за наблюдениями моментов времени.

В более общем случае подобной априорной (доопытной) информации нет. Сигналы природы, представляющие собой временные функции различных физических величин (температуры, давления, силы тока, напряжения и т. п.) и включающие космические радио- и тепловые излучения, могут состоять из различного числа разнообразных периодичностей, частоты которых заранее неизвестны. Выделение скрытых периодичностей помогает установить основные закономерности анализируемых физических процессов.

Академик Крылов предложил для рассматриваемых целей метод интегрирования заданной функции, позволяющий при достаточно большой длительности наблюдения последовательно «отсеивать» одну из гармонических составляющих за другой (начиная с самой низкочастотной).

Глава VI книги «Лекции о приближенных вычислениях» называется «Формулы, выражающие связь между суммой и интегралом, разностями и производными. Формулы интерполирования».

Как указывается в главе III труда А. Н. Крылова, при приближенном вычислении интегралов последние заменяются конечными суммами значений интегрируемой функции  $f(x)$ , снабженных

некоторыми множителями, определяемыми соответствующим правилом. В первой части главы VI рассматриваются суммы значений произвольной функции  $f(x)$  в равностоящих точках, например  $f(0) + f(1) + f(2) + \dots + f(n)$ , и для этой суммы строятся формулы, которые выражают ее через интеграл от  $f(x)$  по промежутку  $(0, n)$  и сумму конечного числа известных слагаемых, причем погрешность такого представления оценивается. Такой формулой удобно пользоваться для приближенного вычисления суммы большого числа слагаемых, иначе говоря, при большом  $n$ .

Далее в главе VI излагаются основы так называемого исчисления конечных разностей. Этот раздел математики аналогичен дифференциальному и интегральному исчислениям.

Пусть известны равноотстоящие значения функции  $f(x)$ , например  $f(x), f(x+h), f(x+2h), \dots, f(x+nh)$ , где  $h$  — фиксированный шаг изменения независимой переменной  $x$ . В этом разделе вместо дифференциала функции  $df(x)$  рассматривается разность  $\Delta f(x) = f(x+h) - f(x)$ , а вместо производной  $f'(x)$  — разделенная разность  $\frac{\Delta f(x)}{h}$ , которая характеризует в среднем быстроту изменения  $f(x)$  на промежутке от  $x$  до  $x+h$ . Далее можно рассматривать разности высших порядков, или разности разностей, например, разность второго порядка  $\Delta^2 f(x)$  есть разность, составленная для функции  $\Delta f(x)$ , т. е.  $\Delta^2 f(x) = \Delta(\Delta f(x))$ . Нетрудно видеть, что она выражается формулой  $\Delta^2 f(x) = f(x+2h) - 2f(x+h) + f(x)$ . Отношение  $\frac{\Delta^2 f(x)}{h^2}$  аналогично значению производной второго порядка  $f''(x)$ . Указанные «разделенные» разности используются для приближенного вычисления производных. Сами же конечные разности  $\Delta f(x), \Delta^2 f(x), \Delta^3 f(x), \dots$  применяются для интерполирования функции, т. е. определения ее значений при промежуточных величинах независимой переменной, не указанных в исходной таблице, с помощью которой функция задана. Кроме того, конечные разности могут быть использованы для экстраполирования функции: под этим понимают оценку ее ординат вне промежутка табличных значений функции.

Глава VII посвящена приближенному интегрированию дифференциальных уравнений, т. е. уравнений, содержащих искомую функцию и ее производные. Такие уравнения, за исключением весьма ограниченного числа типов, рассматриваемых подробно в курсах технических вузов, не решаются в конечном виде или в квадратурах.<sup>8</sup> Именно по этой причине самое широкое применение в технике получили численное интегрирование уравнений, в результате которого искомая функция определяется в таб-

<sup>8</sup> В первом случае решение уравнения должно выражаться через элементарные функции (алгебраические, тригонометрические, круговые, показательные и т. п.), во втором — через интегралы (квадратуры), значения которых затабулированы.

личной форме (для заданного ряда дискретных значений независимой переменной), и приближенные аналитические методы, которые во многих практически важных случаях приводят к аналитическому выражению, с достаточной точностью воспроизводящему искомую функцию.

Академик Крылов наряду с изложением этих методов дает конкретные указания о том, в каких случаях они могут быть успешно применены.

Разложение искомого решения в ряд, расположенный по степеням независимой переменной, рекомендуется применить «в том случае, когда требуется получить решение, удовлетворяющее заданным начальным условиям, и это решение нужно лишь для малых значений переменной. Подобный случай имеет место, например, когда трактуем о движении снаряда внутри канала орудия, когда разбираем откат орудия, вылет мины<sup>9</sup> из аппарата и вообще разного рода движения, продолжающиеся весьма короткое время».

Другой способ — разложение решения в ряд, расположенный по степеням малого постоянного параметра, входящего в интегрируемое уравнение, — может быть эффективно применен, когда дифференциальные уравнения наряду с главными членами содержат «второстепенные, причем эти последние характеризуются присутствием в них малых постоянных (т. е. не содержащих ни переменной независимой, ни ее искомой функции) множителей». Например, в задачах о движении тел в относительно слабо сопротивляющейся среде члены, учитывающие сопротивление среды, и будут «второстепенными», а роль «малого параметра» играет соответствующий коэффициент сопротивления. В другой задаче — о движении планет вокруг Солнца — главные члены уравнения определяются действием Солнца, а второстепенные — взаимодействием остальных планет друг с другом.

«Подобные вопросы в механике носят вообще название вопросов „о возмущенном движении“, причем вышеупомянутые второстепенные члены и представляют возмущения, — писал А. Н. Крылов в главе VII книги. — Обыкновенно все эти вопросы такого рода, что если отбросить члены, представляющие возмущение, иными словами, положить равными нулю постоянные множители, их характеризующие, то уравнения допускают точное решение».

Третий прием — разложение решения дифференциального уравнения в ряд по степеням постоянных, представляющих начальные значения искомой функции и ее производных, — успешно решает задачу о колебательном движении системы, когда «заведомо известно, что эти колебания остаются малыми, причем в каждом частном вопросе надо сделать определение того, что под словом „малое“ разумеется». При исследовании, например, движения маятника малыми колебаниями полагают обычно такие, при которых

---

<sup>9</sup> Торпеды — самодвижущейся мины.

синус угла отклонения оси маятника от равновесного положения можно считать равным самому углу, измеренному в радианах.

По поводу последних двух приемов интегрирования дифференциальных уравнений А. Н. Крылов делает весьма важное замечание: «Откидывая в самом уравнении члены, содержащие параметр  $\alpha$  (или начальные значения искомой функции) в степени выше какого-либо избранного числа  $k$ , мы не можем поручиться, что и в общем интеграле будут откинута члены, начиная с того же самого порядка, а не низшего». Далее он показывает, как можно обнаружить, имеет ли место последнее неприятное для исследователя обстоятельство или нет.

Многие прикладные вопросы математической физики приводят к необходимости решения линейных дифференциальных уравнений с переменными коэффициентами. Некоторые типы подобных уравнений, в которых искомая функция и ее производные входят с функциональными сомножителями, известным образом определяемыми независимой переменной, изучены весьма обстоятельно, а для облегчения их интегрирования составлены таблицы специальных функций, неоднократно издававшиеся и постоянно дополняемые новыми вспомогательными материалами.

А сколько неизученных типов дифференциальных уравнений встречается на «тернистом» пути инженера-исследователя в его практической работе? Для приближенного решения подобных уравнений общего вида Алексей Николаевич предлагает применить методу последовательных приближений, приводящую к необходимости вычисления определенных интегралов с переменным верхним пределом (по типу интегральной кривой, каждая ордината которой определяет площадь, ограниченную соответствующим графиком, осью абсцисс, неизменной начальной ординатой и «текущей» ординатой, отвечающей верхнему пределу интеграла как абсциссе).

Подобные вычисления укладываются в относительно простую схему и не должны вызывать особых затруднений.

Наконец, заключительная часть главы VII излагает приемы вычисления характеристических чисел, или, иначе, корней того трансцендентного уравнения, которое в методе А. Н. Крылова (1905 г.) определяет фундаментальные функции собственных колебаний.

Предостерегая читателя от стремления получить возможно более точное решение, которое, как правило, требует избыточно большой вычислительной работы, Алексей Николаевич снова писал: «Техник, применяя математику к практическим вопросам, сам должен заботиться, чтобы она служила подспорьем здравому смыслу; он должен помнить, что вычисление можно произвести сколь угодно точно, но результат вычисления не может быть точнее тех данных и тех предположений, на коих оно основано, поэтому точность вычисления должна соответствовать точности данных и той практической потребности, для которой оно производится».

Последняя, VIII глава — «Способ наименьших квадратов» — предваряется следующей исторической справкой: «В древнейшей и точнейшей из наук, основанных на измерениях и наблюдениях, — астрономии уже более ста лет для обработки наблюдений и получения из них наиболее достоверных результатов применяются определенные правила, составляющие так называемый „способ наименьших квадратов“».

«Способ этот изобретен Гауссом в 1794 г., когда Гауссу было 17 лет, но опубликован им лишь в знаменитом сочинении „Теория движения небесных тел по коническим сечениям вокруг солнца“, изданном в 1808 г.

«Здесь надо заметить, что еще в 1806 г. Лежандр в своем сочинении „Новый способ определения орбит комет“ предложил эту методику, но далеко не так полно, как это сделано Гауссом в его „Теории движения“».

«Гаусс затем в течение своей долгой жизни (он умер в 1855 г.) неоднократно возвращался к изложению своей методики с разных точек зрения и довел ее до высшей степени законченности и совершенства».

При различных наблюдениях возможны погрешности тройкого рода: спорадические, систематические и случайные. К первым из них относятся просчеты или описки, которые относительно легко обнаруживаются и затем могут быть выверены. Второй тип ошибок будет наблюдаться, например, в условиях, когда «самое измерение производилось неточным прибором — скажем, с чертежа, составленного пользуясь „верною“ миллиметровой линейкой, снимались ординаты другою линейкой, 500 делений которой, хотя и названных миллиметрами, составляют всего 498 делений первой». В других случаях подобные погрешности происходят от иной постоянно действующей причины, и при анализе ошибок наблюдений можно обнаружить достаточно ясно выраженную закономерность, позволяющую установить, а затем устранить саму причину систематических ошибок или ее последствия.

Однако исключение спорадических и систематических ошибок не освобождает наблюдения от случайных погрешностей, не следующих какому-либо детерминированному (определенному) закону, характеризующему однозначной зависимостью ошибки от определяющей ее причины.

При неоднократных измерениях одной и той же величины, допустим даже «точным» измерительным прибором, наблюдатель получает ряд показаний, отличающихся друг от друга. При этом, если систематические и, конечно, спорадические ошибки исключены, то относительно большие расхождения в результатах наблюдений получаются редко, а малые — чаще. В этом случае погрешности следуют статистическим закономерностям, характеризующим вероятность проявления той или иной случайной величины ошибки.



Для оценки вероятнейших значений наблюдаемой физической величины, а чаще для нахождения наиболее достоверных значений других определяющих ее физических характеристик и оценки вероятной погрешности результатов служит метод Гаусса.

Предположим, что в соответствии с характером наблюдаемого физического процесса результаты непосредственных наблюдений являются известными функциями от  $k$  физических величин, значения которых должны быть определены. Пусть число подобных наблюдений равно  $n$ . Каждое наблюдение доставляет одно уравнение, в левой части которого находится известная функция от  $k$  величин, а в правой — результат наблюдения. Такие уравнения называются условными (этим названием подчеркивается то обстоятельство, что правые их части известны с ошибками).

Если  $k = n$ , то из соответствующей системы уравнений можно, вообще говоря, получить единственную совокупность значений  $k$  неизвестных величин и судить о погрешности наблюдений и их последствиях нельзя. Для успешного решения поставленной задачи число условных уравнений, а вместе с ним и количество наблюдений  $n$  должно быть существенно больше  $k$ .

В этом случае метода Гаусса позволяет составить систему  $k$  так называемых нормальных уравнений, определяющих вероятнейшие значения искомого  $k$  величин как решение этой линейной системы, а затем оценить и погрешности полученных результатов.

Приведа теоретические обоснования способа наименьших квадратов и некоторые показательные результаты его экспериментальной проверки, А. Н. Крылов заключает: «В 1822 г. Гаусс производил съемку Ганновера; в одном из своих писем к астроному Ольберсу он пишет: „Я на днях, после трех месяцев упорной работы, закончил по методу наименьших квадратов уравнительные вычисления, заключавшие около 300 условных уравнений с 55 неизвестными».

«Кажется, наибольшее число неизвестных, с которыми в методе наименьших квадратов имели дело, было в Индийской съемке — около 2500 условных уравнений и 88 неизвестных; работа вычислительного бюро продолжалась два года».

Добавим, что современная вычислительная техника вносит весьма существенные поправки в представления о трудоемкости подобных вычислений. В наше время даже не на самых скоростных машинах они были бы выполнены в течение двух дней и двух недель соответственно.

«Лекции о приближенных вычислениях», выдержавшие несколько изданий, в последнем из них содержат 541 страницу. По сравнению с этой цифрой 9 страниц нашей книги являются «ничтожно малою величиной», которая вместе с тем представляется достаточной, чтобы показать читателю, какое богатое содержание вложил Алексей Николаевич в один из своих капитал-

ных трудов, главная цель которого — сделать математические методы исследования достоянием широких кругов научных работников и инженеров, а математику — основным инструментом в их практической творческой работе.

Той же цели служит и книга «О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики, имеющих приложение в технических вопросах», однако она рассчитана на более подготовленного читателя, в частности, такого, который уже изучил главы V и VII «Лекций о приближенных вычислениях».

История возникновения этой книги, ее содержание и целенаправленность подробно изложены в предисловии к первому изданию, которое приводится здесь в выдержках: «По уставу 1909 г. продолжительность курса для технических отделов Морской Академии увеличена до трех лет, причем в учебный план третьего года включены необязательные для слушателей лекции по математике. Чтение этого необязательного курса было поручено Конференцией Академии мне, и предметом его избрано изложение способов интегрирования дифференциальных уравнений математической физики, встречающихся в технических вопросах. Прочитанный мною в продолжение осеннего полугодия 1912 г. при трехчасовых лекциях в неделю курс и составляет содержание книги. . .

«Из этого общего обзора содержания предлагаемого курса видно, что я придерживался главным образом способов изложения „старых авторов“ Фурье, Пуассона, Коши, для которых главная цель состояла в нахождении решения, а не в безукоризненно строгом его обосновании и не в доказательстве его существования в общем случае или при установленных необходимых ограничениях. . .

«Я имел целью дать слушателям, ознакомив их с трудами великих авторов, образцы решения могущих встретиться в их практике вопросов и выяснить важность и всеобщность тех явлений, которые известны под общим названием „резонанса“. Составление такого курса для высших учебных заведений вообще является настоятельно необходимым при современном развитии техники. . .».

Ввиду того что содержание ряда оригинальных разделов труда «О некоторых дифференциальных уравнениях математической физики» было охарактеризовано в начале настоящей главы, ограничимся дополнением изложенного краткой, но выпуклой характеристикой книги, данной академиком Сергеем Алексеевичем Чаплыгиным: «Я не знаю руководства, лучше освещающего разнообразнейшие приемы интегрирования уравнений, практически применяемые в этой основной задаче; изложение в высшей степени простое, ясное и полное, с указанием подробного хода вычислений иллюстрировано самыми разнообразными примерами, как заимствованными из работ других ученых; так и взятыми из статей самого Крылова».

Капитальный труд «Общая теория гироскопов и некоторых технических их применений» представляет собой развитое и дополненное изложение лекций, прочитанных академиком А. Н. Крыловым и профессором Ю. А. Крутковым группой слушателей Военно-воздушной академии в августе—сентябре 1931 г. в Физико-математическом институте Академии наук СССР.

До выхода в свет этой книги основными пособиями по гироскопии являлись: а) отличающаяся исчерпывающей полнотой и строгостью изложения диссертация А. Домогорова «О свободном гироскопе»; б) объемистое (в 960 страниц текста) сочинение «Théorie des Kreisels», авторами которого являлись «знаменитый германский математик проф. Феликс Клейн, творивший во всех областях чистой математики и привлекавший в свою геттингенскую аудиторию слушателей со всего мира, и его тогда (1918 г.) еще молодой ученик и ассистент, а теперь один из знаменитейших физиков-теоретиков проф. Арнольд Зоммерфельд»; в) труд одного из известнейших знатоков теории эллиптических функций, профессора английской военной академии в Вульвиче Джоржа Гринхила «Report on Gyroscopic Theory»; г) курс «Gyrostatics and Rotational Motion», принадлежащий перу А. Грея, избранного после смерти Вильяма Томсона его преемником по кафедре физики университета в Глазгоу, и ряд других.

Однако вся литература того времени отличалась общей особенностью: постановка, методы решения и изложение рассматриваемых вопросов были весьма поучительны для математиков, но инженер-конструктор не мог почерпнуть из этих книг того, что ему непосредственно нужно для расчета и проектирования гироскопического прибора, отвечающего наперед заданному назначению. Сложность примененного, например, проф. Гринхилем математического аппарата и неприспособленность к числовым расчетам предложенных им формул делали подобные сочинения малопригодными для практических приложений. В предисловии к «Общей теории гироскопов и некоторых технических их применений» авторы книги писали: «Сочинение Гринхила потребовало бы годы для полного его изучения, мы же имели в своем распоряжении по 30 часов».

В основной части труда, написанной А. Н. Крыловым, после введения, содержащего необходимые в дальнейшем сведения по механике и математике и развитого по просьбе слушателей, приводится аналитическое изложение общей теории гироскопов и их практических применений в кораблестроении и авиации. Здесь рассматриваются свойства гироскопов, находящихся на неподвижном или движущемся по отношению к земле фундаменте, связанном, например, с кораблем либо самолетом, изучается использование гироскопов для получения истинного меридиана, горизонта или вертикали в данном месте земли и излагаются способы применения

гироскопов для общей и местной стабилизации — корабля в целом либо отдельной платформы на нем.

В последней части книги описаны различные конструкции гироскопических приборов для регистрации качки корабля на волнении, для управления вертикальными рулями торпеды, автоматический замыкатель для стрельбы из орудий качающегося корабля, гиригоризонт и т. п., а также несколько установок для гиросtabilизации корабля.

Если учесть, что гироскоп является сердцем чувствительных элементов, управляющих действием широко различных силовых систем в кораблестроении, авиации, артиллерии и других отраслях техники, то станет ясным то исключительное значение, которое имели и сохраняют поныне труды Алексея Николаевича в рассмотренной области знания: они послужили базой для широкого развития советской научной школы и обеспечили создание и успешное развертывание отечественной гироскопической промышленности, в работах которой академик Крылов принимал непосредственное участие, разрабатывая принципиальные схемы различных установок и систематически консультируя ведущих конструкторов по разнообразным вопросам этой сложной области технического знания.



Академик А. Н. Крылов, профессор вице-адмирал Л. Г. Гончаров и военком Военно-морской академии, корпусный комиссар П. И. Лаухин в президиуме Научно-технической конференции академии (1940 г.).



А. Н. Крылов (1941 г.).

## Труды А. Н. Крылова по истории науки

В каждой из работ Алексея Николаевича, как правило, можно найти необходимые сведения из истории рассматриваемого вопроса: описание обстановки, в которой возникла исследуемая проблема, исторические факты, свидетельствующие о важности ее решения, эпизоды, относящиеся к деятельности отдельных исследователей, и др. Однако эти краткие исторические экскурсы в специальных трудах академика Крылова составляют лишь малую долю того, что им было сделано в области истории науки, в частности по истории развития физико-математических наук. «Он был, — писал об Алексее Николаевиче В. И. Смирнов, — выдающимся знатоком эпохи от Ньютона до середины XIX века. Эту эпоху он знал до мельчайших подробностей и чувствовал ее стиль, который был так родствен ему самому».<sup>1</sup>

К историческим работам А. Н. Крылова относятся переводы трудов классиков науки, выполненные с безукоризненным сохранением стиля и языка выдающихся авторов, снабженные многими оригинальными примечаниями и содержательным предисловием переводчика; историко-биографические статьи о жизни и деятельности замечательных людей; очерки развития отдельных отраслей знания; «страницы» из истории флота и другие формы его многообразной историко-литературной деятельности.

В 1914 г. Алексей Николаевич приступает к переводу на русский язык латинского оригинала труда Исаака Ньютона «Математические начала натуральной философии». Много сил и времени пришлось затратить А. Н. Крылову, чтобы сделать перевод не менее совершенным, чем первоисточник. Об этом лучше всего судить по его собственному высказыванию, объективно свидетельствующему о примерной организации этой громадной работы и той исключительной тщательности, с какой она была проведена:

---

<sup>1</sup> В. И. Смирнов. Работы А. Н. Крылова по математической физике и механике. Сб. «Памяти Алексея Николаевича Крылова», Изд. АН СССР, М.—Л., 1958.

«В 1914 г. приема в Морскую академию не было и лекций не читалось, я был свободен и решил употребить свободное время на перевод и издание „Начал“ Ньютона на русский язык, снабдив этот перевод комментарием, изложенным так, чтобы он был понятен слушателям Морской академии. Я работал аккуратно ежедневно по три часа утром и по три часа вечером. Сперва я переводил текст почти буквально и к каждому выводу тотчас писал комментарий; затем, после того как заканчивался отдел, я выправлял перевод так, чтобы смысл сохранял точное соответствие латинскому подлиннику, и вместе с тем мною соблюдались чистота и правильность русского языка; после этого я переписывал все начисто, вставляя в свое место комментарий и подготавливая к набору. К концу 1915 г. был отпечатан 1-й том, содержащий книги I и II „Начал“. К концу 1916 г. весь перевод был окончен и отпечатан, составив выпуски 3-й и 4-й „Известий Морской академии“».

Чтобы по заслугам оценить этот трудовой подвиг А. Н. Крылова, равный которому трудно указать в истории науки, воспользуемся прежде всего краткой характеристикой значимости объекта перевода, данной академиком С. И. Вавиловым:<sup>2</sup> «В истории естествознания не было события более крупного, чем появление „Начал“ Ньютона. Причина была в том, что эта книга подводила итоги всему сделанному за предшествующие тысячелетия в учении о простейших формах движения материи. Сложные перипетии развития механики, физики и астрономии, выраженные в именах Аристотеля, Птолемея, Коперника, Галилея, Кеплера, Декарта, поглощались и заменялись гениальной ясностью и стройностью „Начал“». И далее: «Для огромного круга явлений, в особенности практического характера, классические принципы Ньютона сохраняют и всегда будут сохранять свое значение. Механика Ньютона не противоречит механике теории относительности и квантовой механике, — она является только их предельным, крайним случаем. В этом смысле творение Ньютона вечно и никогда не потеряет огромного значения».

Сложность перевода творения Ньютона определялась не только содержанием и объемом труда (хотя он сам по себе велик и исчисляется 662 страницами русского издания), но главным образом геометрическим языком изложения, не приспособленным к решению нового типа задач механики. В современной литературе для этой цели широко используются основные понятия и методы дифференциального и интегрального исчисления.

Может показаться историческим курьезом, что один из творцов новых методов математического анализа — Исаак Ньютон — не использовал их в качестве основного средства изложения «Математических начал натуральной философии». Объяснение этого факта можно найти, по-видимому, в одном обстоятельстве: рассчи-

---

<sup>2</sup> С. И. Вавилов. Исаак Ньютон. Изд. АН СССР, М.—Л., 1945.



тывать на сколько-нибудь широкое распространение вновь созданных методов анализа автор «Начал» не мог.

В работе А. Н. Крылова это привело к необходимости комментировать перевод более чем 200 примечаниями, часть из которых занимает несколько страниц текста. В них читатель найдет не только восполнение опущенных автором «Начал» промежуточных выкладок и рассуждений, но главным образом перевод геометрического языка Ньютона на современный аналитический, а также комментарии к принципиально важным местам подлинника, вскрывающие соответствие их современному состоянию знаний.

Перевод «Начал» был выполнен Алексеем Николаевичем с латинского текста, изданного в 1871 г. и отвечающего третьему изданию этого труда, осуществленному еще при жизни автора в 1726 г. и дополненному им результатами новых тогда астрономических наблюдений и опытов над падением тел в воздухе. В «Предисловии переводчика» одна из основных поставленных им задач сформулирована следующим образом: «При точном сохранении не только смысла подлинника, но и самих слов автора достигнуть правильности и гладкости русского языка и избежать употребления латинских слов вроде: импульс, эффект, факт и т. п., которые от написания их русскими буквами не становятся русскими».

Известная, можно сказать, жесткость языка Ньютона не позволила полностью выполнить пожелание о точном сохранении самих слов автора. По этому поводу в примечании к «Определению III», трактующему об инертности тел, А. Н. Крылов писал, что «латынь Ньютона отличается силою выражений»: там, где сейчас принято говорить «сохраняет свое состояние движения», в «Началах» можно прочесть «продолжает упорно пребывать в своем состоянии»; на языке Ньютона сила не прикладывается к телу, а «вдавливается» или «втискивается» в него и т. п. С целью приближения текста к современному способу изложения «в переводе принята менее выразительная, но общеупотребительная теперь терминология».

«Математические начала натуральной философии» написаны по образцу древних авторов: сперва даны все определения (количества материи, количества движения, силы и т. п.), затем формулируются «аксиомы, или законы движения», и вытекающие из них следствия, а далее в трех книгах, содержание которых распределено по 24 отделах, развивается насыщенная богатством идей многообразная система предложений — теорем, следствий, лемм и предложений, иллюстрируемых необходимыми чертежами. Первые две книги имеют общее наименование «О движении тел». В основной своей части книга I посвящена динамике точки, особенно движению ее под действием центральной силы (линия действия которой в любой момент времени проходит через неподвижный центр). На этой основе проводится анализ законов Кеплера, полученных путем обобщения астрономических наблюдений, и впервые вводится

представление о силе притяжения, обратно пропорциональной квадрату расстояния между двумя материальными точками. Здесь же рассматривается движение двух взаимно притягивающихся тел и ставится задача о трех телах. В книге II автор «Начал» впервые исследует движение в сопротивляющейся среде. Теоретическое рассмотрение вопроса тесно переплетается с анализом тонко поставленных опытов, основанным на законе механического подобия, предложенном и разработанным самим Ньютоном. Через 200 лет после первого издания «Начал» этот закон стал фундаментом практической деятельности широкой сети опытовых судостроительных бассейнов, построенных в Англии, России, Германии и других странах. Последний, IX отдел книги II начинается изложением «предположения» о характере закономерности, связывающей трение в жидкости с распределением скоростей ее частиц. Этот закон был впоследствии полностью подтвержден экспериментальными данными и положен в основу исследований современной теории вязкой жидкости. Сам Ньютон использовал указанное «предположение» для изучения вихревого (кругового) движения жидкости; на этой основе он доказывает несостоятельность широко распространенной в то время концепции Декарта о том, что «небесное пространство заполнено тончайшей материей, находящейся в непрестанном вихревом движении» и увлекающей за собой небесные тела. А. Н. Крылов в примечании 3 указывает, что эта концепция настолько укоренилась, что даже через два года после первого издания «Начал» один из основателей современного математического анализа Лейбниц продолжал объяснять «движение небесных тел не только действием силы, направленной к Солнцу, но еще и переносом их жидкостью, движущейся вместе с ними. Лейбниц неоднократно возвращался к этому вопросу, упорствуя в своем заблуждении».

Изложение книги II «О движении тел» Ньютон заканчивает следующими словами: «Таким образом гипотеза вихрей совершенно противоречит астрономическим явлениям и приводит не столько к объяснению движений небесных тел, сколько к их запутыванию. Способ, которым эти движения совершаются на самом деле в свободном пространстве, можно понять по первой книге, подробнее же он рассматривается в изложении системы мира».

Последнему вопросу посвящена третья книга «Начал». Здесь с наибольшей подробностью изучены движения планет, их спутников и комет, а также явления морских приливов и отливов. Центральным и важнейшим выводом этой книги является подтверждение закона всемирного тяготения, в одинаковой мере отражающего механические процессы, происходящие на Земле и в солнечной системе. «Причины же этих свойств силы тяготения я до сих пор не мог вывести из явлений, гипотез же я не измышляю, — писал Исаак Ньютон в заключительном «Общем поучении» своего труда. — Все же, что не выводится из явлений, должно называться

гипотезою, гипотезам же метафизическим, физическим, механическим, скрытым свойствам, не место в экспериментальной философии.

«В такой философии предложения выводятся из явлений и обобщаются помощью наведения. Так были изучены непроницаемость, подвижность и напор тел, законы движения и тяготения. Довольно того, что тяготение на самом деле существует и действует согласно изложенным нами законам, и вполне достаточно для объяснения всех движений небесных тел и моря».

Таково в кратких чертах содержание фундаментального труда Исаака Ньютона, которое сам автор «Начал» в предисловии к первому изданию книги охарактеризовал так: «... сочинение это нами предлагается как математические основания физики. Вся трудность физики, как будет видно, состоит в том, чтобы по явлениям движения распознать силы природы, а затем по этим силам объяснить остальные явления. Для этой цели предназначены общие предложения, изложенные в книгах первой и второй. В третьей же книге мы даем пример вышеупомянутого приложения, объясняя систему мира, ибо здесь из небесных явлений при помощи предложений, доказанных в предыдущих книгах, математически выводятся силы тяготения тел к Солнцу и отдельным планетам. Затем по этим силам также при помощи математических предложений выводятся движения планет, комет, Луны и моря».

Все приведенные выше цитаты взяты из текста перевода, выполненного А. Н. Крыловым, таким образом, читатель по ним непосредственно может объективно судить о степени ясности и доступности изложения:

Если учесть, что сам по себе громадный труд по переводу «жесткой латыни „Начал“» на русский язык был обогащен Алексеем Николаевичем обширным творческим комментарием, восставшим непреходящую значимость и ценность творения Ньютона в современных условиях для мировой физико-математической культуры, то станет ясным, сколь велик этот вклад академика Крылова в историю науки.

Далее приводятся некоторые примеры из этого комментария. В примечании 5 А. Н. Крылов писал: «Ни одно определение Ньютона не вызывало столько критических замечаний и столько толкований, как это первое, высказанное такими словами: „количество материи есть мера таковой, устанавливаемая пропорционально плотности и объему ее“. В пояснении к этому определению указывается, что слова „количество материи“ равносильны словам „тело“ или „масса“. Таким образом в этом определении слова „количество материи“ составляют как бы одно слово, один новый термин, который при дальнейшем развитии науки не удержался и в современной терминологии заменен равносильным ему термином „масса“... Необходимо также иметь в виду, что в то

время при установлении меры для какой-либо величины устанавливалась лишь ее пропорциональность другим величинам, от коих эта мера зависит. Тогда не говорили, как теперь (когда делается определенное предположение о принятой единице меры), „площадь прямоугольника равняется произведению из его основания на высоту“, а говорили (предполагая единицу меры произвольной) „площадь прямоугольника пропорциональна его основанию и высоте“. До Ньютона понятие о массе не вводилось и рассматривался лишь вес тела, и при старинной терминологии понятно, что плотность не определялась как масса единицы объема вещества, а говорилось, что плотность тела пропорциональна его весу и обратно пропорциональна его объему... Самым существенным в ньютоновом пояснении вводимого им термина и понятия масса, — заключает А. Н. Крылов свой комментарий, — есть установление о п ы т н ы м путем пропорциональности между массой тела и его весом».

Поучение к лемме X отдела I книги I, трактующей о «пространствах, описываемых телом, находящимся под действием какой-либо конечной силы», потребовало примечания 28, в котором А. Н. Крылов писал: «При изложении „Начал“ Ньютон, как уже сказано, избегает пользоваться алгеброй, а всецело придерживается образца древних авторов Евклида и Аполлония, пользуясь постоянно пропорциями. В этом поучении он поясняет понятие о прямой и обратной пропорциональности. Это сделано, по видимому, потому, что в книге V „Элементов“ Евклида, где излагается учение о пропорциях между величинами (не числовыми их мерами), рассматривается пропорциональность четырех величин (опред. 6)». Далее для уяснения терминов, которыми постоянно пользуется Ньютон, Алексей Николаевич приводит принятые Евклидом наименования производных пропорций.

Для лучшего понимания читателем отдела II книги II, где изучается движение тел при сопротивлении, пропорциональном второй степени скорости, А. Н. Крылов в примечании 33 приводит полностью перевод введения к трактату «О квадратуре кривых» (1704 г.), в котором Ньютон излагает сущность метода «флюксий» и «флюент» — по современной терминологии, основы дифференциального и интегрального исчислений. Здесь, по существу, дано геометрическое толкование производной рассматриваемой функции  $y = f(x)$ , которая, по Ньютону, представляет собой «предельное отношение флюксии величины  $y$  к флюксии переменной  $x$ », т. е. тангенс угла, образованного касательной в соответствующей точке графика этой функции с осью абсцисс. Далее, в частности, доказывается, что «флюксия  $x$  так относится к флюксии  $x^n$ , как 1 к  $nx^{n-1}$ », иначе говоря, что производная от функции  $x^n$  равна  $nx^{n-1}$ .

«Нахождение флюент по их флюксиям, — писал Ньютон в рассматриваемом «Введении», — задача более трудная, и первая сту-

пень в ее решении равносильна квадратуре кривых», т. е. определению площади, ограниченной заданной кривой, осью отсчета и крайними ординатами.

После этого введения следует само изложение трактата, в конце которого «приложены две таблицы формул, отличающихся лишь обозначениями от таблиц неопределенных интегралов тех главнейших рациональных и иррациональных функций, которые и теперь составляют обычный курс оснований интегрального исчисления».

В примечании 139 академик Крылов приводит следующую, исторически важную цитату из первого издания «Начал», которая затем в третьем издании, по-видимому, в связи с обострением отношений с Лейбницем была заменена Ньютоном другим текстом, не содержащим упоминания о «конкуренте»: «В письмах, которыми около десяти лет тому назад, — писал Ньютон в 1686 г., — я обменивался с весьма искусным математиком Г. Г. Лейбницем, я ему сообщал, что я обладаю методом для определения максимумов и минимумов, проведения касательных и решения тому подобных вопросов, одинаково приложимо как для членов рациональных, так и для иррациональных ... Знаменитейший муж отвечал мне, что он также напал на такую методу, и сообщил мне свою методу, которая оказалась едва отличающейся от моей, и то только терминами и начертанием формул».

Как отмечалось в начале главы, многие примечания были вызваны целесообразностью перевода геометрического языка Ньютоновых «Начал» на аналитический. Примерами таких комментариев могут служить примечания 110, 113 и другие, содержащие доказательства соответствующих положений, выполненные обычными для современного читателя средствами.

В отдельных случаях примечания переводчика исправляют неверные заключения, приведенные в подлиннике. Так, например, по поводу леммы IV отдела VII книги II, трактующей о «сопротивлении цилиндра, движущегося равномерно в направлении своей длины», в примечании 167 указано: «Это заключение противоречит результатам опытов, которые были произведены, однако, на много лет после издания „Начал“». В связи со следствиями 1 и 2, изложенными в начале отдела IX книги II, А. Н. Крылов публикует примечание 177: «Стокс (следует подробное указание источника) обращает внимание, что в это рассуждение Ньютона вкралась ошибка», и после подробного изложения существа дела в основном тексте перевода А. Н. Крылов в скобках показывает необходимые исправления, напечатанные курсивом.

В какой мере была важна подобная творческая переработка «Начал», можно дополнительно судить на примере высказывания биографа Ньютона, математика де Моргана, который,

в частности, объективно оценивал влияние геометрического стиля изложения этого основного труда классической механики на возможность широкого его использования в современных условиях: «Если бы Ньютон следовал путем своего собственного изобретения и написал „Начала“ при помощи метода флюксий (т. е. языком дифференциального исчисления), то молодые студенты, воспитанные на современном анализе, читали бы книгу и по сей день и читали бы с интересом; на самом же деле они читают только одну, две главы „Начал“ (речь идет об «Определениях» и «Аксиомах и законах движения»), да и то только в Англии».

С полным правом можно констатировать, что в переводе А. Н. Крылова «Математические начала натуральной философии» претерпели свое второе рождение и стали доступными для современного читателя, получившего широкую возможность изучения классического труда Ньютона в подлиннике. Подобного издания «Начал» нет ни в одной стране.

«У англичан, — писал профессор Наум Ильич Идельсон,<sup>3</sup> — есть только подстрочный перевод, сделанный Моттом в год смерти Ньютона; у французов есть замечательный перевод, исполненный знаменитой маркизой де Шатле, подругой жизни Вольтера, он издан в 1759 г., через 10 лет после ее смерти, с длинным комментарием, ею самой написанным и просмотренным Клеро. Но это — библиографическая редкость; к тому же стиль перевода — гладкий французский стиль эпохи Людовика XV — совершенно далекий от того особенного, жесткого языка Ньютона, который сумел схватить только Крылов.

«Крыловский перевод — наша национальная ценность и богатство, это — высокий памятник трудолюбию и искусству Крылова, который один за 250 лет после издания Ньютоновых „Начал“ сумел поставить их перевод и комментарии на надлежащую, да едва ли могущую быть превзойденной в будущем высоту».

С ролью этой работы в деятельности Алексея Николаевича как одного из немногих общепризнанных знатоков Ньютонова наследства читатель встретится в главе VI, посвященной астрономическим трудам академика Крылова.

Многие библиографы относят перевод «Начал» и комментарии к нему к разделу трудов Алексея Николаевича по теоретической механике. Такова уже особенность деятельности выдающихся ученых: они работают на стыке наук, не считаясь с искусственными границами, условно разделяющими, например, историю науки, механику, астрономию и другие отрасли знания.

Перу А. Н. Крылова принадлежит большая история научно-научная работа «Ньютон и его значение в мировой науке», написанная

---

<sup>3</sup> Н. И. Идельсон. Работы А. Н. Крылова по астрономии. Сб. «Памяти Алексея Николаевича Крылова», Изд. АН СССР, М.—Л., 1958.

к 300-летию со дня рождения автора «Начал» и прочитанная в торжественном собрании Академии наук СССР в январе 1943 г. академиком А. Ф. Иоффе (в связи с болезнью Алексея Николаевича и пребыванием его в Боровом). Значительная часть доклада посвящена подробной характеристике «Математических начал натуральной философии»; кроме того, в нем излагается краткий исторический очерк развития знаний в тех областях науки, в которых творил гений Ньютона: механика, математика, астрономия, теория волн, оптика, теория морских приливов, баллистика, гидродинамика.

Алексею Николаевичу, выдающемуся знатоку истории физико-математических наук, особенно была дорога эпоха Галилея, Ньютона, Эйлера, Лагранжа, знаменовавшая собой становление классической механики и ее многогранных приложений к широко различным областям знания; он изучил ее с той непревзойденной глубиной, которая вскрывает не только содержание, но и самый стиль эпохи, столь близкий ему самому по своей целенаправленности и методам исследования.

Свое отношение к этой научной эпохе академик Крылов определил в ряде историко-биографических очерков, выпукло характеризующих вклад каждого ученого в развитие механики, отражающих общие и индивидуальные черты различных научных школ и вскрывающих внутренний облик их основоположников. К числу таких очерков относится статья «Галилей как основатель механики» о непосредственном предшественнике Ньютона, заложившем первые краеугольные камни в фундамент современной динамики в труде «Беседы и математические доказательства, касающиеся новых наук, относящихся к механике и местным движениям».

В статье, опубликованной в «Сборнике, посвященном 300-летней годовщине со дня смерти Галилео Галилея», в отличие от обычной задачи историографа, которая, как правило, сводится к объективному выявлению значимости трудов ученого для современной науки, Алексей Николаевич своей основной целью поставил изложение неверных взглядов, удерживавшихся на протяжении двадцати веков у передовых людей того времени, и на этом фоне показал величие учения Галилея.

Во вступительной части статьи академик Крылов писал: «Галилей, искуснейший наблюдатель и экспериментатор, превосходный математик, умелый практический механик, мыслитель и поэт, опрокинул существовавшее в продолжение 2000 лет учение Аристотеля о движении и основал ту механику, которую мы пользуемся до настоящего времени.

«Обыкновенно кратко указывают на ошибочность воззрений Аристотеля и переходят к изложению учения Галилея, но воззрения, владевшие мировой мыслью в течение 20 веков, хотя и оши-

бочные, заслуживают более подробного изложения, чтобы показать с ясностью, в чем состояла заслуга Галилея. . .

«Аристотель касается механики в трех своих сочинениях: „Механика“, „Физика“, „О мире и небе“. Хотя он и пробыл 20 лет в школе Платона, девизом которой было: „Сюда да не входит не знающий геометрию“, он не был истинным геометром, указанные творения его не содержат ни одной формулы, ни одного чертежа; в своем учении о движении он исходит из принятого умозрительно основного положения, что для поддержания равномерного и прямолинейного движения тела к этому телу должна быть приложена постоянная по величине и направлению сила. Это положение представлялось ему согласным с повседневным опытом, например, при перемещении тела волоком и вообще при движении тел, при трении или при сопротивлении, о которых, само собой разумеется, он ничего не знал».

«Механика» Аристотеля построена по типу сборника задач или вопросов с достаточно краткими ответами либо объяснениями по существу дела. По обычаю древних читатель должен сам составить чертеж, если по характеру рассматриваемого вопроса в этом имеется надобность. Основная часть задач посвящена учению о рычаге как прообразе простых машин, которыми несомненно пользовались строители величественных сооружений древности. В этой части «Механики» читатель найдет правильные ответы на многие вопросы статики.

А. Н. Крылов иллюстрирует это положение следующей цитатой, воспроизводящей задачу ХХХ и ответ на нее: «Почему, когда два человека несут на шесте какой-либо груз, то испытывают неравное давление, если только груз не посередине, а тот больше, кто ближе к грузу? Потому что при таких условиях шест есть рычаг, коего точка опоры есть груз, из двух же носильщиков ближайший к грузу представляет собой как бы движимое, дальнейший — двигателя, и чем он дальше от груза, тем легче ему двигать и тем сильнее давление вниз на другого носильщика, ибо груз представляет такой же упор, как будто он был точкой опоры. Когда же груз посередине, то ни на одного не приходится большей нагрузки и ни один не является двигателем, а каждый несет одинаковую тяжесть».

Хуже обстоит дело с динамикой. Из ответов на две основные задачи отчетливо следует, что в представлении Аристотеля постоянная сила, приложенная к телу, вынуждает его двигаться равномерно на протяжении всего промежутка времени своего действия; при этом скорость тела пропорциональна силе.

Весьма остроумно поставленными опытами при помощи самых простых средств Галилео Галилей доказал, что под действием постоянной силы материальная точка движется равномерно ускоренно; что в отсутствие сопротивления среды все тела



независимо от их веса падают с одинаковой высоты за одно и то же время; что тело (точнее, материальная точка), брошенное наклонно к горизонту, описывает параболу (по Аристотелю — ломаную линию), причем Галилей показал, как рассчитать параметры траектории при заданных значениях начальной скорости и угла бросания.

Чтобы подтвердить, например, постоянство ускорения свободно падающих тел, Галилей предварительно доказывает математически, что в этих условиях пройденные от начала движения пути пропорциональны квадрату времени; далее строгим утверждением, дополнительно проверенным тщательно поставленным опытом, он показывает, что движение тел по гладкой наклонной плоскости также равномерно-ускоренное, причем в этом случае ускорение тела составляет от ускорения свободного падения такую же долю, как «высота плоскости от ее длины».

Обстановку самих опытов А. Н. Крылов характеризует следующим образом: «Взяв доску в 18 футов длиной, 9 дюймов шириной и 3 дюйма толщиной и проделав по длине ее ребра дорожку немного более дюйма шириной, Галилей оклеил ее гладким пергаментом. По этой дорожке он пускал двигаться совершенно гладко отполированный медный шарик, давая доске разные уклоны. Чтобы измерять время, он уже не довольствовался, как в других случаях, счетом ударов своего пульса, а взял ведро с водой и вставил в его дно тонкую трубочку, которую открывал при пуске шарика и прикрывал пальцем при проходе им отмеченных длин. Вытекавшая вода собиралась в подставленную чашку и взвешивалась, причем количества воды были пропорциональны соответствующим промежуткам времени, пройденные же от начала движения пути оказались пропорциональными квадратам промежутков».

Экстраполируя результаты своих опытов на предельный случай, когда плоскость горизонтальна, Галилео Галилей приходит к заключению, что в этих условиях при наличии начальной скорости тело будет двигаться равномерно и прямолинейно (поскольку равнодействующая всех приложенных к нему сил равна нулю). Так был впервые установлен закон инерции.

Знаменитое сочинение Галилея «Discorsi e dimonstrazione mathematiche intorno a due Scienze», изданное в Лейдене в 1638 г., когда его автору было 75 лет, написано в форме бесед между тремя лицами — Salviati, Sagredo и Simplicio, из которых первый излагает новые воззрения составителя, отвечая на разнообразнейшие вопросы своих собеседников. Это сочинение нанесло сокрушительный удар учению Аристотеля и знаменовало собой подлинное открытие в науке о простейшей форме движения материи.

Сопоставляя методы исследования, принятые Галилеем и Аристотелем, А. Н. Крылов писал: «Аристотель всегда спрашивает, почему происходит то или иное явление, и затем дает свое ме-

тафизическое объяснение, считая установленным, что явление происходит именно так, как в вопросе указано. Галилей прежде всего спрашивает, как явление на самом деле происходит, и лишь по установлении этого изыскивает причину, прибегая сперва к ее умозрительному установлению, а затем к экспериментальной проверке точными, весьма остроумно обставленными опытами».

Свою статью о Галилее как основателе механики Алексей Николаевич заключает цитатой из «Механики» Лагранжа, который каждый из основных разделов своего труда предварял историческим очерком развития соответствующей области знания: «Открытие спутников Юпитера, фаз Венеры, солнечных пятен и т. д. потребовало лишь наличия телескопа и некоторого трудолюбия, но нужен был необыкновенный гений, чтобы открыть законы природы в таких явлениях, которые всегда пребывали перед глазами, но объяснение которых тем не менее всегда ускользало от изысканий философов».

«Вот этот-то „необыкновенный гений“ и проявил Галилео Галилей».

Законы динамики материальной точки часто называют законами Галилея—Ньютона: в этом проявляется не только дань уважения к Галилею, но и восстанавливается в известной мере историческая справедливость и притом без какого-либо умаления заслуг автора «Начал».

Немало времени прошло с опубликования «Бесед» Галилея и «Начал» Ньютона, пока механике был придан «тот окончательный облик, который она сохранила и поныне». Идеи основоположников этой науки получили дальнейшее творческое развитие в труде Леонарда Эйлера «Механика, или наука о движении, изложенная аналитически», изданном Петербургской академией наук в 1736 г., т. е. «через 98 лет после „Бесед“ Галилея, ровно через 50 лет после первого издания „Начал“ Ньютона и в год рождения Лагранжа», который через 52 года изданием своей «Аналитической механики» завершил аналитическую реконструкцию этой науки.

Процесс развития механики от Ньютона «до наших дней» мастерски описан Крыловым в двух историко-биографических очерках, посвященных Леонарду Эйлеру и Жозефу Луи Лагранжу. Каждый из них вначале содержит необходимые биографические данные и описание эпохи, в которую развивалась деятельность ученого, затем следует подробная характеристика основных трудов, вскрывающая не только значимость их для последующего развития науки, но все своеобразие идей и, можно сказать, по черк их автора.

Готовясь к торжественному заседанию Академии наук СССР, посвященному 150-й годовщине со дня смерти Эйлера, Алексей Николаевич заново перечитал значительную часть его громадного наследства и многие исторические архивные материалы. Свой

доклад, прочитанный 5 октября 1933 г., академик Крылов предвещает столь содержательным историко-биографическим введением, что следует привести его хотя бы в выдержках: «В Базеле у сельского пастора Павла Эйлера 4/15 апреля 1707 г. родился сын, получивший имя Леонард, которому было суждено стать одним из величайших математиков, когда-либо бывших... Его отец, сам бывший ученик Якоба Бернулли, ценил и знал математику и обучал ей и своего сына, хотя предназначал его к духовному званию... Благодаря изумительной памяти Леонард легко справлялся с семинарской схоластической премудростью и в свободное время стал аккуратно посещать лекции по математике в Университете, где профессором был знаменитый Иоганн Бернулли... В 1725 г. была учреждена в Петербурге Академия Наук. Молодые братья Николай и Даниил Бернулли (сыновья Иоганна Бернулли) были в нее приглашены и заняли в ней места членов, или, как тогда говорились, профессоров. Они убеждали и Эйлера последовать их примеру, как только к тому представится случай, и так как ожидалось открытие кафедры физиологии, то посоветовали ему заняться этим предметом.

«Начав ревностно заниматься медициной, молодой Эйлер не только не оставил занятий математикой, но защитил диссертацию на право выступить кандидатом на занятие кафедры физики в Базельском университете. Мало того, он представил на конкурс, объявленный Парижской Академией Наук, сочинение о расположении мачт на корабле. Это сочинение получило почетный отзыв и было напечатано Академией в собрании премированных трудов, что особенно замечательно, ибо в гористой Швейцарии, из которой до того времени Эйлер никуда не выезжал, он, конечно, имел случай видеть корабль не иначе, как на картинках, если не считать малых речных и озерных судов.

«Университетские кафедры и вообще всякие должности замещались в то время в Базеле не по выборам, а по жребию между кандидатами. Жеребьевка оказалась для Эйлера неблагоприятной, и вскоре после этой неудачи он по вызову братьев Бернулли выехал в Петербург, где был назначен адъюнктом по математике с окладом 300 рублей в год, хотя вызывался для занятия кафедры физиологии. Ему в то время едва минуло двадцать лет.

«Вскоре своими статьями, помещенными в „Записках Академии“, Эйлер занял почетное место среди знаменитейших математиков того времени...».

Далее Алексей Николаевич писал: «Здесь полезно вспомнить о состоянии той страны, в которую Эйлер переселился. Попал он в эту страну из маленькой Швейцарии, где культура восходила от Юлия Цезаря и древних римлян, построивших в ней такие дороги и мосты, которые почти без ремонта стоят и поныне. Со времени Вильгельма Телля там безвозвратно был свергнут деспотизм императорских наместников, папских легатов и иезуит-

тов, хотя одно время и процветало едва ли лучшее изуверсгво Кальвина.

«Екатерина I, „не помнящая родства“, по определению Бильбасова, в самый день приезда Эйлера умерла, и началась при малолетнем Петре II борьба временщиков Меншикова и Долгоруких.

«„Тайная канцелярия“, сменившая „Преображенский приказ“, работала не хуже, чем при князе-кесаре Ромодановском; кнутабойство шло вовсю, допросы чинились с „пристрастием“; „дыба“, „виска“, „угольки“, „подноготная“ достигли затем апогея с воцарением Анны Ивановны и ее фаворита Бирона, после чего десять лет шла „бириновщина“.

«Хотя существовала сразу ставшая знаменитой Академия, но в стране не только не было науки, но даже самого этого слова не существовало в тогдашнем русском языке, и Академия именовалась „ди сиянс Академия“, а ее ученики „елевами“... Батогами были биты не только академические переводчики Барков и Лебедев „за велие пьянство и дебоширство“, но и сам „элоквенций“ профессор В. К. Тредьяковский, правда своеручно кабинет-министром, которому он чем-то не угодил».

«Можно вообразить, — докладывал академик Крылов, — как все это действовало на юного, скромного, чинного сына благочестивого швейцарского пастора, — он замкнулся в себе и с необыкновенным рвением и творческим гением занялся наукою». И далее: «Не удивительно, что когда „коронованный философ“ Фридрих, преобразовывая в Берлине Академию, пригласил в нее Эйлера, он в 1741 г. это предложение принял и переехал в Берлин».

Президентом Петербургской академии в то время был брат фаворита императрицы Кирилл Разумовский. Его образование характеризуется в докладе следующим образом: «За два года Кирилл объездил чуть ли не дюжину столичных и университетских городов, изучил в них самым обстоятельным образом все вертепы, публичные и игорные дома и, снабженный пачками дипломов и свидетельств, выданных щедро оплаченными из данного братом неограниченного кредита профессорами, вернулся в Россию.

«Малограмотная Елизавета, которая, может быть, и в самом деле верила, что Кирилл „все науки превзошел“, назначила его в возрасте 18 лет президентом Академии наук, которую он и начал реформировать, поучая знаменитейших академиков тому, что им следует делать и как истинно научно работать... Эйлеру, бывшему в Берлине, не пришлось поучаться у Кирилла, но зато его поучал „коронованный философ“, который также считал, что он все знает и все может...»

«Когда в 1766 г. Екатерина II пригласила Эйлера вернуться „на любых условиях“ в Петербург, Фридрих не хотел его отпустить, но должен был уступить настояниям Екатерины...»

«Фридрих выразил досаду на отъезд Эйлера в известном письме Даламберу, в котором имеется такая острота: „говорят, что корабль, на котором Эйлер отправил свое имущество, потонул и на нем погиб сундук, набитый его  $XX$  и его  $KK$ , так что мир будет некоторое время лишен занимательного чтения“».<sup>4</sup>

Леонард Эйлер начал работать в нашей Академии в 1727 г. и прожил в России в общей сложности более тридцати лет. Значительная часть опубликованных за это время трудов Академии написана Эйлером. Уехав в середине своей научной деятельности на длительный срок в Германию, он продолжал оставаться членом Петербургской академии наук, принимая самое деятельное участие в ее «Комментариях» и доставляя ежегодно десятки исследований по разнообразным вопросам математики, механики, астрономии и кораблестроения, сверх таких капитальных трудов, как «Морская наука» и «Дифференциальное исчисление», непосредственно составленных для нашей Академии. Всего в России им написано 511 научных трудов и статей, из них 102 — с 1727 по 1740 г. и 409 научных работ — в последний, наиболее плодотворный период его жизни — с 1767 по 1783 г.

Таким образом, с полным правом можно утверждать, что Леонард Эйлер нашел в России вторую родину, в которой наиболее полно развился его гений и которой он посвятил преобладающую часть своего научного наследства.

Закljučая историческое введение к докладу на торжественном заседании Академии наук, Алексей Николаевич сошел с кафедры, подошел к столу, на котором были уложены стопой 23 изданных к тому времени тома полного собрания сочинений Эйлера, и, расположившись за ними так, что слушателям была видна лишь голова докладчика, сказал: «Теперь, когда их издано 23, выяснилось, что потребуется еще 46 томов, а может быть, и более».

Само собой разумеется, что дать в полуторачасовом докладе сколько-нибудь полное обозрение этих сочинений не представлялось возможным, поэтому Алексей Николаевич ограничился характеристикой только тех трудов Эйлера, которые «он предназначал служить учебными руководствами, или же тех, в которых предмет излагается полностью, начиная от самых элементов, так что может быть по этим сочинениям изучаем».

К числу этих трудов А. Н. Крылов отнес:

а) «Введение в анализ бесконечно малых» — издано в Лозанне в 1748 г. в двух томах (710 стр.);

б) «Дифференциальное исчисление» — издано нашей Академией в 1755 г. в одном томе (676 стр.);

в) «Интегральное исчисление» — издано нашей Академией в 1768—1794 гг. в четырех томах (2040 стр.);

---

<sup>4</sup> Во времена Эйлера вместо  $X^2$  и  $K^2$  писали  $XX$  и  $KK$ . Применение показателя степени было введено в конце XVIII—начале XIX в.

г) «Механика, или наука о движении, изложенная аналитически» — издано нашей Академией в 1736 г. в двух томах (990 стр.);

д) «Теория движения Луны» (1753 г.) и «Новая теория движения Луны» (1772 г.).

Содержание основной — специальной — части доклада представляет интерес не только для математиков, астрономов и механиков, но и для историков науки. Здесь читатель найдет объективное описание процесса становления Леонарда Эйлера как ученого, характеристику своеобразия методов исследования и изложения рассматриваемых вопросов, а также критическое сопоставление основных принципов развития научных школ Ньютона и Лейбница—Эйлера.

В этой главе ограничимся изложением лишь той части доклада А. Н. Крылова, которая посвящена «Механике, или науке о движении, изложенной аналитически».

В предисловии к этому труду Леонард Эйлер указывал, что синтетические методы древних геометров послужили Ньютону средством для величайших открытий, однако они не давали общего способа решения иных задач, сколько-нибудь отличных от тех, которые рассмотрены в «Началах». Понадобилось новое изложение механики Ньютона и притом такое, которое, базируясь на общем методе исследования, давало бы широкий простор аналитическому изучению разнообразных процессов движения.

При надлежащем, ставшем теперь обычным выборе системы основных физических единиц второй закон динамики материальной точки записывается в форме геометрического равенства:  $\mathbf{F} = m\mathbf{w}$ , где  $m$  — масса точки, а  $\mathbf{F}$  и  $\mathbf{w}$  — соответственно векторы, характеризующие силу, приложенную к точке, и вызванное ею ускорение. Определяя собой соотношение между величинами (модулями) этих векторов, оно дополнительно свидетельствует о том, что сила направлена так же, как вызванное ею ускорение. Спроектировав обе части предыдущего равенства на три взаимно-перпендикулярные оси,<sup>5</sup> Эйлер получает систему трех уравнений, которые в каждой из многих рассмотренных им задач он решает общими аналитическими приемами.

Сначала он изучает прямолинейное движение материальной точки, исследование которого приводит к интегрированию одного

---

<sup>5</sup> Эйлер выбирает эти оси не произвольно, а, можно сказать, естественным образом: одна из осей проекций направляется им по касательной к траектории, а две другие — по нормальям к ней (так называемой главной нормали и бинормали). Через семь лет после издания «Механики» Эйлера в «Трактате о флюксиях» Маклорен проектирует исходное геометрическое равенство, как это теперь чаще всего делается, на неподвижные координатные оси: в результате получается система трех дифференциальных уравнений второго порядка, интегрирование которой при заданных начальных условиях приводит к искомым зависимостям координат точки от времени,

дифференциального уравнения второго порядка. Среди многих задач, решенных Эйлером, прикладное значение имеют исследование свободного падения материальной точки, задача о движении точки под действием упругой силы и изучение движения точки, притягиваемой к неподвижному центру с силой, обратно пропорциональной квадрату расстояния точки от центра; остальные, по свидетельству Алексея Николаевича, «являются не столько задачами механическими, сколько примерами на интегрирование уравнений и функций».

Математическая направленность «Механики» Эйлера проявляется и в других отделах книги, например при рассмотрении прямолинейного движения точки в сопротивляющейся среде: «Весь этот отдел, — писал А. Н. Крылов, — в еще большей степени, нежели предыдущий, представляет чисто математический интерес».

Алексей Николаевич особо выделяет такие разделы книги, которые трактуют о движении точки под действием центральной силы, о теории маятника и о движении тяжелой точки в сопротивляющейся среде. По поводу первого из них академик Крылов пишет, что он представляет «превосходную аналитическую переработку соответствующего отдела ньютоновых „Начал“ и как бы род введения в „Небесную механику“, для которой столь много сделано Эйлером». Задача о движении точки под действием сил тяжести и сопротивления среды имеет большое значение при изучении внешней баллистики: ее решение послужило самому Эйлеру при переводе и переработке сочинения Робинса «Артиллерия».

По поводу второго тома «Механики» Крылов писал, что он представляет собой «сборник множества задач на интегрирование дифференциальных уравнений, задач, относящихся к вариационному исчислению, тогда еще не существовавшему», и мн. др.

Эту часть доклада А. Н. Крылов заключает: «Из этого общего обзора видно, что Эйлер не только приложил математический анализ к решению механических вопросов, но сделал свою механику из науки физической, т. е. науки, которая должна исследовать явления, совершающиеся в природе, науку чисто математическую, исследующую движение воображаемой точки под действием воображаемых в природе несуществующих сил.

«Поступая так, Эйлер как пионер в этом деле был прав — ему надо было дать примеры перевода механических вопросов на математический язык, дать примеры решения полученных уравнений с доведением этого решения до конца, развивая самый анализ, тогда также только что зародившийся, и в этом смысле его „Механика“ бесподобна и служит лучшим свидетельством его гениальности. Но что было хорошо 200 лет назад, не может быть одобрено теперь, и аналитическая механика не должна представлять собою многотомных сборников отвлеченных чисто математических

задач, она должна быть сближена с физикой, сближена с природой, с действительностью, а не витать в эмпириях».

Идее превращения механики в чисто математическую науку Алексей Николаевич противопоставляет следующую характеристику основных принципов Ньютоновой научной школы, которая приведена в том же докладе о жизни и деятельности Л. Эйлера: «Ньютон с железною, непреклонною логикой строит всю механику на своих трех „аксиомах, или законах движения“, и на установленном им понятии масса, или мера количества материи, причем он непосредственным опытом над маятником показывает, что масса, так им определенная, пропорциональна весу тела. Аксиомам же он дает пояснения, чтобы они были ясно поняты, но и не пытается их доказывать, считая, что умозрительного доказательства быть не может и что доказательство справедливости этих аксиом может быть лишь физическое по согласию наблюдаемых явлений с предвычисленными на основании этих аксиом.

«Таким образом, механика Ньютона есть наука о природе, часть физики и основание физики».

Как бы следуя этим идеям Ньютона, через 29 лет после издания «Механики» Леонард Эйлер опубликовал свое знаменитое сочинение «Теория движения твердых тел», в которой гений автора служит решению важнейших задач механики как физической науки. Здесь во всех деталях разработан аппарат исследования вращения твердого тела вокруг неподвижной точки и на этой основе дан общий метод изучения произвольного движения тела. Углы Эйлера, с помощью которых наиболее рациональным образом определяется положение тела, имеющего одну закрепленную точку, Эйлеровы уравнения вращения твердого тела вошли в практику повседневных исследований многообразных задач современной техники. Изучается ли вращательное движение продолговатого снаряда во время полета, рассматриваются ли качания корабля при произвольном курсе по отношению к волне, определяется ли баллистическая погрешность гироскопа— всюду академик Крылов применяет в своих трудах общую методу Эйлера и в совершенстве разработанный им же аппарат аналитического исследования сложных задач механики.

«Создав новые методы, — писал А. Н. Крылов, — показав их приложения к решению новых вопросов, Эйлер, так сказать, проложил новые пути для быстрого движения науки вперед. За ним идут такие великие математики, как Лагранж, Лаплас, Лежандр, Гаусс, Пуассон, Якоби, Абель и множество других, а в какой мере они высоко ставили Эйлера, можно судить по словам Лапласа: „Читайте Эйлера, читайте, — он учитель всех нас“».

Закljučая свой доклад характеристикой астрономических работ Эйлера, Алексей Николаевич, в частности, обращал внимание на исключительное значение методов анализа, разработанных в «Но-



вой теории Луны», для решения многих задач современной техники (теории автоматического регулирования, радиотехники и др.): «Это сочинение Эйлера представляется настолько замечательным, что первую общую его часть Академии Наук следовало бы издать в переводе на русский язык, ибо вид дифференциальных уравнений, рассмотренных Эйлером, настолько общий, что подобного рода уравнения, но гораздо более простые, встречаются во множестве прикладных и технических вопросов». На следующий год после этого доклада вышел в свет перевод «Новой теории Луны», выполненный академиком Крыловым (с примечаниями и пояснениями переводчика), который «может быть отнесен одинаково как к математике, так и астрономии». Краткая характеристика этого труда, нашедшего свое применение при широко различных исследованиях, приводится в главе VI, посвященной астрономическим работам А. Н. Крылова.

Историко-научные очерки Крылова о становлении классической механики и ее аналитической реконструкции завершаются статьей «Жозеф Луи Лагранж», написанной в 1936 г. к двухсотлетию со дня рождения выдающегося ученого. Алексей Николаевич приводит несколько высказываний Эйлера, свидетельствующих о «благородном восхищении», с которым им воспринимались проявления математического гения Лагранжа. По поводу опубликованного в «Туринских записках» мемуара Лагранжа «О способе находить наибольшие и наименьшие значения интегралов», Эйлер писал: «После того как я долго и бесплодно трудился над решением этого вопроса, я с удивлением увидал, что в „Туринских записках“ задача эта решена столь же легко, как и счастливо». В этой же статье Эйлер называет новую отрасль математического анализа, созданную Лагранжем, вариационным исчислением.

В другом случае, занимаясь исследованием задачи о трех материальных точках, движущихся по одной и той же прямой и взаимно притягивающихся друг к другу по закону Ньютона, Эйлер приходит к дифференциальному уравнению, решение которого в алгебраической форме было получено, по его словам, «как бы догадкой». Вскоре «чудесною подстановкою и изумительным по изяществу анализом» Лагранж дает вывод недоказанной Эйлером формулы, а затем, писал Алексей Николаевич, «получает эту формулу буквально в двух строках, показав, что она непосредственно следует из основной формулы сферической тригонометрии».

Из многочисленных трудов Лагранжа А. Н. Крылов ограничивается в своей статье достаточно подробным рассмотрением «лишь самого знаменитого — именно его „Аналитической механики“».

В предисловии к этому труду Лагранж писал: «В этом сочинении нет чертежей. Методы, в нем излагаемые, не требуют ни геометрических построений, ни механических рассуждений, они требуют лишь алгебраических операций, подчиненных правильному и

однообразному ходу. Любители анализа с удовольствием увидят, что механика становится новой его отраслью, и будут мне признательны за такое расширение его области.

Таким образом, Лагранж выступает как прямой последователь Эйлера, расценивая прогрессивную роль замены синтетических методов Ньютона аналитическими как основание для перевода механики из разряда физико-математических наук в новую отрасль математического анализа.

На ряде примеров Крылов показывает, что такая позиция автора «Аналитической механики» приводит в основных понятиях к ряду неточностей и недомолвок, которые проявляются в словах, но отсутствуют в формулах Лагранжа.

Объективные причины подобного положения вскрываются в статье Алексея Николаевича: «Лагранж, хотя и воспитывался в артиллерийском училище, но прямо со школьной скамьи стал профессором математики, не прослужив ни в сухопутной, ни в морской артиллерии, ни в арсеналах, ни на заводах, поэтому он не имел настоящего ответственного дела ни с силою, как в жизни ее понимают, ни с количеством движения как проявлением ее действия. Математический анализ имеет дело лишь с числами и притом с числами отвлеченными, т. е. представляющими отношение двух однородных единиц, воображаемых или реально существующих. Для Лагранжа как математика при установлении им новой отрасли анализа достаточно было показать возможность выразить число ту величину, которую он называет „силою“, а соответствует ли это понятие тому, которое в обыденной жизни, в технике, ремеслах, производствах и физике установлено, ему как математику дела нет... Лишь обратившись к физике и величайшему в ней производству — „Началам“ Ньютона, читатель увидит, что „Лагранжева сила“ следует тем же законам, как и обыденная, и, добавив в ее определении недосказанные Лагранжем слова, сейчас же переводится в законные меры».

Заключая критические замечания по первому отделу труда Лагранжа, А. Н. Крылов писал: «Я на этом остановился так подробно потому, что иначе могло бы представиться, что изучение „Аналитической механики“ для практика, для техника, для инженера бесполезно, между тем это есть первоисточник всех современных руководств (им же несть числа) теоретической механики, и изучение такого первоисточника в высшей степени поучительно и полезно, только в нем надо поучаться математике и общим методам решения механических вопросов, а не искать частных их приложений к технике и физике».

К числу «общих методов решения механических вопросов», созданных Лагранжем и получивших, можно сказать, повсеместное применение, А. Н. Крылов относит в первую очередь так называемое начало возможных перемещений и знаменитые уравнения Лагранжа второго рода.

«Начало возможных перемещений, выраженное аналитически, — писал Алексей Николаевич, — и представляет ту всеобъемлющую формулу, в которой заключается вся статика... Получив эту общую формулу, Лагранж с искусством, едва ли не ему одному присущим и, может быть, доселе не превзойденным, развивает из этой формулы общие свойства равновесия сил и дает решение главнейших задач статики».

Пользуясь известным принципом Даламбера и началом возможных перемещений, Лагранж составляет для любой механической системы общее уравнение динамики, которое затем аналитически развивается в совокупность дифференциальных уравнений движения, число которых равно количеству степеней свободы исследуемой системы.

Однако вершиной изобретательности в творчестве Лагранжа является общий и притом простой метод составления уравнений движения произвольной механической системы, требующий лишь написания выражений для кинетической и потенциальной ее энергии и последующего их дифференцирования. Он широко применяется при решении многообразных задач современной техники и тем успешнее, чем сложнее механическая система (чем больше число степеней свободы). Уравнения Лагранжа второго рода стали основным орудием исследователей — научных работников и инженеров.

Свою статью о Лагранже академик Крылов заключает так: «Время — наилучший критерий для всех дел человеческих; посмотрим, что же случилось с „Аналитической механикой“ Лагранжа и как она была использована в течение 120 лет, прошедших со времени второго ее издания.

«В стремлении к полной общности Лагранж в своей „Механике“ как бы отмежевался от техники и физики, но это не помешало ни технике, ни физике воспользоваться его „Механикой“... Зародилась „Динамика механизмов“ (Понселе), всецело основанная на Лагранжевом учении о сохранении живой силы (кинетической энергии) системы, столь ясно им развитом в общем виде... Развитие машиностроения шло своим чередом — одного начала живых сил стало недостаточно для решения новых вопросов, и опять в „Аналитической механике“ все было готово для приложений в виде второй формы Лагранжевых уравнений движения и учения о малых колебаниях... После Крымской войны на смену гладкоствольной артиллерии во всех армиях начали вводить нарезные орудия, сферические снаряды сменились продолговатыми, вращающимися во время полета около своей продольной оси, чтобы они в воздухе не кувыркались. Меткость стрельбы всецело зависит от правильности этого вращения. Рассмотренная в „Аналитической механике“ задача о вращательном движении твердого тела и теория малых колебаний дают все то, что нужно для решения этого вопроса... В 1908 г. появился гироскопический компас сперва

Аншютца, затем Сперри. Здесь все было основано на точном расчете, и опять-таки вторая форма уравнений Лагранжа и его теория малых колебаний давали все, что для этого расчета требуется. Теперь все военные суда и все лучшие суда коммерческие снабжены гирокомпасами и гирорулевыми, которые автоматически правят рулем лучше всякого опытного рулевого и держат корабль на курсе...

«Таких примеров из техники и физики можно привести неисчислимое множество, но и сказанного достаточно, чтобы видеть то значение, которое имеет знаменитое сочинение Лагранжа в общем развитии науки и техники во всех их областях и насколько Лагранж был прав, что, не останавливаясь на частностях, придал своему изложению самую общую аналитическую форму; поэтому его методы одинаково приложимы и к расчету движения небесных тел, и к качаниям корабля на волнении, и к расчету гребного вала на корабле, к расчету полета 16-дюймового снаряда, и к расчету движения электронов в атоме».

Читатель мог в достаточной мере ознакомиться с особенностями основных классических школ, чтобы объективно оценить их роль в развитии математической физики и технических наук. Если указанная цель в известной мере достигнута, то этим мы обязаны перу академика Крылова, который в своих высказываниях, острых по форме и объективных по содержанию, вскрывает мировоззрение ученых, истоки и основные принципы их научной деятельности. Неоднократно цитированные характеристики написаны столь ярким языком и с таким глубоким знанием дела, какими обладал, пожалуй, лишь Алексей Николаевич. В его глазах всякий общий математический метод был ценен лишь постольку он создавал возможность решения конкретных, практически важных задач. Обладая необыкновенной способностью перевода прикладных вопросов на математический язык и особым умением выбирать необходимые средства для успешного их решения, Крылов исключительно высоко ценил в трудах Эйлера и Лагранжа ту новую аналитическую форму развития механики Галилея—Ньютона, которая прокладывала относительно простые и вместе с тем общие пути для исследования сложных проблем различных отраслей техники.

Наряду с этим он видел в творениях великих классиков многие математические идеи, которые с успехом могли быть перенесены на благодатную почву технического знания. Именно по этой причине он предпринял перевод «Новой теории Луны» Эйлера, обогативший инженеров широкого круга специальностей мощным средством решения актуальных практических задач.

Перу А. Н. Крылова принадлежит и ряд других переводов, из которых, по-видимому, наибольшее значение он придавал «Теоретической астрономии» Гаусса: перевод этого сочинения

Алексей Николаевич поместил в VI томе собрания своих трудов, изданном при его жизни.

История возникновения этой работы весьма поучительна для деятельности Крылова.

В начале мая 1916 г. скончался директор Главной физической обсерватории Академии наук академик Б. Б. Голицын. Несколько дней спустя президент Академии Алексей Петрович Карпинский пригласил к себе А. Н. Крылова. Обращаясь к Алексею Николаевичу, он сказал: «Какое у нас горе-то, Борис-то Борисович, — а у самого слезы на глазах — знаю, что его заменить нельзя, а все-таки от имени Академии прошу Вас принять должность директора Главной физической обсерватории; с этою должностью связана должность начальника Главного военно-метеорологического управления, нужен генерал, а директор обсерватории по уставу должен быть академик. Кроме Вас, этим условиям удовлетворяет М. А. Рыкачев, но ему 83 года, он 57 лет прослужил в обсерватории, из них 17 лет директором, три года назад ушел на покой.

— Алексей Петрович, помилуйте, какой я метеоролог, я — кораблестроитель.

— Нет, голубчик, у Вас там будут опытные старые помощники, надо только общее Ваше руководство. Вы вот все кораблестроением управляли, Путиловскими заводами управляли, справитесь и с обсерваторией — услужите Академии. Мы и бумагу великому князю заготовили, разрешите отправить?

«И смотрит своим особенно ясным, как бы ласкающим взором — тут не откажешься».

Алексей Николаевич тяготился этим назначением, так как по тогдашнему состоянию метеорологии относил ее ко второй группе «точных наблюдательных наук» типа «белая и черная магия, астрология, графология, хиромантия и проч.». Однако, по собственному признанию Крылова, пребывание в обсерватории принесло ему некоторую пользу: здесь в богатой и превосходно подобранной библиотеке он нашел в каталоге карточку — «Gauss, Theoretische Astronomie». Такого заглавия в полном списке сочинений Гаусса нет: Алексей Николаевич блестяще знал богатейшее научное наследство этого гениального математика, физика и астронома. Оказалось, что карточке в каталоге отвечала рукописная тетрадь, полное наименование которой «Kupffer. Theoretische Astronomie gehört bei Gauss in Göttingen von May 1820 bis März 1821».

Купфер был впоследствии избран академиком и первым директором Главной физической обсерватории Академии наук. Ближайшее ознакомление с его рукописью, написанной мелким полуготическим шрифтом, с большими сокращениями отдельных слов, показало, что она, по-видимому, «составляет дословную непосредственную запись лекций Гаусса, без какой-либо их обработки и таким

образом представляет значительный интерес, давая возможность судить о характере изустного изложения такого великого учителя, как Гаусс».

Разбирая рукопись Купфера, А. Н. Крылов переписал ее сперва по-немецки, а затем перевел на русский язык.

В конце 1918 г. по представлению Алексея Николаевича Главное гидрографическое управление приняло решение издать этот перевод, «чтобы сделать таким образом доступным широкому кругу читателей лекции, хотя и читанные Гауссом 100 лет тому назад, но сохранившие свою поучительность и по настоящее время наравне с прочими творениями этого великого гения».

Сколь глубоко знал Алексей Николаевич научное наследие К. Гаусса, можно судить по заключительному слову, произнесенному им на торжественном заседании Института истории науки и техники Академии наук СССР, посвященном столетию абсолютной системы мер: по просьбе академика Владимира Федоровича Миткевича он без какой-либо подготовки, «по памяти» дал краткую, но весьма выпуклую характеристику основных его трудов, вошедшую наряду с другими историко-биографическими очерками жизни выдающихся деятелей науки во вторую часть I тома «Собрания трудов академика А. Н. Крылова».

Здесь читатель узнает, что в 17 лет Гаусс изобрел свою методу наименьших квадратов, т. е. такой способ обработки наблюдений, который позволяет получить из них наиболее вероятные результаты и объективно оценить погрешность наблюдений. В 22-летнем возрасте Гаусс строго доказал основную теорему высшей алгебры, что всякое алгебраическое уравнение  $n$ -ой степени имеет  $n$  корней, включая в это число как вещественные, так и мнимые корни (вместе с их кратностями).

В большом томе «Арифметических исследований» Гаусса содержится изложение одного из наиболее трудных разделов математики — теории чисел — и многих открытий его автора в этой области знания. Об одной подобной задаче, дающей достаточно ясное представление о предмете теории чисел, Крылов рассказал: «Уже давно было известно, что решение двучленных уравнений (типа  $x^n - 1 = 0$ ) равносильно задаче о разделении окружности на столько равных частей, какова степень уравнения. Когда решение такого уравнения может быть приведено к решению уравнений квадратных, то деление окружности может быть выполнено циркулем и линейкой. Со времени древних греков было известно, что циркулем и линейкой круг можно разделить на 4, 3, 5 частей, т. е. вписать в него квадрат, равносторонний треугольник, правильный пятиугольник и вообще всякий правильный многоугольник, число сторон которого заключает множители 3 и 5 в первой степени и множитель 2 в любой степени. Гаусс, изучая решение двучленных уравнений, показал, что решение их приводится к решению уравнений квадратных, когда степень уравнения есть

простое число вида  $2^n + 1$ . Таковы числа 3 и 5, следующее за ними есть  $17 = 2^4 + 1$ , тогда как  $9 = 2^3 + 1$  не годится, ибо это число не есть простое; поэтому девятиугольник не может быть вписан в круг при помощи циркуля и линейки, а семнадцатиугольник — может... Следующее число есть 257, ибо числа:  $33 = 2^5 + 1$ ,  $65 = 2^6 + 1$ ,  $129 = 2^7 + 1$  — не суть простые. Следующее затем число есть  $2^{16} + 1 = 65\,537$ . Дальше я не помню.

«Этот результат привлек внимание математиков своею неожиданностью, ибо здесь давалось полное и совершенно новое решение вопроса, который считался окончательно решенным уже более 2000 лет; однако, как Гаусс показал, это древнее решение далеко не полно. Но этого мало: приведя свое общее доказательство, Гаусс прибавил к нему следующее замечание: „Таким же образом может быть выполнено деление на равные части лемнискаты“.<sup>6</sup> Этим он показал, что уже тогда он владел теорией эллиптических функций. Действительно, в Геттингенском университете хранится так называемое „Наследие“ Гаусса, заключающее его дневники, рабочие тетради, переписку, книги и проч. И вот на переплете одной книги им записано обращение того эллиптического интеграла, которым выражается длина дуги лемнискаты».

Когда многочисленные ученики академика Крылова, работавшие в различных областях знания, обращались к нему за консультацией по поводу новых выполненных ими работ, Алексей Николаевич, подробно ознакомившись с рукописью, нередко говорил: «У Вас все сделано правильно. Однако посмотрите (при этом обычно назывался соответствующий том полного собрания сочинений), не сделал ли то же самое Гаусс и притом, как всегда, с непревзойденным мастерством».

Подобное убеждение, что Гаусс «все мог сделать раньше других», Алексей Николаевич иллюстрировал исторической справкой: «В обширной переписке Гаусса с Бесселем находится известное его упоминание о работах нашего знаменитого геометра Н. И. Лобачевского. Гаусс, советуя Бесселю прочесть статью Лобачевского, пишет: „У меня давно было разработано все изложенное Лобачевским, но Лобачевский все это разработал вновь с полнотой и изяществом, как истинный геометр“. Эти слова Гаусса и заставили математиков обратить внимание на работы Лобачевского, когда лет через пятнадцать после смерти Гаусса была опубликована его переписка с Бесселем».

Свой доклад о мемуаре Гаусса «Напряжение земной магнитной силы, приведенное к абсолютной мере» академик Крылов начал так: «Сто лет назад, 15 декабря 1832 г., один из величайших математиков всех времен и народов К. Ф. Гаусс представил Гет-

---

<sup>6</sup> Лемниската обладает следующим свойством: произведение расстояний любой ее точки до двух заданных точек есть величина постоянная.

тингенскому научному обществу небольшую по объему, всего 37 страниц крупной печати, работу под заглавием „Напряжение земной магнитной силы“.

«Эта работа, можно смело сказать, служит фундаментом всей современной точной физики, ибо на ней основано измерение всех физических величин; более того, на ней основано техническое измерение всех электрических величин, а на электричестве зиждется не только вся современная физика, но и вся современная культура человечества».

Далее Алексей Николаевич приводит краткую и вместе с тем яркую характеристику развития и состояния науки о магнетизме к тому времени, когда в этой области начал работать Гаусс.

От древних греков, обнаруживших впервые свойство «магнитных» камней притягивать железо, до первых изобретателей магнитного компаса, приоритет которых оспаривают китайцы и итальянцы; от брошюры английского компасного мастера Нормана «Новая притягательная сила» до мемуара Куломба «О магнетизме» и полных магнитных наблюдений, проведенных выдающимися русскими мореплавателями Крузенштерном, Лисянским и Литке, — таков размах этого исторического обзора, написанного в содержательном и образном крыловском стиле.

Для характеристики тогдашних основ измерительной техники А. Н. Крылов приводит в качестве примера прежнюю систему торговых мер, принятую в России: «Для длины принята единица аршин, для площади — десятина, для объема — четверть и ведро, для силы — пуд и т. д.; единицы эти между собой связаны сложными соотношениями, и вряд ли кто, не справляясь в таблицах, сможет сосчитать, сколько четвертей зерна войдет в амбарный сусек длиной в 5 аршин, шириной в 4 аршина и высотой в три.

«Такая система мер не есть абсолютная, да в сущности и не система вообще, а бессистемность».

Объективности ради скажем, что подобная бессистемность сохранилась и по настоящее время в Англии. Здесь по-прежнему единицами длины являются дюйм и фут, причем малые длины измеряются в тридцать вторых долях дюйма; единицами веса служат английский фунт и английская тонна, не имеющие ничего общего ни со старым, давно уже упраздненным русским фунтом, ни по давню с метрической тонной; единица мощности — английская лошадиная сила, равная 550 английским фунто-футам в секунду, и та отличается от принятой во всем остальном мире аналогичной величины (75 килограммо-метров в секунду) и превышает ее на 1.39 процента. Вряд ли подобное положение можно объяснить тем, что английский тяжеловес типа битюга «сильнее» ломовой лошади аналогичной породы. Подлинные причины подобной «бессистемности» заключаются в консервативных традициях, стойко сохраняющихся в современной Англии и сдающих свои позиции лишь в кабинетах ученых, лабораториях университетов,



в передовых научно-исследовательских институтах, на международных симпозиумах и научных конференциях. Характерно, что даже при заключении промышленных контрактов с другими странами английские фирмы придерживаются своей старой системы мер, хотя это усложняет техническую, а вместе с ней и коммерческую сторону дела.<sup>7</sup>

Гаусс первым предложил принять за основу системы мер три независимые друг от друга единицы: длины, массы и времени, а все остальные единицы измерения выражать при помощи этих трех основных. Подобная система мер, связанных рациональным образом с тремя основными единицами, и названа Гауссом абсолютной. За основные единицы он принял миллиметр, миллиграмм-массу и секунду среднего солнечного времени.

В 1881 г. на Международном конгрессе электриков в Париже была принята широко известная система CGS (сантиметр, грамм-масса и секунда), введенная в Советской России одним из первых декретов Совета Народных Комиссаров. Все последующее развитие метрологии и новая международная система мер «СИ» построены на тех же Гауссовых началах.

Характеризуя громадный вклад Гаусса в теорию земного магнетизма и в измерительную технику магнитных наблюдений, Алексей Николаевич приводит замечание, сделанное как бы мимоходом самим Гауссом: «Описанные приборы могут служить, кроме главного своего назначения, еще для другой цели, которая, хотя и не находится в непосредственной связи с первою (с собственно магнитными наблюдениями), но должна быть здесь упомянута в нескольких словах. Они представляют весьма чувствительные и удобные гальванометры как для самых сильных, так и для самых слабых токов, и не представит затруднений привести и эти измерения к абсолютной мере».

А. Н. Крылов заключает: «Это приведение было затем выполнено другом и неизменным сотрудником Гаусса Вебером, и на нем зиждется устройство всех электрических счетчиков, по которым мы все платим за потребляемую нами электрическую энергию, и если эти счетчики иногда врут, то в этом вина не Гаусса и не Вебера».

Кроме рассмотренных выше, перу Крылова принадлежат историко-биографические очерки таких выдающихся ученых и классиков науки, как П. Л. Чебышев, А. М. Ляпунов, А. А. Марков, В. А. Стеклов, Н. Е. Жуковский, С. А. Чаплыгин, С. О. Макаров, Б. Б. Голицын, А. П. Карпинский и К. П. Боклевский. Все эти статьи и доклады были составлены Алексеем Николаевичем в связи с памятными и юбилейными датами и, как правило, содержат краткие биографические данные, глубокий анализ основ-

---

<sup>7</sup> Только весной 1966 г. в английский парламент было внесено предложение о частичном переходе на метрическую систему мер.

ных трудов ученого и характеристику того, сколь велико их значение для современного состояния науки и техники. При изложении указанных работ А. Н. Крылов всегда рассчитывал на широкую аудиторию инженеров и техников с одной и той же неизменной целью — показать практикам возможности непосредственного применения классического наследия при решении постоянно возникающих перед ними и выдвигаемых самой жизнью задач.

В этой главе будут дополнительно рассмотрены лишь очерки, посвященные жизни и научной деятельности академика Сергея Алексеевича Чаплыгина и вице-адмирала Степана Осиповича Макарова, так как в этих работах «историзм» Алексея Николаевича проявляется в наибольшей степени.

В 1929 г. было принято решение образовать в составе Академии наук СССР Отделение технических наук. Одним из инициаторов этого предложения был А. Н. Крылов. В своей записке «О кафедрах прикладных наук», адресованной Президиуму Академии, Алексей Николаевич цитирует речь Вильяма Ранкина по аналогичному вопросу — о необходимости учреждения кафедры инженерной науки при одном из старейших университетов в Глазго: «Противоставление теории и практики ведет свое начало еще от древних греков, являющихся родоначальниками нашей культуры и нашими учителями в областях геометрии, философии, поэзии и искусств вообще; но по отношению к физике и механике познания древних греков были проникнуты целым рядом заблуждений, получивших особенно пагубное развитие во времена средневековой схоластики... К этим же старинным временам относится и возникновение представления о том, что люди науки не приспособлены к житейским делам, в подтверждение чего сочинялись анекдоты, переходившие из века в век и в каждом веке прилагавшиеся с малыми изменениями к выдающимся ученым этого века». В эпоху Возрождения в связи с развитием различных ремесел, мореплавания, торговли и военного дела «начало исчезать представление о непригодности людей науки для деловых занятий. Не в силу дворцового благоговения, — писал В. Ранкин, — или парламентского влияния Ньютон был назначен сперва хранителем, а затем управляющим Монетного двора, — мудрый министр признал, что во всей Англии Ньютон был самым подходящим человеком, чтобы управлять Монетным двором и осуществить намеченную весьма важную реформу. Известно, что он оправдал это доверие: в короткое время он усилил выпуск монеты в восемь раз против того предела, который почитался крайним его предшественниками. Но вредное влияние на чистую науку заблуждения о предполагаемой несовместимости теории и практики сказывается и по сей час, — докладывал В. Ранкин в январе 1856 г., — хотя и гораздо в меньшей степени, нежели в древние и средние века. Оно до сих пор служит препятствием к взаимному пониманию между людьми науки и людьми практики, и оно же ведет к тому, что люди зача-

стую затрачивают на решение задач, представляющих не более как остроумное математическое упражнение, много времени и умственного напряжения, которые с большей пользой могли бы быть приложены к вопросам, имеющим связь с техникой. Кроме того, иногда самые результаты исследований действительно важных практических вопросов представляются в форме, слишком сложной для приложений. Таким образом, та польза, которая могла бы быть из них извлечена, остается утраченной для общества в продолжение многих лет, и ценные практические выводы, которые можно было бы предвидеть и умозрительно, представляются к открытию медленным и дорогостоящим путем опытов».

После этой большой цитаты, приведенной здесь только в выдержках, академик Крылов писал в записке: «Как видим, соображения, высказанные более 70 лет назад знаменитым шотландским ученым и инженером, не потеряли своей силы и теперь, когда практические применения научных открытий и истин из области физико-механических наук развились до таких размеров, о которых Ранкин вряд ли в то время мог даже мечтать».

Когда вопрос об учреждении Отделения технических наук при Академии наук был решен положительно, Крылов выдвинул в качестве одного из первых кандидатов в академики С. А. Чаплыгина. В заключение «Записки об ученых трудах проф. С. А. Чаплыгина» мы читаем: «В нашей Академии кафедры технических наук являются новыми. Необходимо верить одну из важнейших из этих кафедр, именно относящуюся к прикладной механике в широком смысле этого слова, такому научному деятелю, который, подобно тому как Эйлер 200 лет тому назад дал неизгладимое направление кафедре математики, дал бы столь же твердое, строго научное и вместе с тем практическое направление кафедре техники. С. А. Чаплыгин по своему таланту как математик, по своим работам, создавшим новые важные методы для решения труднейших, но самою жизнью поставленных задач авиации, проявивший себя как организатор не только высшего учебного и ученого учреждения, но и величайшей в мире исследовательской лаборатории по аэро- и гидродинамике,<sup>8</sup> является именно таким кандидатом, которым наша Академия может гордиться и выбором которого Академия покажет то значение и тот смысл, которые ею придаются кафедрам наук технических».

Далее Крылов дает глубокую и образную характеристику научных трудов С. А. Чаплыгина, подчеркивая непосредственную связь его фундаментальных теоретических исследований с практическими вопросами исключительно большой важности.

Например, говоря о статье, написанной С. А. Чаплыгиным в 1899 г., одно наименование которой «К вопросу о струях в не-

---

<sup>8</sup> Здесь речь идет о Центральном аэрогидродинамическом институте (ЦАГИ) имени проф. Н. Е. Жуковского, учрежденном еще в декабре 1918 г.

сжимаемой жидкости» представляет ее неспециалисту-читателю как имеющую сугубо теоретический интерес, А. Н. Крылов отмечает, что содержание этой работы легло в основу двух статей «К теории гидрокона», написанных в 1924/25 г. в связи с проектированием Днепровской гидроэлектростанции. Гидрокон — труба, отводящая воду, отработавшую в турбине. Статьи Чаплыгина и посвящены вопросу о том, как следует спроектировать гидрокон, «чтобы не образовалось вихрей и сопряженных с этим потерь в полезном действии турбин. Важность этого вопроса при настоящем стремлении использовать такие запасы водяной силы, как Днепрострой (500 000 л. с.), Свирьстрой (200 000 л. с.) и пр., не требует пояснений».

И здесь Алексей Николаевич остается верным себе и использует возможность рассказать о том, как сооружались гидроплотины в те годы, когда писалась основоположная статья С. А. Чаплыгина.

«В 1899 г. в тогдашней России об использовании неисчерпаемых запасов энергии наших рек, о турбинах в десятки и сотни тысяч сил, о каменных плотинах и т. п. никто не помышлял. Плотины сооружались не из железобетона такими инженерами, как наши сочлены академики Графтио, Веденеев, Винтер, а из жердей, земли и навоза пришлыми полуграмотными „чертопрудами“ в огромном большинстве случаев для водяных мельниц, много что на 12 поставов, т. е. примерно на 100 сил.

«Чертопруд, именовавший себя сохранившимся со времен Грозного словом „розмысл“, брал за „разум“ по 500—1000 рублей, выпивал при закладке плотины неимоверное количество водки, бормотал затем какое-то таинственное заклинание, в котором только и можно было изредка разобрать слова: „хозяин водяной“, „хозяин сей реки“, „отсунь, засунь, присунь“, выдавал на гербовом листе ручательство на любую сумму и на любой срок, а когда в первую же весну плотину прорывало, то найти в необъятной России „пришлого розмысла“ было столь же трудно, как изловить в реке того „водяного“, которого он заклинал».

«И вот в это же время вы, — говорил академик Крылов, обращаясь к С. А. Чаплыгину, — писали свою статью „О струях в несжимаемой жидкости“, которая через 25 лет послужила к обоснованию теории гидрокона, как раз в то время, когда академик Графтио сооружал на Волхове первую мощную, на 160 000 квт, электростанцию. Уже на существующих теперь мощных электростанциях гидроконны сохраняют громадное количество энергии, а когда будут работать станции на Волге, на Ангаре и на множестве других сибирских рек, то трудно и представить себе, сколько энергии сэберегут гидроконны».

Иллюстрируя исключительное значение трудов академика С. А. Чаплыгина по теории крыла и среди них таких фундаментальных работ, как «О давлении плоско-параллельного потока на

преграждающие тела», «Теория решетчатого крыла», «Схематическая теория разрезного крыла аэроплана», «К общей теории крыла моноплана», Алексей Николаевич писал: «Работы Чаплыгина и Жуковского приобрели всемирную известность, и хотя их связывают с именем Кутта по почину самого Жуковского, но о них не замалчивают, да и трудно замолчать, когда можно сказать, что все 191 000 аэропланов, действовавших, по свидетельству статс-секретаря американского воздушного флота, в мировую войну, летали на крыльях, форма, профиль и расчет которых были даны Чаплыгиным».

Творчески продолжая и развивая труды академика Чаплыгина, еще в 1903 г. в своей докторской диссертации «О газовых струях» создавшего основы теории ракетной техники, многочисленные ученики Сергея Алексеевича разработали и довели до практических достижений новейшие методы расчета и проектирования ракет.

Заклячая свое выступление в день знаменательного юбилея — 50-летия научной деятельности, Алексей Николаевич, обращаясь к С. А. Чаплыгину, сказал: «Ваш путь к решению сложных технических вопросов может считаться классическим. Точно высказав вопрос, Вы придаете ему математическую формулировку и приводите его к определенному математическому вопросу, для решения которого Вы и применяете чисто математические методы, которыми Вы с таким мастерством владеете. Получив решение, Вы возвращаетесь к техническому вопросу, применяете к нему полученное решение, давая ему соответствующее истолкование.

«Могут сказать, что все так делают. На это мы ответим, что всякий умеет держать кисть в руке, но только Репин сумел своей кистью создать „Бурлаков“». И далее: «Академия наук может гордиться своими выборами 12 января 1929 г., когда она столь значительно пополнила состав своих действительных членов и образовала вновь Техническое отделение. Первоначально в это Отделение вошли три академика: С. А. Чаплыгин, В. Ф. Миткевич и Г. М. Кржижановский, и вот через 10 лет это Отделение стало самым многочисленным в соответствии с предуказанным Правительством развитием техники в нашем Союзе».

Алексей Николаевич рассказывал, что, несмотря на то что он многие годы лично знал С. А. Чаплыгина и деятельность последнего в значительной части проходила на его глазах, составление каждой из подобных записок занимало не менее двух недель: А. Н. Крылов, как правило, перечитывал труды героя своего нового очерка, изучал многие архивные документы, беседовал со специалистами и лицами, знавшими ученого. В каждой из исторических работ Алексея Николаевича читатель найдет глубокую характеристику трудов исследователя, доведенную до объективной оценки их значимости для последующего развития техники и ее современного состояния. Одновременно с этим А. Н. Крылов вскрывал внутренний мир ученого: его идеологические принципы,

Методы исследования, целенаправленность научной деятельности, своеобразие манеры изложения, а также другие индивидуальные особенности, доступные лишь опытному глазу выдающегося историка-исследователя.

Эти качества исторических работ академика Крылова в полной мере проявились и в известном очерке о С. О. Макарове, который «вошел в историю русского флота не только как замечательный флотоводец, но и как выдающийся теоретик военно-морского дела».

Отец С. О. Макарова — прапорщик ластовых экипажей, командный состав которых формировался из числа заслуженных боцманов, начинавших морскую службу простыми матросами и добивавшихся офицерского чина лишь своим долголетним усердием и большим практическим опытом. Это позволило его 10-летнему сыну Степану поступить в провинциальное морское училище (в г. Николаеве), выпускники которого производились в кондукторы корпуса штурманов, а не в гардемарины флота, как это делалось в отношении питомцев Морского корпуса. Чтобы избежать последствий подобной социальной дискриминации, потребовалось множество справок и удостоверений, свидетельствующих о том, что С. О. Макаров «происхождения благородного», так как он рожден через год после производства его отца в прапорщики. Только таким способом удалось и то лишь «по особому высочайшему повелению» добиться производства кадета С. О. Макарова в гардемарины флота.

О том, как в лучшем случае складывалась судьба «штурманского кадета», не удостоенного подобного производства, Алексей Николаевич писал: «По сдаче выпускного экзамена его производили в „кондукторы“ корпуса штурманов флота, затем через 2 года в прапорщики и далее — по линии в прочие сухопутные чины. Избороздив в течение 35—40 лет все моря и океаны и достигнув чина полковника, он получал отставку с „производством в чин генерал-майора, с мундиром и пенсией по положению“. На чиновничьем языке того времени это означало, что ему шла весьма скромная пенсия по чину полковника. Вот если бы в приказе было сказано „производится в генерал-майоры с увольнением от службы“, то и пенсия шла бы генеральская, примерно вдвое больше полковничьей. После этого такой почтенный старец, знающий моря и океаны, как свою ладонь, поселялся в родном Кронштадте, где-нибудь на Сайдашной, в маленьком домике с мезонином и с тремя окнами на улице. По вечерам собирались такие старцы по очереди друг к другу — перекинуться в карточки, вспомнить „случай“ и поругать немилостивое начальство».

По счастливой случайности (рождение после производства отца в «его благородие») и благодаря исключительной храбрости, проявленной во время русско-турецкой войны, подлинному нова-



А. Н. Крылов в год присвоения ему звания  
Героя Социалистического Труда (1943 г.).



Вручение А. Н. Крылову диплома почетного члена  
Английского общества корабельных инженеров на  
торжественном заседании научной секции Всесоюзного общества культурной связи с заграницей  
(сентябрь 1944 г.).



торству в области применения минных катеров и первых самодвижущихся мин, наконец, вследствие выдающейся одаренности, сочетавшейся с отличным знанием морского дела, по-иному сложилась служебная деятельность Степана Осиповича: в возрасте 34 лет он капитан 1-го ранга, затем через 7 лет в 1890 г. производится в контр-адмиралы, а в 1896 г. — в вице-адмиралы. С. О. Макаров назначается в 1899 г. главным командиром Кронштадтского порта и военным губернатором г. Кронштадта, а в 1904 г. с началом русско-японской войны принимает командование Тихоокеанским флотом. В связи с таким «продвижением по службе» А. Н. Крылов писал: «Ясно, что в этом сыне „ластовых экипажей прапорщика“ было что-то совершенно исключительное, выдвигавшее его из ряда вон».

Начало научной деятельности С. О. Макарова относится к 1869 г., когда он уже мичманом плавал на двухбашенной броненосной лодке «Русалка». Следуя шхерами, лодка коснулась скулой (местом перехода бортовой ветви шпангоута в днищевую) камня и получила относительно небольшую пробоину. О ее размерах можно судить по записи в дневнике Степана Осиповича: «Вливалось 50 ведер воды в минуту... Лодка потонула бы, если бы не стала носом на мель». Последнее заключение отвечает действительному положению дела: из-за отсутствия на корабле необходимых технических средств экипаж лодки не мог самостоятельно справиться со столь ничтожной течью — потребовалась помощь всего отряда мониторов, чтобы предотвратить потопление лодки.

Авария «Русалки» послужила поводом к первому исследованию С. О. Макарова по непотопляемости судов, в котором еще в 1870 г. наряду со знаменитым рейковым пластырем для быстрой заделки пробоины и рядом простых устройств для откачивания воды предлагалась впервые система затопления отдельных непотопленных отсеков корабля с целью выравнивания крена и дифферента — идея, ставшая исходной для современного учения о непотопляемости кораблей.

В своем очерке академик Крылов много внимания уделяет океанографическим работам С. О. Макарова. По поводу одной из них Алексей Николаевич писал: «Макаров знал, что среди местных жителей распространено поверье о существовании двойственного течения: на поверхности — из Черного моря в Мраморное, а на глубине — обратно. В наличии поверхностного течения убедиться было легко в любой момент, в существовании же обратного течения на глубине Макаров удостоверился непосредственным опытом. Этот опыт был столь же остроумен, как и прост. Макаров вышел на четверке (четырёхвесельная шлюпка) на середину (Босфорского) пролива, опустил на глубину анкерок в пять ведер с привязанной к нему балластиной, не достигавшей дна, и обнаружил, что этот плавающий на глубине анкерок буксирует шлюпку против значительного поверхностного течения».

Затем рассматриваемый вопрос был исследован Степаном Осиповичем с наибольшей научной полнотой и обстоятельностью. Судовыми средствами он изготовил оригинальные вертушки (для измерения скорости течения) и батометры (для взятия проб воды), которые наряду с другими покупными приборами — термометрами и ареометрами — подвергались предварительно тщательной проверке. Это позволило обеспечить высокую точность при определении скорости, плотности, температуры и солености воды на различных глубинах. В результате этих наблюдений было доказано, что «внизу идет более соленая и плотная вода Средиземного моря, а по поверхности — более легкая вода Черного моря». причем этот основной вывод был подкреплён не «поверьем», а «числом и мерою».

Академия наук, куда С. О. Макаров представил рукопись своего исследования «Об обмене вод Черного и Средиземного морей», постановила издать ее в «Записках» Академии и присудила «сочинению капитана Макарова неполную премию митрополита Макария».

Через несколько лет полная Макарьевская премия была присуждена Степану Осиповичу за двухтомный труд «„Витязь“ и Тихий океан», содержащий множество карт, чертежей и таблиц, обобщающих результаты длительных и систематических гидрологических исследований, выполненных в процессе плавания корвета «Витязь» в Тихом океане. Русское географическое общество наградило С. О. Макарова золотой медалью, а зарубежные ученые общества оценили его работу «как классический труд, являющийся настольной книгой по океанографии».

Имя корвета «Витязь» и поныне красуется на величественном здании Международного океанографического музея в Монако среди других наименований кораблей, вошедших в историю мировой океанографии.

Много труда и упорной борьбы потребовала от С. О. Макарова реализация его инициативного предложения о постройке первого русского ледокола «Ермак». В заключение своего доклада «К Северному полюсу напролом», прочитанного в 1897 г. в Мраморном дворце в присутствии многих высокопоставленных лиц, Степан Осипович говорил: «Ни одна нация не заинтересована в ледоколах столько, сколько Россия. Природа заковала наши моря льдами, но техника дает теперь огромные средства, и надо признать, что в настоящее время ледяной покров не представляет более непреодолимого препятствия судоходству».

Позднее, характеризуя трудности, которые приходилось преодолевать при постройке «Ермака», С. О. Макаров писал: «Говорят, что непоборимы торосы Ледовитого океана. Это ошибка: торосы поборимы, непоборимо лишь людское суеверие».

В конце концов Макаров добился своего: ему было поручено составление проекта ледокола и наблюдение за постройкой «Ер-

мака» с правом самостоятельного решения всех возникающих технических вопросов.

«Постройка „Ермака“, — писал в своем очерке академик Крылов, — обошлась в 1 500 000 рублей. Однако в первый же год своей работы спасением ставшего на камни у острова Гогланд броненосца „Генерал-адмирал Апраксин“, стоившего 4 500 000 рублей, и проводкой в Ревель 50 пароходов, застрявших во льдах и подвергавшихся опасности быть вынесенными на камни и рифы, ледокол окупил себя „седмерицей“. Противникам Макарова пришлось замолкнуть. За 40 лет своей службы „Ермак“ окупил себя „седмижды седмерицей“. Едва ли найдется в Советском Союзе хотя бы один человек — от малых до старых, которому бы не было известно имя ледокола „Ермак“».

Справедливо полагая, что исторические очерки должны читаться не только с интересом, но и с прямой пользой для текущего дела, Алексей Николаевич обращает прямой упрек некоторым организаторам ледовых экспедиций: «В каждой экспедиции участвуют и научные исследователи и инженеры, и кинооператоры, но, к сожалению, работа кинооператоров направлена всецело по их узкой специальности и никак не связана с инженерным делом и теорией корабля. Из экспедиций доставляют великолепные фильмы, представляющие большой интерес, особенно для жителей таких городов, про которых сложилась поговорка, что они видали воду только в ковше и изредка в колодце. Однако возникает естественное чувство досады, что прекрасно исполненные фильмы из-за отсутствия масштаба и отметок времени (для введения которых не потребовалось бы никакого дополнительного расхода) лишены всякого научного значения. И по сие время об усилиях, действующих на ледокол при его плавании во льдах Арктики, мы знаем только то, что дал фильм, снятый в свое время по поручению Макарова».

Многогранна и разнообразна деятельность С. О. Макарова как выдающегося теоретика военно-морского дела. Академик Крылов особо отмечает исключительное значение его труда «Рассуждения по вопросу морской тактики», рекомендуя офицерам советского Военно-Морского Флота сделать его настольной книгой, из которой «всегда можно почерпнуть ценнейшие советы знаменитого флотоводца» с учетом особенностей современных условий.

Эта книга вышла с известным эпиграфом: «Помни войну!». Наряду с изложением основных положений морской тактики парового флота в ней читатель найдет много ценных мыслей по вопросам военно-морской педагогики, самообразования и самовоспитания офицеров, не потерявших своего значения и в настоящее время.

Перу С. О. Макарова принадлежит и сочинение «Разбор элементов, составляющих боевую силу судов». Боевой дух его автора достаточно полно характеризуется следующей фразой: «Мое пра-

вило: если вы встретите слабейшее судно, нападайте, если равное себе — нападайте, и если сильнее себя — тоже нападайте».

Степан Осипович всегда находил время, чтобы заняться нуждами «нижних чинов». Он поучал офицеров: «Когда матросы видят, что начальник себя не жалеет, об их нуждах печется и дело понимает, то они за него постоят». Адмиралом Макаровым была издана специальная инструкция о приготовлении щей и о печении хлеба, в которой, в частности, указывалось: «Изданные постановления не мешают хорошему коку (повару) придать щам тот вкус, какой он желает, но они не допускают неумелого человека испортить хорошую провизию и дают удобство контроля над провизией и способом приготовления». Для контроля за правильностью питания С. О. Макаров предписал производить систематически взвешивание матросов. Много внимания он уделял бытовым условиям жизни личного состава флота. Забота о матросах сочеталась у Макарова с высокой требовательностью, которая правильно воспринималась его подчиненными.

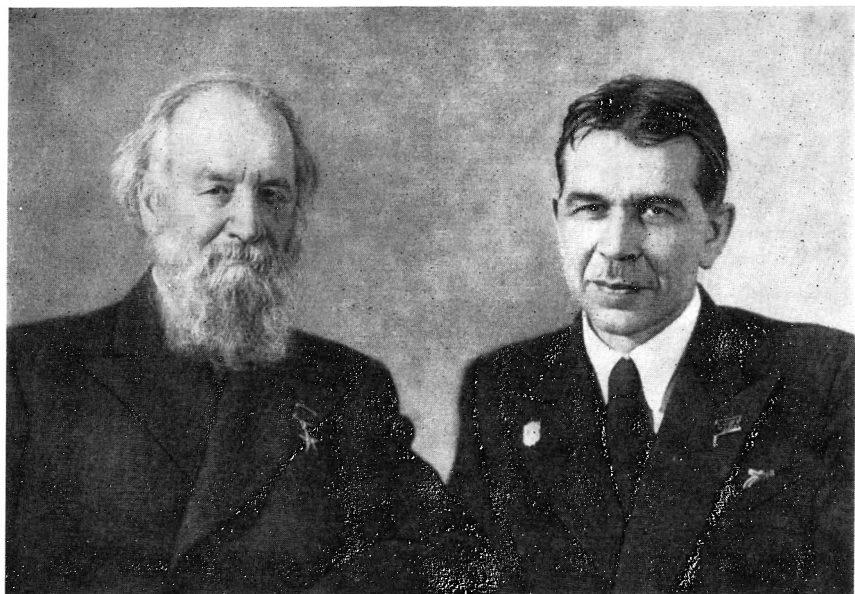
В конце очерка «Вице-адмирал С. О. Макаров» академик Крылов писал: «Макаров оставил флоту поучительное наследие в виде научных трудов и огромного практического опыта. Оно досталось достойным преемникам — морякам славного советского Военно-Морского Флота, которые в жизни адмирала Макарова видят пример горячей любви к суровой военно-морской службе, неустанного совершенствования, беззаветного служения родине и верности лучшим традициям нашего флота».

Другой излюбленной формой исторических работ Алексея Николаевича являлись очерки развития отдельных отраслей знания, которые составлялись им в виде предисловия или введения к соответствующим трудам, либо в форме докладов на научно-технических конференциях. Таков, например, очерк развития теории корабля, включенный в «Собрание трудов академика А. Н. Крылова», в качестве вступления к IX тому, посвященному этой отрасли знания. Эта работа писалась, дополнялась и перерабатывалась Алексеем Николаевичем в течение многих лет, можно без преувеличения сказать — с начала преподавания им курса теории корабля. Первое публичное выступление А. Н. Крылова на эту тему, если не считать вводных лекций в Морском корпусе и Морской академии, состоялось в 1901 г. на юбилее Академии. Затем первоначальный набросок очерка послужил предисловием в книге С. Т. Яковлева «Кораблеустройство и трюмное дело» и в расширенном виде доложен на втором пленуме секции мореходных качеств Всесоюзного научно-технического общества судостроения в 1933 г.

Для более подробной характеристики этого очерка приведем из него некоторые выдержки. Отмечая, что начало искусства судостроения «предшествовало даже самой культуре и цивилизации», А. Н. Крылов писал: «У людоедов островов Фиджи и Новой



Комиссия Академии наук СССР по истории физико-математических наук (1944 г.). Сидят (слева направо): академики С. И. Вавилов, А. Н. Крылов (председатель комиссии), В. И. Смирнов и профессор Н. И. Идельсон; стоят — ученый секретарь комиссии М. И. Радовский и член-корреспондент АН СССР Т. П. Краевец.



Академики А. Н. Крылов и С. И. Вавилов (1944 г.).

Зеландии, когда их впервые открыли европейские мореплаватели, уже были целые флоты искусно сделанных пирог. Не нужно и ходить столь далеко — близ Новой Ладogi лет 50 тому назад наш знаменитый геолог А. А. Иностранцев нашел при своих раскопках рядом с орудиями каменного века обломки челнока.

«Библия сохранила нам описание сказочного Ноева ковчега и даже обстоятельные технические задания на его постройку... Пришлось бы исписать целые тома, как это сделал Чернок в своей истории кораблестроения, начинающейся от Ноева ковчега и доведенной до 1800 г. и тогдашнего трехдечного (трехпалубного) 120-пушечного корабля. Но этот корабль по материалу своей постройки, по роду двигателя ближе к Ноеву ковчегу и пироге новозеландца, нежели к современному дредноуту или трансатлантику, такому, как „Conte di Savoia“ или „Queen Mary“. Таким образом, можно сказать, что за последние 100 лет в судостроении совершен больший переворот, сделан больший прогресс, нежели за неисчислимые века от челнока первобытного человека до 100-пушечных кораблей Нельсона».

Приведя некоторые основные положения сочинения «величайшего математика всех времен и народов» Архимеда и отметив исключительное значение, которое для развития теории корабля имели труды Эйлера, братьев Бернулли, Бугера, Даламбера, Кондорсе, Бофуа и других математиков и механиков того времени, Алексей Николаевич приводит поучительный факт, когда в сороковых годах прошлого столетия «шотландский битюг сделал по отношению к движению судов по каналам то открытие, которое ускользнуло от внимания французских академиков. Его впрягали в бечеву, которой по каналу тянули трешкоут, и заметили, что он проходил свою станцию ровной рысью быстрее других и приходил совершенно свежий, тогда как другие лошади тот же путь пробегали значительно медленнее, а приходили в мыле. Об этом узнал знаменитый корабельный инженер Скот Россель и обратил внимание, что битюг вначале поддавал ходу, затем ход несколько сбавлял, и трешкоут шел с едва натянутой бечевой, — одним словом, было открыто явление так называемой переносной волны, получившее впоследствии столь важное значение».

Здесь речь идет об одиночной поперечной волне, целиком располагающейся над уровнем спокойной воды и наблюдаемой в мелководных каналах при скорости судна, именуемой критической и определяемой глубиной воды. Для достижения этой скорости необходимо преодолеть относительно большое сопротивление воды, а затем сопротивление существенно падает и становится меньше того, которое наблюдается при движении судна в условиях практического неограниченного фарватера (иначе говоря в отсутствие влияния дна и стенок канала).

В своем очерке академик Крылов приводит и другой, весьма поучительный случай, относящийся к вопросу об обеспечении ко-

раблей необходимой остойчивостью: «Боевые выгоды низкобортных башенных судов дали капитану Кользу идею соединить в одном корабле низкий борт, толстую броню, башни и корабельный рангоут. Это был несчастный „Captain“.

«Рид указал, что для полного суждения об остойчивости корабля, в особенности низкобортного, недостаточно знать метацентрическую высоту при прямом положении корабля, а надо исследовать ее изменения при крене, так как лишь только верхняя палуба начинает уходить под воду, метацентр понижается и остойчивость начинает уменьшаться. Вместе с тем он обратил внимание на то, как принимать в расчет действие шквала, и указал его особенную опасность для судов низкобортных на ходу под парусами. Короче говоря, он указал, что на „Captain“ рангоута (парусное вооружение) ставить нельзя. Рид был в это время главным кораблестроителем английского флота. Отказавшись утвердить хотя бы один чертеж этого корабля, он весной 1869 г. сделал в Обществе корабельных инженеров свой знаменитый доклад „Об остойчивости мониторов под парусами“.

«Несмотря на предостережения Рида, корабль по приказанию лордов Адмиралтейства был построен и снабжен громадным рангоутом с железными трехногими мачтами.

«7 сентября 1870 г. вблизи мыса Финистерре во время пробного плавания „Captain“ был опрокинут налетевшим шквалом, который не нанес никакого вреда остальным десяти броненосным судам эскадры адмирала Мильна, в составе которой „Captain“ плавал. Из 550 человек спаслось 17 на полубаркасе, сорвавшемся с роостр.

«Замечательно, что ни на „Captain“, ни на эскадре не придавали ни малейшего значения исследованиям Рида. „Captain“ опрокинулся в полночь, а еще утром того же дня адмирал устроил гонку под парусами между 11 кораблями своей эскадры, перенеся свой флаг на „Captain“. Он допустил форсировку парусами, так что кромка верхней палубы касалась воды, и было бы достаточно не то что шквала, а легкого порыва ветра, чтобы опрокинуть „Captain“.

«В память погибших на этом корабле в соборе св. Павла вделана в стену бронзовая доска, на которой крупными буквами выгравирован приговор суда, выражающий порицание невежественному упрямству тогдашних лордов Адмиралтейства».

Подобные эпизоды, которыми насыщены исторические очерки академика Крылова, впечатляют и надолго остаются в памяти читателя, помогая тем самым правильному решению многих технических вопросов.

Свой доклад об истории развития теории корабля, как и многие другие аналогичные работы, Алексей Николаевич заключает словами, определяющими его мировоззрение и характеризующими значимость рассматриваемого вопроса для текущих задач строи-



тельства: «Из этого беглого очерка видно, что развитие теории корабля шло не чисто умозрительным, отвлеченным путем. Вопросы теории корабля ставились практикою, обыкновенно какою-нибудь катастрофою с кораблем, на котором не были соблюдены принципы теории; но и теория должна руководствоваться указаниями практики, согласовать свои допущения с действительностью, проверять свои выводы опытом и наблюдениями, доставляемыми практикой, работая и развиваясь с нею в полном единении. В этом единении лежит залог правильного развития как теории, так и практики и залог совершенствования корабля, что особенно важно теперь, когда идет столь деятельное создание мощного Военно-Морского Флота для нашего Союза ССР».

Той же цели совершенствования отечественного судостроения на основе учета опыта боевой и повседневной службы кораблей посвящен сборник статей академика Крылова «Некоторые случаи аварии и гибели судов», выдержавший несколько изданий. В предисловии к этому сборнику исторических очерков, опубликованному в 1939 г., редакция издательства писала: «Проникновенный анализ разных случаев аварий и гибели судов, данный академиком Крыловым в его статьях, изложенных в увлекательной и популярной форме, доступной для чтения широким массам работников судостроительной промышленности, а равно гражданского и военного флота, несомненно будет способствовать предотвращению аварий судов в самых разнообразных случаях их жизни, а стало быть, и укреплению мощи нашего родного советского флота».

Здесь читатель найдет объективное освещение и критический разбор причин аварий броненосца «Орел», крейсера «Кубань» и гибели броненосца «Гангут», линейных кораблей «Императрица Мария» и «Royal Oak», парохода «Титаник», а также многие другие поучительные случаи из истории отечественного и иностранных флотов. Несмотря на популярность изложения, крыловский анализ носит глубоко научный характер и позволяет сделать надолго запоминающиеся и притом непреложные выводы, касающиеся самой основы предмета исследования.

До издания этого сборника статей в периодической литературе различными авторами нередко освещались характерные случаи аварии и гибели судов. Однако анализ сообщаемых фактов в этих статьях по своему уровню не превышал возможностей известного литературного героя, о котором Алексей Николаевич писал: «Двести семьдесят лет тому назад мольтеровский доктор Пюргон, что по-русски довольно точно передается словом Кластирин, на вопрос: „почему опиум усыпляет“, ответил: „потому что в нем есть снотворная сила“».

В отличие от подобного «анализа» критический разбор фактов, проведенный Крыловым, показывает, «что часто истинная причина аварии лежала не в действии неотвратимых и непрео-

долимых сил природы, не в „неизбежных случайностях на море“, а в непонимании основных свойств и качеств корабля, несоблюдении правил службы и самых простых мер предосторожности, непонимании опасности, в которую корабль ставится». Такой объективный анализ позволяет в широко доступной и ясной форме сформулировать основные принципы теории корабля, обеспечивающие плавучесть, остойчивость и непотопляемость судов. В этом сила и исключительное познавательное значение историзма А. Н. Крылова, обобщающего разрозненный опыт многолетней практики до уровня высот современной науки.

Большую роль сыграли исторические справки академика Крылова в восстановлении приоритета отечественных ученых в различных областях науки и техники. Например, в статье «Попов и Маркони» Алексей Николаевич приводит следующие факты: «Скромный молодой преподаватель Минного офицерского класса в Кронштадте А. С. Попов, развивая опыты Герца, построил в 1895 г. прибор, названный им „грозоотметчик“. Испросив ничтожную сумму в 300 рублей, усовершенствовал его и создал первое в мире действующее устройство беспроволочного телеграфа. Затем связался с французской фирмой Дюкрете, которая делала обыкновенные физические приборы. Но Дюкрете не ограничился тем, что по заказу Попова изготовлял приборы, а присвоил себе и некоторую в этом деле роль, назвав аппарат, изобретенный русским ученым, „аппарат для беспроволочного телеграфирования Попов—Дюкрете“... О своем изобретении беспроволочного телеграфа Попов сделал доклад в Русском физико-химическом обществе (1895 г.), поместил публикации в научных журналах и приступил к осуществлению первых практических радиоустановок, не позаботившись о патентовании.

«Состоя на службе в Морском ведомстве, он подчинился требованию этого ведомства держать изобретенные приборы в секрете, это явно было невозможно, ибо Попов обучал офицеров и матросов флота пользованию этими приборами; патента он не взял (хотя бы секретного), и, следовательно, собственность его изобретения за собой не закрепил. Между тем, по Уставу торговому, „Всякое открытие или изобретение есть собственность того, кем оно сделано“, и поэтому требование Морского ведомства было незаконным.

«Спустя несколько месяцев после сделанного в январе 1896 г. Поповым печатного сообщения о „Приборе для обнаружения и регистрирования электрических колебаний“, а именно в июне 1896 г., Маркони оформил свой патент и лишь через год — в 1897 г. — опубликовал сведения о своих опытах и приборах беспроволочного телеграфирования. Приборы Маркони представляли собой точное воспроизведение аппаратуры, ранее изобретенной и описанной Поповым. Однако Маркони сразу поставил дело беспроволочного телеграфа на широкую коммерческую ногу.

Он привлек к этому делу большие деньги, основал акционерную компанию, в которой имел больше половины акций, пустил изобретение в продажу. . .

«Вопрос о приоритете в изобретении радио совершенно бесспорен: радио как техническое устройство изобретено Поповым, который и сделал об этом изобретении первую научную публикацию». И далее Алексей Николаевич заключает: «Приоритет и огромные заслуги Попова как изобретателя радио увековечивают имя русского ученого в истории науки и техники».

Эта статья академика Крылова наряду с другими работами специальной комиссии, образованной Русским физико-химическим обществом во главе с проф. О. Д. Хвольсоном, сыграла решающую роль в восстановлении мирового приоритета Александра Степановича Попова.

В относительно небольшой главе нет возможности сколь-нибудь полно охарактеризовать все богатство и многообразие исторических трудов А. Н. Крылова. Поэтому ограничимся краткими выдержками из еще не опубликованной рукописи его доклада «Исторический очерк развития русского флота», характеризующей исключительную эрудицию Алексея Николаевича в области истории и его постоянную готовность «по памяти» сообщить аудитории необходимые, почти документальные сведения.

Этот доклад был прочитан в 1943 г. во время пребывания Алексея Николаевича в Боровом; ни перенесенная им тяжелая болезнь, ни отсутствие каких-либо справочных материалов (кроме книги Б. Кафенгауза «Внешняя политика России при Петре I»), ни весьма краткий срок подготовки к докладу не повлияли на историко-научную ценность этой работы.

Начав свой очерк с упоминания о первом русском военном корабле «Орел», построенном при Алексее Михайловиче, Крылов напомнил своим слушателям о жестких мерах «насаждения» флота, введенных Петром I с целью обеспечения «выхода России к морям и океанам»: согласно указам Петра, каждое «купанство», охватывавшее 10 тыс. крестьянских дворов, и каждый монастырь должны были построить по одной галере.

В другом месте своего доклада Алексей Николаевич приводит по памяти переписку Петра с адмиралом Крюйсом,<sup>9</sup> которого он назначил командующим русским флотом, а сам желал у него быть «шаутбенахтом», т. е. контр-адмиралом, начальником арьергарда. На многих примерах Крюйс показывал Петру нежелательность иметь на флоте царя-шаутбенахта. Петр выписал эти примеры и против каждого из них дал свой поучительный ответ. Ниже соответствующая сводка приводится в цитатах А. Н. Крылова, мало чем отличающихся от оригинальных источников:

---

<sup>9</sup> Перешедшим из голландского флота в 1698 г.

«В таком-то сражении адмиральский корабль взорвало — адмирал погиб.

«В таком-то сражении адмиральский корабль сел на мель, противник стал его бить огнем всего флота. Корабль взорвало — адмирал погиб.

«В таком-то бою адмиральский корабль был взят на бордаж — адмирал погиб.

«Не следует особу царя подвергать опасности, ибо смерть царя не может идти в сравнение со смертью шаутбенахта».

«Дворянин Одоевский ехал зимою через Оку, вез боченок пороху, порох взорвало, Одоевскому обе ноги переломило.

«Боярина Бутурлина палаты задавили.

«Боярин Стрешнев свиным ухом подавился.

«Жалованье получать и в бой не идти — стыдно».

Не оправдывая жестокости системы наказаний, введенной в царствование Петра I, Алексей Николаевич полагал необходимым обратить внимание слушателей на относительную объективность рассмотрения многих дел и попытки логичного толкования тогдашнего судопроизводства. В качестве примера он приводит следующую выписку из царского указа: «Поручика Языкова за наказание батогами невинного и ему не подчиненного писаря корабельной команды лишить чина на три месяца, вычесть из его жалованья за 4 месяца за сидение крихс-рехта и в вознаграждение писаря за бесчестие и увечье его. Поручику же Фламингу, который тот боя видя за своего подчиненного встать не сумел, вменить сие в глупость и выгнать аки шельма из службы».

С этой же целью академик Крылов цитирует в своем докладе ряд статей вышедшего в 1719 г. «Устава Морского — сиречь ко доброму Флота управлению», лично переведенного с голландского и дополненного Петром I.

Статья: «Ежели кто впадет в чернокнижие и чародейство, того казнить смертию».

Толкование: «Сожжение на костре есть обычная казнь чернокнижников и чародеев».

Статья: «Если часовой, что ему поручено, украдет, того повесить».

«Если корабль стоит на якоре и часовой на своем посту заснет, того аркебузировать».

Толкование: «На корабле все спят, чая, что часовые не спят».

В этом же уставе подробно описаны обязанности всех корабельных чинов от адмирала до «профоса», который «обязан содержать в чистоте корабельные галюны и держать в постоянной

готовности все для наказания и пытки нужные инструменты, а буде палача не случится, то чинить и смертную казнь».

Далее Алексей Николаевич приводит ряд эпизодов, характеризующих отношение личного состава к родному флоту, далеко выходящее за рамки обычных представлений.

«В 1807 г. флотом в Средиземном море командовал вице-адмирал Сенявин. Он разбил турок близ Афонской горы, но после Тильзитского свидания императоров Александра и Наполеона получил повеление идти в Кронштадт; после бурного перехода он вошел в устье реки Таго и в Лиссабоне приступил к ремонту судов. Сношений с Россией не было, денег он получить не мог, местные банкиры требовали слишком высокий процент. Англия объявила войну России и блокировала Лиссабон своим флотом. Тогда Сенявин дал на содержание своей эскадры призовые деньги — более одного миллиона рублей и предложил офицерам и команде сделать то же. Затем он заключил с английским адмиралом договор, по которому он передавал свою эскадру Англии (на сохранение) с условием, что по окончании войны все суда будут возвращены России в полной исправности.

«Вскоре Тильзитский мир был нарушен, Англия из врага обратилась в союзника, флот Сенявина вернулся в Кронштадт, но Александр I не только не возвратил Сенявину и его офицерам и команде призовых денег, но исключил его из службы, и Сенявин 17 лет буквально нищенствовал, хотя ему лично Россия была должна более миллиона рублей».

В 1825 г. Сенявин вновь был принят на службу, произведен в полные адмиралы, но был ли ему возвращен миллион, неизвестно.

Охарактеризовав боевые традиции русского флота, связанные с именами выдающихся адмиралов Ф. Ф. Ушакова, П. С. Нахимова, В. А. Корнилова, А. А. Попова и С. О. Макарова, А. Н. Крылов заключил свой очерк следующими словами: «Мы ежедневно слышим по радио: „Наш флот потопил в Черном море транспорт противника“, „Наш флот потопил в Балтике транспорт и два катера противника“, „Наш флот в Баренцевом море потопил два транспорта противника“.

«Эти радиogramмы свидетельствуют о доблести, храбрости и искусстве личного состава нашего флота, которому мы все желаем полного боевого успеха».

Всей своей научной и практической деятельностью академик Крылов всемерно содействовал этому успеху, повседневно передавая богатейший опыт и знания личному составу Военно-Морского Флота, который видит в Алексее Николаевиче одного из выдающихся своих наставников — Адмирала Корабельной Науки.

## Астрономические работы А. Н. Крылова

В «Собрании трудов академика А. Н. Крылова» особое место занимает VI том, посвященный работам по астрономии, которую Алексей Николаевич называл «величественнейшей из точных наук». Такая характеристика сама по себе не может полностью определить интерес ученого к той области знания, которая, казалось бы, далека от его основной и без того многогранной деятельности.

Общеизвестна практическая важность астрономии для удовлетворения потребности в точном определении времени, общепризнано ее исключительное значение при решении главных задач земледелия и мореплавания; особый интерес к развитию этой науки связан с расширением наших знаний о космосе. Астрономия как наука о движении планет и комет исторически развилась ранее других приложений механики к изучению реального мира; более того, астрономические наблюдения издавна являлись одним из основных источников знания, послуживших фундаментом для теоретической механики как науки о простейшей форме движения материальных тел.

Однако не эти обстоятельства непосредственно определили интерес А. Н. Крылова к рассматриваемой области знания. В астрономии творили гении Ньютона, Эйлера, Лагранжа, Лапласа, Гаусса, которые в процессе решения фундаментальных проблем, связанных с изучением движения небесных светил, создали мощные методы исследования многих важнейших задач современной науки и техники. Даже применительно к самой астрономии Алексей Николаевич неоднократно показывает, что в трудах Ньютона, посвященных определению орбит комет и планет, содержатся не только основы методов анализа, принятых при последующем развитии науки, но и сами решения многих современных задач, стоящие по изяществу построения и глубине математической мысли на недостижимой высоте.

Богатство идей и методов исследования, изложенных применительно к проблемам астрономии в работах выдающихся клас-

сиков науки, настойчиво требовало глубокого изучения их научного наследства и такой творческой реконструкции, при которой эти труды получили бы новую жизнь в современных условиях. Выполнить эти требования оказалось под силу только А. Н. Крылову благодаря его исключительному трудолюбию и изумительному мастерству.

Непосредственным поводом для выполнения этой работы явилось третье, заранее предвычисленное приближение к Земле знаменитой кометы Галлея, каждое появление которой с тех пор, как законы ее движения были раскрыты в «Началах» Ньютона, вызывало повышенный интерес к астрономии. За год до ожидавшегося возвращения кометы Галлея (1910 г.) Алексей Николаевич прочитал слушателям Морской академии факультативный курс, который затем был издан в «Известиях Академии» под наименованием «Беседы о способах определения орбит комет и планет по малому числу наблюдений».

В предисловии к «Беседам» А. Н. Крылов писал: «Вам может показаться странным, что, вместо того чтобы беседовать с вами о предметах моей специальности, я вдаюсь в область, совершенно ей чуждую. Не состоят ли отдых и развлечение в том, чтобы позаняться иным делом, нежели то, которым занят постоянно, — если многие видят отдых в том, чтобы, сидя за шахматной доской, соображать самые замысловатые ходы, то отчего же для отдыха не перечесть лишний раз со вниманием избранные места из произведений величайших гениев и для развлечения не побеседовать об их творениях».

Чтобы сразу же заинтересовать своих слушателей и будущих читателей, а вместе с тем и определить содержание всего курса, Алексей Николаевич приводит ряд интересных свидетельств. К числу их прежде всего относится цитата из предисловия Исаака Ньютона к первому изданию «Математических начал натуральной философии», из которой следует, что появление кометы Галлея в 1682 г. послужило одним из поводов к созданию этого труда: «При издании этого сочинения приложил много труда Эдмонд Галлей, этот в высшей степени проницательный и разносторонний ученый. Он не только правил корректуру и заботился об изготовлении рисунков, но именно он побудил меня к самому составлению этого сочинения; так как он постоянно требовал от меня дать доказательства вида путей небесных тел, то он же просил меня и сообщить их Королевскому обществу, это же последнее своими настояниями и благосклонностью содействовало тому, что я начал думать об издании этого сочинения».

Появление кометы Галлея в 1682 г., так же как и кометы 1680 г., послужило отличным подтверждением справедливости закона всемирного тяготения: расхождения наблюдаемых мест с результатами геометрических построений Ньютона не превосходили двух дуговых минут по долготе и десяти — по широте.

Изложение геометрической методы Ньютона и составляет предмет первой беседы.

Через 100 лет после первого издания «Начал» Лаплас предложил аналитическую методу определения орбит небесных тел, которая является объектом второй беседы.

Дальнейшее развитие методов математического анализа и базисная теорема, доказанная Леонардом Эйлером, позволили довести аналитическую методу решения основной задачи астрономии до известной степени совершенства; новое решение является предметом рассмотрения третьей беседы.

Наконец, в четвертой беседе излагается оригинальная и, как все творения Гаусса, совершенная метода определения эллиптической орбиты по трем наблюдениям.

Первую беседу о способе Ньютона А. Н. Крылов начинает следующими словами: «Основанием всех способов определения орбит комет или планет служат законы Кеплера, послужившие к открытию закона всемирного тяготения и сами из него вытекающие, в обобщенном виде и более точной формулировке, нежели высказанная Кеплером».

Приведем более полную формулировку двух первых законов Кеплера:

«I. Всякая планета или комета движется по коническому сечению (эллипс, парабола или гипербола), в одном из фокусов коего находится Солнце.

«II. Движение по этой кривой происходит так, что площади, описываемые радиус-вектором, соединяющим планету с Солнцем, пропорциональны времени их описания».

Третий закон Кеплера устанавливает связь между секториальной скоростью (площадью, описываемую соответствующим радиус-вектором в единицу времени) различных небесных тел, их массами и характерными геометрическими параметрами орбит.

Каждое наблюдение светила определяет положение в пространстве в соответствующий момент времени луча зрения, соединяющего центр светила с глазом наблюдателя. Основная задача — определение траектории центра светила по результатам его трех наблюдений — решается Ньютоном непосредственно на основе законов Кеплера применительно к параболическим орбитам комет. При этом «Ньютон ведет свои доказательства всецело по образцу древних авторов, т. е. составляя пропорции и отношения, а не алгебраические выражения для разного рода частей фигуры, чтобы, пользуясь этими выражениями, находить соотношения между этими частями».

Снова геометрический метод, примененный Ньютоном в книге III «О системе мира», как и на протяжении всего труда «Математические начала натуральной философии», создает значительные затруднения при изучении этого творения, и Алексей Николаевич прилагает все свое мастерство, чтобы не только сде-



лать относительно легко доступными астрономические страницы «Начал», но и показать, что в них содержится «все то, что потом было достигнуто в медленном процессе создания других методов»,<sup>1</sup> которыми ныне пользуется астрономия.

Разъяснив подробно методу Ньютона и показав, что все построения выполняются здесь с точностью, превосходящей наблюдаемую в последующих работах других авторов (например, в методе Ольберса), А. Н. Крылов высказывает «естественное желание развить ее аналитически, т. е. Ньютоново построение выразить формулами и по ним произвести вычисления орбит некоторых комет».

Отмечая, что в астрономической литературе имеются некоторые указания о выполнении подобной работы, Алексей Николаевич писал: «Мне представилось, что проще развить все нужные формулы, нежели разыскать неизвестно где 150 лет тому назад напечатанную работу». Это и выполняется им в основной части «Беседы I», сначала применительно к определению мест кометы в пространстве при первом и третьем наблюдениях, а затем для отыскания геометрических характеристик орбиты по найденным уже двум положениям небесного тела.

По-видимому, и сам Ньютон в некоторой мере пользовался расчетными приемами, иначе он не писал бы: «Все это я исполняю сперва графически наскоро и грубо, затем графически с вящею тщательностью и, наконец, числовым расчетом».

Далее на типичных примерах наблюдений четырех комет А. Н. Крылов с исключительной подробностью и со всеми деталями расчета, подобные которым можно найти еще только в трудах Леонарда Эйлера, поясняет «способ производства вычислений по методу Ньютона и ту точность, которую можно достичь, т. е. какую угодно». Некоторые затруднения возникли у него при анализе наблюдений кометы 1680 г., послуживших объектом исследования самого Ньютона.

По этому поводу Алексей Николаевич замечал: «Я должен сознаться, что анализ этого примера потребовал порядочного труда: я перечислил этот пример полностью трижды, вычисляя каждую величину для контроля двумя совершенно различными манерами. . . Произошло это потому, что я сперва не получал тех чисел, которые показаны у Ньютона, хотя и получал числа, весьма к ним близкие, а так как в числах, приводимых у Ньютона, ошибки быть не может, то и надо было доискаться до того способа, каким он свои числа получал».

Этот эпизод характерен для всей деятельности академика Крылова, который не щадил труда и времени, чтобы «доискаться» до истины.

---

<sup>1</sup> Н. И. Идельсон. Работы А. Н. Крылова по астрономии. Сб. «Памяти Алексея Николаевича Крылова», Изд. АН СССР, М.—Л., 1958.

Изложение «Беседы I» Алексей Николаевич заключает: «Все эти примеры и подробное их развитие показывают, что данная Ньютоном метода определения параболической кометной орбиты есть метода абсолютно точная, полная и в равной мере совершенная со всеми остальными творениями этого величайшего гения, но его творения требуют и достойного внимания и тщательности при изучении, не упуская из вида ни единой буквы, ни единой цифры.

«Кроме этой методы, Ньютон в своем сочинении „De systemate mundi“ (речь идет о книге III «Начал») излагает другую методу, которую можно считать за первообраз методы Лапласа, подобно тому как вышеизложенная есть первообраз методы Ольберса.

«Но здесь по сжатости и краткости изложения Ньютон, можно сказать, превосходит самого себя: все изложено на трех последних страницах названного сочинения и примерами не пояснено.

«Дав вам образчик того, как следует изучать Ньютона, рекомендую вам, — сказал А. Н. Крылов, обращаясь к своим слушателям, — как поучительную тему для работы изучение этих трех страничек».

«Беседа II» посвящена чисто аналитической методе, данной Лапласом и предназначенной для определения не только параболических орбит комет, но и эллиптических орбит малых планет.

Хотя она менее совершенна, чем методы Ольберса и Гаусса, и поэтому не применяется в последнее время для практического вычисления орбит, Алексей Николаевич считал необходимым изложить ее слушателям Морской академии, так как «решение Лапласа замечательно естественностью хода его анализа и может служить образцом того, как следует задачу аналитической механики доводить до конца, т. е. до действительной возможности получения из наблюдений надлежащих данных и действительного вычисления положения движущегося тела в любой момент времени».

В «Беседе III» излагается метода Ольберса, которая является теперь наиболее употребительной для определения параболических орбит комет. Сопоставив ее с изложенным в «Беседе I», А. Н. Крылов показывает, что «метода Ольберса целиком заключается в методе Ньютона», и если исключить из рассмотрения детали выкладок, «которые можно выполнять на множество различных манер», то отличие частной методы от общей будет заключаться лишь в следующем: а) для проверки правильности одного из этапов расчета Ольберс применяет формулу Эйлера, пользование которой благодаря наличию вспомогательных таблиц Энке доведено до такой же степени простоты, как применение формулы Ньютона; б) то допущение, которое Ньютон принимает для исходного, можно сказать нулевого приближения, Ольберс использует при установлении первого приближения.

Изложение методы Гаусса определения эллиптической орбиты по трем наблюдениям в «Беседе IV» Алексей Николаевич начинает с указания: «Определение эллиптической орбиты, ни один из элементов которой не известен, если почему-либо нельзя воспользоваться методом Лапласа, представляет значительно большие трудности, нежели орбиты параболической. Главная причина этого в том, что число неизвестных элементов одним больше, а вместе с тем то уравнение, которое связывало независимо от элементов хорду с двумя радиусами-векторами и временем (теорема Эйлера) или эту же хорду со средним радиусом-вектором (теорема Ньютона), отпадает», так как оно справедливо лишь для орбиты параболической.

Показав сначала, как Гаусс преодолел эти принципиальные трудности и составил замкнутую систему уравнений, число которых равнялось количеству неизвестных величин, А. Н. Крылов отмечает, что если бы Гаусс на этом остановился, то определение орбиты представило бы собой «процесс чрезмерной длинноты и утомительности по тому громадному количеству вычислений, которое бы потребовалось для его исполнения. Вот, чтобы этот процесс обойти и сократить его до одной чрезвычайно изящной и простой формулы, и нужен был математический гений Гаусса».

Приведя вывод этой формулы и другого основного соотношения, отличающегося тем же изяществом и простотой, Алексей Николаевич писал: «Гаусс не ограничивается, как сделано в этом кратком очерке его методы, составлением необходимых уравнений и указанием их решения, он прилагает особенную заботу к тому, чтобы придать формулам не только удобнейший для вычислений вид, но и такой, чтобы формула давала вычисляемую величину с надлежащей точностью, чтобы везде был контроль, и в этом он достигает такого совершенства и изящества», которое остается непревзойденным и поныне.

В заключение всего курса лекций А. Н. Крылов обратился к своим слушателям: «Цель этих бесед достигнута, если я сумел возбудить в вас, перед тем как вы покинете Академию, интерес к тому отделу, который не входит в ваш обязательный курс, но который, по словам Гаусса, составляет, без сомнения, плодотворнейшую и прекраснейшую часть Теоретической астрономии».

К вопросу определения орбит комет и планет академик Крылов возвращался неоднократно. Так, через 4 года после первого издания «Бесед» в 1915 г. в «Известиях Академии наук» он публикует на французском языке статью «Об изменении элементов эллиптических планетных орбит», которая одновременно послужила примечанием 116-м к предложению LXVI книги I «Математических начал натуральной философии» в русском переводе. Здесь Алексей Николаевич обращает внимание на исключительную плодотворность идеи, изложенной Ньютоном в следствии

3-м предложения XVII книги I «Начал», где указывается общий ход расчета возмущения, производимого, например, планетой на комету, и выясняется, каким образом по соответствующим изменениям скорости и положения кометы определить новые геометрические элементы ее орбиты.

«Стоит только, — писал Крылов, — сравнить вывод формулы (А) и затем (В), данный здесь, следуя истинному смыслу слов Ньютона, с выводом этих формул на основании общей теории изменения произвольных постоянных в „Механике“ Тиссерана» или фундаментальном труде Леверрье, в котором он занимает 22 страницы мелкой печати на листах большого формата, «чтобы еще более убедиться в пользе изучения Ньютоновых „Начал“ при изучении даже и современной небесной механики».

В 1924 г. А. Н. Крылов публикует в английском астрономическом журнале статью «Об одной теореме Исаака Ньютона», к содержанию которой он возвращается и в работе «Судьба одной знаменитой теоремы», изданной на русском языке в 1935 г.

Во введении к ней Крылов писал: «При определении параболических орбит комет имеет существенное значение выражение площади параболического сектора через ограничивающие его радиусы-векторы и хорду между ними... Эйлер вывел аналитически выражение площади параболического сектора, но не обратил внимания на то, что полученное им выражение непосредственно следует из теоремы Ньютона, представляя лишь в аналитической форме эту теорему, выраженную у Ньютона геометрически. Это было сделано Эйлером через 57 лет после первого и через 17 лет после третьего издания „Начал“. Через 18 лет после появления статьи Эйлера его сочлен по Берлинской Академии Наук Ламберт в своей статье „О замечательных свойствах кометных орбит“ вновь дает геометрическое доказательство теоремы Ньютона и приводит аналитическое ее выражение, данное Эйлером, не упоминая, однако, ни о Ньюtone, ни об Эйлере... Лагранж, как он всегда обыкновенно, в начале своих статей (написанных на протяжении 1778—1783 гг.) дает превосходное обозрение трудов своих предшественников — Ньютона, Эйлера и Ламберта, но не делает сопоставления между теоремой Ньютона и ее аналитическим выражением, данным Эйлером и затем Ламбертом, причем, отмечая важность этого выражения для решения поставленного вопроса, он приписывает его Ламберту, а не Ньюtone и Эйлеру».

«В 1816 г. вышел из печати второй том второго издания „Аналитической механики“, в котором лишь через 3 года после смерти Лагранжа можно было прочесть: „Эта изящная формула была дана Эйлером...“. Ее можно вывести из леммы X третьей книги „Начал“, переводя на анализ то построение, которым Ньютон определяет скорость, с какою комета, двигаясь равномерно, прошла бы длину, равную хорде, в то же самое время, в течение которого она описывает соответствующую этой хорде дугу параболы».

«Казалось бы, вопрос ясен и приоритет Ньютона восстановлен. Однако проходит еще 100 лет, а в любом руководстве по определению орбит комет и планет и в том числе в современных английских трактатах приводится аналитическая формула, приписываемая то Эйлеру, то Ламберту, и во всех случаях без упоминания ее подлинного автора. Более того, в фундаментальном астрономическом руководстве Баушингера, изданном в 1906 г., о ньютоновском способе определения параболических орбит сказано: „Чего недостает этой методе, чтобы быть совершенной, это собственно теоремы Эйлера—Ламберта“».

«Так пишется история!» — восклицает в конце приведенной выше исторической справки А. Н. Крылов и приступает к подробному изложению теоремы Ньютона и данного им доказательства, а также аналитического представления этой теоремы в форме, предложенной Лагранжем, и ее выводов, принадлежащих Эйлеру и Ламберту.

Окончательно восстановив историческую справедливость, а главное, обратив внимание читателя на не использованное до сего времени богатство идей Ньютона, отличающихся изумительной глубиной и проникновенностью, Алексей Николаевич на рассмотренном примере поучает, «насколько важно при изучении хода развития какого-нибудь вопроса обращение к первоисточникам».

Перу Крылова принадлежат две другие статьи, опубликованные в 1925 г. в том же астрономическом журнале Английского королевского общества, председателем которого Ньютон состоял 25 лет. Одна из них посвящена доказательству формулы Ньютона, определяющей притяжение сфероидом точки, лежащей на его оси, выполненному в современной символике, но с сохранением особенностей ньютоновского изложения. Другая статья — «О методе Ньютона определения параболической орбиты кометы» — содержит изложение лемм VII—XI книги I «Начал», лежащих в основе этого метода, а затем и решение основной задачи XXI (предложение XLI) книги III — «Определить по заданным трем наблюдениям орбиту кометы, движущейся по параболе». Содержание статьи иллюстрируется примером определения орбиты кометы 1680 г. Во введении ко второй работе Алексей Николаевич писал: «Моя цель — привлечь внимание к этим изумительным страницам Ньютоновых „Начал“ и обнаружить, что они в такой же мере совершенны, как и все, что Ньютон когда-либо писал».

Характеризуя астрономические работы А. Н. Крылова, опубликованные в 1911—1935 гг., профессор Н. И. Идельсон<sup>2</sup> отмечал: «Тут видно какое-то чувство долга с его стороны, ибо раз он открыл некую общечеловеческую ценность, он должен ее разъяснить и сделать доступной и близкой широким кругам людей, интересующихся данным вопросом». Воспитывая бережное отно-

---

<sup>2</sup> Там же.

шение к «любой букве и цифре» богатейшего наследства классиков науки, к которым он относил Галилея, Ньютона, Эйлера, Лагранжа, Остроградского, Чебышева, Ляпунова, Жуковского и других выдающихся ученых, Алексей Николаевич неоднократно обращал внимание своих читателей и слушателей, в первую очередь «молодой научно-технической поросли», что труд, затраченный на изучение этого богатства и его творческую реконструкцию, окупится «не седмирицею, не сторицею, а числами, для которых в древнем языке не было названий».

Особое место среди трудов А. Н. Крылова в области астрономии занимает «Ньютонова теория астрономической рефракции», опубликованная в 1935 г. Здесь Крылов выступает и как блестящий знаток астрономии, и как непревзойденный в истории науки реставратор идей великого английского ученого: он восстанавливает нигде не опубликованную теорию Ньютона только лишь на основе одной теоремы, приведенной им без доказательства в письме к директору Гриничской обсерватории Флемстиду, и на базе одной леммы из «Математических начал натуральной философии».

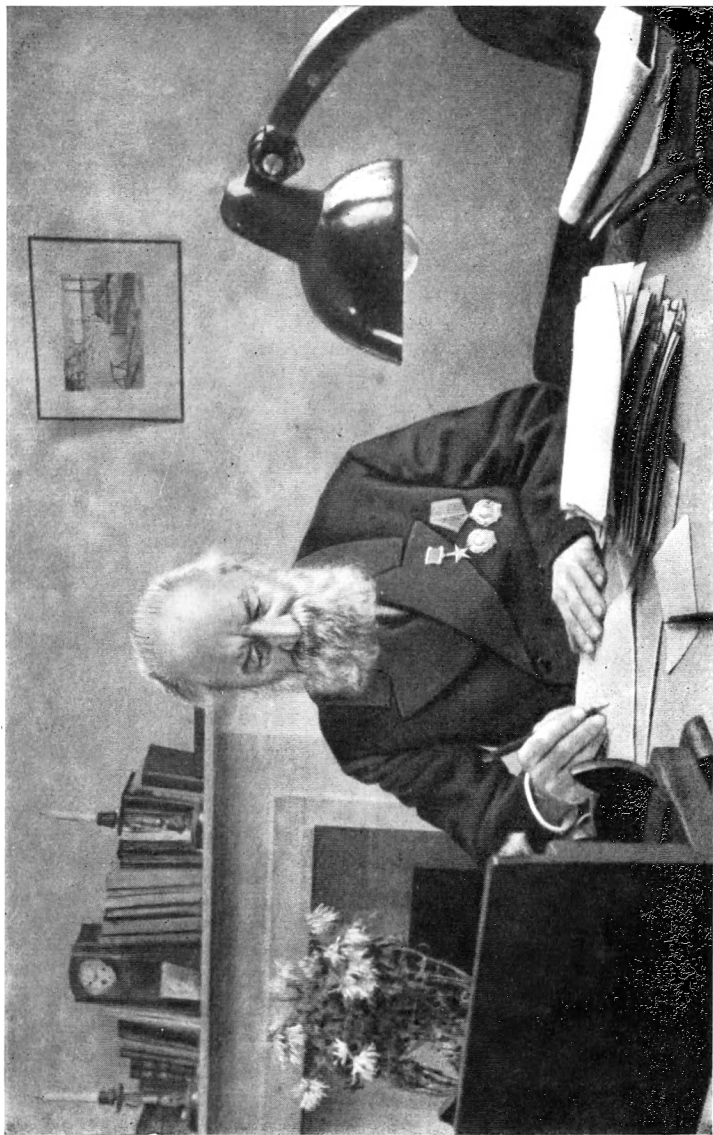
История возникновения этой работы изложена во введении к ней: «В 1832 г. на чердаке одного дома в Лондоне была обнаружена коробка, содержавшая разного рода рукописи и старые письма. По ближайшем рассмотрении оказалось, что в числе этих бумаг имеется 27 писем Ньютона Флемстиду... Эти бумаги были доставлены вице-президенту Лондонского астрономического общества Фр. Балби, им приведены в порядок... и все представлено Королевскому обществу (Лондонская академия наук), по постановлению которого все это в 1835 г. было издано в виде громадного тома в 700 страниц на средства, отпущенные Адмиралтейством.

«Книга эта... в продажу не поступала, а была разслана обсерваториям, научным учреждениям и известным астрономам того времени, так что теперь эта книга довольно редкая (я случайно ее купил за 2<sup>1</sup>/<sub>2</sub> шиллинга на барахолке в Лондоне)».

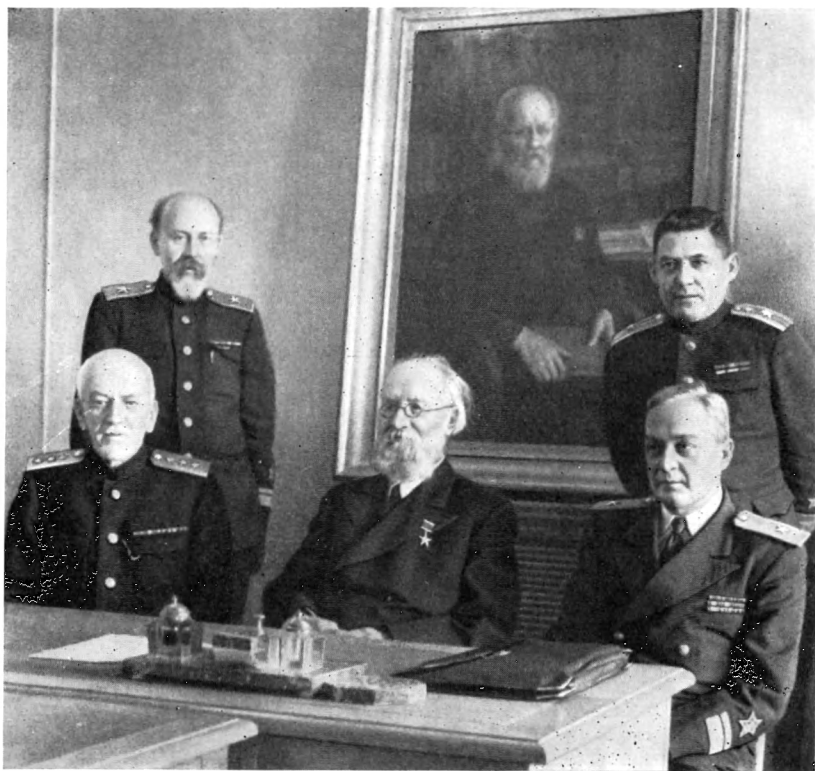
В опубликованной переписке имеется письмо от 17 ноября 1694 г., в нем Ньютон послал Флемстиду таблицу астрономической рефракции, «вычисленную при помощи некоторой теоремы», которая в этом письме, однако, не приводится. В следующем письме от 4 декабря 1694 г. Ньютон просит Флемстида не оглашать полученную таблицу и обещает прислать ему другую, вычисленную на основе более точных предположений. Существо вопроса можно уяснить из приводимого третьего письма Ньютона:

«Кембридж, декабрь 20, 1694 г.

«Сэр! Я не держал в секрете основания, послужившего для составления таблицы рефракции, но опустил его вследствие поспешности, с которою я писал мое последнее письмо. Согласно Вашему желанию, я изложу его теперь.



Алексей Николаевич Крылов в рабочем кабинете в г. Москве (1945 г.).



А. Н. Крылов в Военно-морской академии кораблестроения и вооружения (сентябрь 1945 г.). Сидят (слева направо): профессор инженер-вице-адмирал А. П. Шершов, А. Н. Крылов, начальник академии контр-адмирал М. И. Акулин; стоят: член-корреспондент АН СССР инженер-контр-адмирал П. Ф. Папкович и заместитель начальника академии инженер-контр-адмирал Г. В. Штейнберг.



«Пусть (рис. 14)  $AK$  представляет земной шар; предположим, что этот шар покрыт атмосферой, плотность которой убывает равномерно от поверхности Земли до верхней границы атмосферы, представленной здесь кругом  $MOP$ . Пусть луч  $SO$  падает на границу атмосферы в точке  $O$  и при прохождении через атмосферу до наблюдателя  $A$ , непрерывно преломляясь, изгибается в кривую  $OBA$ .

«От произвольной точки  $B$  этой кривой проводится прямая  $BC$  к центру Земли, пересекающая поверхность Земли в точке  $D$ . Берем между  $CB$  и  $CD$  среднюю пропорциональную  $CF$ , и пусть  $AFCG$  есть геометрическое место точек  $F$ , т. е. та кривая, на которой постоянно находится точка  $F$ ; если эта кривая  $AFCG$  пересекает прямую  $OC$  в точке  $G$ , то полная рефракция луча, проходящего от  $O$  к  $A$ , пропорциональна площади  $AFCG$ , рефракция же при прохождении частей  $OB$  или  $BA$  сказанной кривой пропорциональна площадям  $GFCC$  и  $FACF$ .

«Эта теорема может быть доказана геометрически, но доказательство слишком сложно для изложения в письме.

«Так как таблица рефракции, вычисленная мною на основании этой теоремы, согласуется с Вашими наблюдениями гораздо лучше, нежели обычные таблицы, то я полагаю, что Вы признаете, что эта теорема представляет лучшее основание, нежели обычное предположение об однократном преломлении на границе атмосферы».

По поводу этого письма Ньютона Крылов делает следующее замечание: «Кривая  $OBA$  неизвестна, и длины  $BC$  и  $CD$ , между которыми надо брать среднюю пропорциональную  $CF$ , также не известны, Ньютон же никаких указаний о построении кривой  $OBA$  не дает, и так как Флемстид не настолько владел „прямым и обратным методом флюксий“, чтобы самому уравнение этой кривой вывести, то едва ли из теоремы Ньютона он уяснил себе способ составления таблицы рефракции».

Прежде всего А. Н. Крылов доказывает теорему Ньютона и устанавливает выражение для рефракции  $\Omega = Z - z$  (рис. 14), которое в предположении, что коэффициент преломления убывает равномерно от поверхности Земли до границы атмосферы, обладает тем основным свойством, которое указано в письме от 20 декабря 1694 г. Далее в соответствии с леммой V книги III «Начал» он устанавливает, каким образом Ньютон вычислял искомые

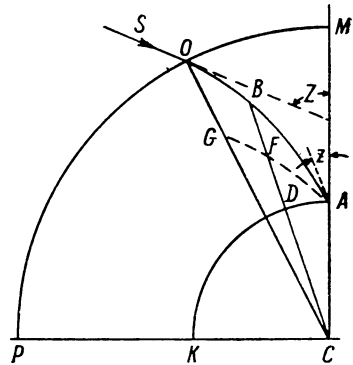


Рис. 14. Иллюстрация к письму Ньютона Флемстиду.

площади: «Если взять на той кривой, площадь которой ищется, какое-либо число точек и вообразить, что через них проведена парабола, то площадь этой параболы будет приблизительно равна искомой площади кривой; площадь же всякой параболы всегда может быть найдена по известным геометрическим способам».

Кроме того, академик Крылов выводит дифференциальное уравнение искривленного луча (на рис. 14 кривой *ОВА*), которое Ньютон проинтегрировал численно: это был первый в истории науки пример применения подобного метода решения дифференциальных уравнений, получившего теперь самое широкое распространение в различных приложениях математики к техническим вопросам.

Далее, придерживаясь тех методов, которыми пользовался Ньютон, Алексей Николаевич получает расчетные формулы, служащие для вычисления первой таблицы астрономической рефракции, и сличает найденные по ним числа с данными, сообщенными Ньютоном при письме Флемстиду от 17 ноября 1694 г. При  $z$  меньшем  $80^\circ$ , обе таблицы (ньютоновская и полученная Крыловым) совпадают; расхождения наблюдаются лишь при больших  $z$ , где, как показал А. Н. Крылов, автор «Начал» ввел в свою расчетную таблицу эмпирическую поправку на основе сообщенных ему наблюдений Флемстида и «не счел нужным это объяснять Флемстиду, как не счел нужным ни давать ему полного изложения своей первой теории, ни даже намека, как им вычислена вторая таблица».

Остальная часть труда Крылова посвящена изложению второй теории Ньютона, «поскольку о ней можно догадываться по кратким его указаниям». Используя ссылку Ньютона на предложение XXII книги II «Начал», вскрывающее закон изменения плотности атмосферы, Алексей Николаевич устанавливает выражение для коэффициента преломления, которым, по-видимому, пользовался автор нигде не опубликованной и не сохранившейся в рукописях теории астрономической рефракции. Усложнение получается существенным, но и в этих условиях расчеты доводятся до численных результатов, согласующихся с данными наблюдений.

Заключая изложение своей работы, А. Н. Крылов отмечал: «Во все эти подробности я вошел, чтобы показать, насколько полна и обща та теория астрономической рефракции, которую Ньютон создал в конце 1694 г. и начале 1695 г., но которой он, к сожалению, не опубликовал. Если развить, как это сделано здесь, Ньютонову теорию теми элементарными методами анализа, которыми Ньютон обладал, и сравнить ее с современными теориями, то сразу можно заметить, сколь простое и естественное получается изложение и сколь мало к нему, по существу, за 240 лет прибавлено. Поэтому мне кажется, что эта теория, как

основная, достойна подробного и внимательного изучения, а не того беглого о ней упоминания или полного умолчания, как это делается во всех известных мне учебных руководствах по астрономии».

Своей работой «Ньютонова теория астрономической рефракции» академик Крылов показал непревзойденный пример восстановления «потерянного» научного наследства: во всех деталях воспроизведя ход мыслей Ньютона и полностью сохранив его стиль, Алексей Николаевич не только разрешил своеобразный историко-астрономический ребус, получив именно те две таблицы рефракции, которые лишь и были даны Ньютоном, он целиком реставрировал все законченное исследование и поныне практически важного вопроса, вооружив современную науку мощным средством решения многих астрономических задач.

В предыдущих главах книги уже упоминался перевод знаменитой работы Л. Эйлера «Новая теория Луны», который был выполнен А. Н. Крыловым с прибавлениями и примечаниями, по своему объему превышающими текст оригинала.

Внимание, которое в те времена приковывало к себе движение постоянного спутника Земли, Алексей Николаевич поясняет в заключительной части доклада о Леонарде Эйлере, прочитанном в 1933 г.: «После открытия на рубеже XVI века Америки, пути в Индию кругом мыса Доброй Надежды, наконец, кругосветного плавания Магеллана мореходство было выведено из бассейна Средиземного моря и от побережья Европы на простор океанов; явилась настоятельная надобность в способах астрономического определения как места корабля на море, так и географического положения вновь открываемых земель... Одна из географических координат — широта места определялась весьма просто или по полуденной высоте Солнца, или по высоте Полярной звезды, для определения же второй координаты — долготы, можно сказать, никаких методов не было».

«С развитием мореплавания и торговых сношений с Индией и Китаем задача об определении долготы корабля на море становилась все более и более настоятельной, так что в 1714 г. по предложению Ньютона английский парламент издал постановление о выдаче премии в 20 000 фунтов стерлингов тому, кто изобретет способ определения долготы на море с точностью до полуградуса, причем были подробно оговорены условия выдачи этой премии, по тогдашним ценам равнозначной теперешним 200 000 фунтам стерлингов, т. е. двум миллионам рублей золотом».

«Определение долготы места основано, как известно, на сличении в один и тот же момент времени местного и времени в Гриниче, от меридиана коего считаются долготы. Местное время определяется легко по наблюдению, скажем, Солнца, главнейшая трудность состояла в определении времени в Гриниче».

«В каждый момент времени Луна занимает на небе определенное место по отношению к другим светилам, а значит, и наоборот, определив это место, можно найти соответствующее всеобщее время, скажем, гриничское. . . Ясно, — заключает А. Н. Крылов, — что для этого надо было знать точный закон движения Луны».

Ньютон, за ним Клеро и Эйлер в своей первой теории Луны для предвычисления места светила в заданный момент времени сначала находят мгновенное положение орбиты, а затем и место Луны на этой кривой.

Принципиально отличный путь избрал Эйлер в «Новой теории Луны», изучая движение светила по отношению к двум прямолинейным прямоугольным системам координат: одна из них служит для определения так называемого переносного движения системы Земля—Луна по отношению к Солнцу, вторая — для исследования движения Луны по отношению к Земле. Алексей Николаевич отмечает «весьма удачный выбор» координатных систем, принятых Эйлером: первая — «неподвижная» — естественно, имеет начало в центре Солнца, причем в одной из координатных плоскостей в соответствии с законами Кеплера постоянно находится центр масс системы Земля—Луна. При выборе второй группы координатных — подвижных — осей используется то обстоятельство, что проекция прямой, соединяющей центры Луны и Солнца, на указанную выше плоскость совершает вокруг начала неподвижной системы «вращательное движение, немногим отличающееся от равномерного, представляющего так называемое среднее движение Луны по долготе». Если принять за единицу длины среднее расстояние от Земли до Солнца, то относительные координаты центра Луны, очевидно, будут выражаться малыми величинами; по их степеням удобно разлагать соответствующие функции в ряды, ограничиваясь при этом немногими первыми членами, как это и делает Эйлер.

Автор «Новой теории Луны» предназначал свой труд для астрономов. Между тем многие задачи современной техники и в особенности изучение колебательных процессов приводят к системам дифференциальных уравнений нелинейных либо линейных, но с переменными коэффициентами, т. е. именно таких уравнений, которые рассматривает Эйлер в своем труде. Желая помочь научным работникам и инженерам в решении насущных прикладных задач, академик Крылов и перевел те части знаменитого сочинения, которые содержат составление уравнений движения Луны и изложение общего метода их интегрирования, а также численное развитие этого метода и типичные примеры его применения, опуская разделы, представляющие узко специальный интерес лишь для астрономов.

«Само собой разумеется, — писал Алексей Николаевич в предисловии к переводу, — что едва ли какой-либо техник или инже-

нер, встретив в своем деле уравнения, подобные рассмотренным Эйлером, станет искать их решение в сочинении, изданном в 1772 г. под заглавием „Theoria Motuum Lunae, nova methodo pertractata“; по большей части он не будет иметь к тому и возможности, ибо это сочинение можно найти в очень немногих библиотеках».

Исходя из интересов новых широких групп читателей, А. Н. Крылов дополнил свой перевод «Прибавлениями и примечаниями», содержащими все необходимые сведения для ясного понимания оригинального текста Эйлера.

Необходимость в этих «Прибавлениях» диктовалась еще одним немаловажным для техников обстоятельством. При решении нелинейных дифференциальных уравнений движения Луны следовало ввести в рассмотрение частоту основных колебаний, измененную присутствием нелинейных членов. Ее значение определяется некоторым уравнением, составить которое Эйлер «не отважился», а определил искомую частоту из астрономических наблюдений, или, как он сам выразился, взял ее с «неба».

В тех случаях, когда техник не располагает таким «небом», т. е. не может прибегнуть к опытным данным, А. Н. Крылов рекомендует обратиться к работе астронома Хилла, давшего метод составления и решения уравнения для определения измененной частоты колебаний системы; изложение метода Хилла также включено в «Прибавления».

Так из недр громадного многообразия сочинений знаменитейшего петербургского академика Леонарда Эйлера Алексей Николаевич поднял «на гора» то, которое от лунной теории ведет непосредственно к актуальнейшим задачам современной техники.

Сам Крылов в конце предисловия к переводу «Новой теории движения Луны» писал, что целью его труда являлось сделать методы Эйлера «доступными техникам и инженерам» и что эта цель «вполне соответствует потребностям нашего великого строительства». Постоянное глубокое и полное удовлетворение этих потребностей служило основой замечательной жизни академика Крылова в послеоктябрьский (1917 г.) период его деятельности и определило также и ту направленность его многогранной работы, для которой история науки и сама наука представляют неразрывное целое: у Алексея Николаевича научный процесс не мыслим без широких исторических перспектив, а история науки для него заключается в ее развитии и творческой реконструкции.

## Педагогические взгляды А. Н. Крылова

Более чем полувековая педагогическая деятельность академика Крылова в различных высших учебных заведениях, в первую очередь в Морской академии, многочисленные семинары, проведенные Алексеем Николаевичем в научно-исследовательских институтах и на заводах, руководящее участие в реорганизации высшей школы и в создании новых учебных заведений и факультетов сконцентрировали в нем такой громадный опыт, который равносителен опыту нескольких поколений.

Приведем здесь основные этапы этой многообразной деятельности. Как уже отмечалось в предшествующих главах книги, еще в 1885 г. А. Н. Крылов руководил занятиями офицеров, прикомандированных к компасной части Главного гидрографического управления для изучения методов уничтожения девиации компасов. В октябре 1890 г. он был назначен штатным преподавателем Морского училища, а с осени 1891 г. начал свою педагогическую работу в Морской академии по теории корабля, которую с небольшими перерывами Алексей Николаевич вел вплоть до 1938 г., когда в последний раз в 75-летнем возрасте прочел полный курс качки судов. Кроме того, Крылов систематически читал слушателям академии основные математические дисциплины (сферическую тригонометрию, аналитическую геометрию, дифференциальное и интегральное исчисления и др.) и поставил ряд новых курсов, из которых в первую очередь должны быть названы курс вибрации судов (1901 г.) и лекции о приближенных вычислениях (1906 г.).

В августе 1910 г. Алексей Николаевич назначается ординарным профессором Морской академии, а в октябре 1913 г. утверждается в звании ее заслуженного профессора.

Педагогическая работа А. Н. Крылова не замыкалась в стенах одной лишь Морской академии. В 1906 г. он прочел курс лекций о приближенных вычислениях на вольном математическом факультете, руководимом профессором Н. М. Гюнтером. Несколько раз он читал систематический курс вибрации судов студентам кораблестроительного факультета организованного в те годы Политех-

нического института, а затем и в выделившемся из него Ленинградском кораблестроительном институте. В 1911—1913 гг. А. Н. Крылов состоял экстраординарным профессором Петербургского института инженеров путей сообщения, в котором он прочитал полный курс теоретической механики. Лекции о приближенных вычислениях и о методах интегрирования дифференциальных уравнений математической физики Крылов в различные годы читал в стенах Ленинградского университета. Совместно с профессором Ю. А. Крутковым в Физико-математическом институте АН СССР Алексей Николаевич прочел группе слушателей Военно-воздушной академии в 1931 г. систематический курс общей теории гироскопов и некоторых технических их применений.

Особенно разнообразной была педагогическая деятельность академика Крылова в аудиториях научно-исследовательских институтов и на заводах. Необходимость в прочтении соответствующего курса лекций выяснялась, как правило, в процессе консультаций, которые Алексей Николаевич систематически проводил во многих учреждениях и на предприятиях. Так, в связи с работами, выполнявшимися инженерами и техниками Эпрона, Крылов прочитал для них цикл лекций по теории судоподъема. В Научно-исследовательском институте военного кораблестроения для обобщения результатов модельных и натурных испытаний кораблей понадобился систематический курс, построенный на базе метода наименьших квадратов. Так как многие задачи строительной механики корабля, разрешавшиеся в конструкторских бюро судостроительных заводов, приводили к необходимости решения немалочисленной системы линейных алгебраических уравнений, Алексей Николаевич прочел в заводских аудиториях курс лекций по соответствующему разделу высшей алгебры. Инженеры-конструкторы Ленинградского металлического завода, научные работники Артиллерийского научно-исследовательского морского института и инженеры других ленинградских предприятий с большим удовлетворением прослушали цикл лекций А. Н. Крылова по аналитическим и численным методам приближенного интегрирования дифференциальных уравнений и по теории колебаний. Общей характерной особенностью перечисленных курсов служила их практическая целенаправленность, проявлявшаяся в первую очередь в доведении решений до численных результатов и притом с той степенью строгости, которая отвечает точности исходных данных и практическим техническим нуждам.

Сочетая педагогическую работу с научно-исследовательской и инженерной работой государственного масштаба, Алексей Николаевич особенно остро ощутил недостатки в подготовке квалифицированных кадров для промышленности и Военно-Морского Флота. В 1895—1905 гг. он принимает активное участие в работе комиссии по улучшению морского образования и вносит ряд конкретных эффективных предложений, изложенных в трех доклад-

ных записках, которые в дальнейшем будут приведены в выдержках. В 1898 г. на заседании Русского технического общества А. Н. Крылов выступает с докладом «Об учреждении в Нижнем Новгороде, как центре Волжско-Камского бассейна, высшего учебного заведения со специальными курсами по речному пароходо- и судостроению». Совет общества поддержал предложение Алексея Николаевича и постановил «войти с ходатайством по этому вопросу перед правительством». Во введении к книге уже отмечалась роль А. Н. Крылова в создании Петербургского политехнического института, которая проявилась не только в инициативной постановке вопроса, но и в детальной разработке учебного плана и программ будущего кораблестроительного факультета. Аналогичную по своему характеру работу Крылов провел после назначения его начальником Военно-морской академии в 1919—1921 гг. Наряду с созданием нового тогда факультета оружия им был коренным образом реорганизован учебный процесс на других факультетах академии. По этому поводу спустя 25 лет Алексей Николаевич писал: «Не следует думать, что это была простая работа. Надо было выработать целевые установки каждого отдела (факультета) и каждого предмета, согласовать с ними программы курсов, выяснить, для чего нужен тот или иной отдел математики, теоретической механики и физики... Само собой разумеется, что за 25 лет ни техника морского дела, ни военно-морские науки не стояли на месте, но вложенные при составлении устава и программ принципы оказались правильными и Военно-Морская академия заслужила доверие флота».

Из этого краткого обзора основных этапов педагогической и организационно-методической деятельности А. Н. Крылова ясно, сколь большое значение имеет изучение педагогических взглядов Алексея Николаевича, проверенных самой жизнью и оказавших значительное влияние на развитие образования в нашей стране.

Еще в 1895 г. в связи с обсуждением постановления дела в Морском корпусе А. Н. Крылов восставал против «ставшей обычаем практики давать всем не выдержавшим экзамена переэкзаменовки по трем и четырем предметам... да не по одному разу из каждого предмета, а по несколько раз». По этому поводу в первой докладной записке, адресованной в Комиссию Морского ведомства, Алексей Николаевич писал: неуспевающего юношу «экзаменуют до тех пор, пока он или попадет к снисходительному экзаменатору или ответит на вопрос, который он случайно знает. Иногда он и сразу выдерживает переэкзаменовку благодаря искусному репетитору, который в три дня сумел заставить ученика запомнить нужные ответы на все вопросы программы, чтобы тотчас же после экзамена он их забыл». К чему приводит подобная зубрежка в отсутствие систематической учебы на протяжении всего года можно судить по дальнейшему «продвижению в науку» молодого кадета: он «удивляет преподавателя своими необычайными отве-



тами по начертательной геометрии, аналитической геометрии, дифференциальному исчислению, астрономии, навигации, механике. Эти ответы влекут за собою целый часток столбцов в журнале — видимых знаков малоуспешности по специальным предметам, а в сущности выражающих лишь незнание алгебры, геометрии, плоской тригонометрии».

Во второй докладной записке, датированной 1896 г., А. Н. Крылов обращал внимание на основной порок системы морского образования в дореволюционной России: «Держится мнение, что в Морской корпус можно поступить, лишь имея так называемую протекцию, поэтому на экзамены стали являться конкуренты все в меньшем и меньшем числе, которое теперь стало равным или немногим больше числа имеющихся вакансий, вследствие чего экзамен бесполезен, ибо он не дает возможности отобрать самых способных и наилучше подготовленных конкурентов, а поневоле приходится принимать огулом всех и выдержавших и невыдержавших. Такой порядок комплектации корпуса равносителен желанию создать привилегированную касту, которая бы сама себя пополняла, но такая каста именно в силу своего привилегированного положения осуждена на упадок и вымирание — лишь борьба и конкуренция ведут к совершенствованию. Таким образом, пока не будут изменены условия приема в корпус, никакими мерами нельзя будет поднять уровня развития кадет и уровня успешности их учебных занятий». И далее Крылов иронически заключает эту часть записки: «Судить о том, кого принимать в Морской корпус, кроме сыновей флотских офицеров, — детей ли особ первых трех классов или дворян, записанных в шестую книгу, или допустить и записанных в третью часть, или, допуская детей гвардейских офицеров, не допускать детей офицеров армейских, — я не берусь, ибо не имею данных о том, в какой зависимости находится умственное и нравственное развитие сыновей от общественного положения их родителей, но многие примеры показывают, что эта зависимость бывает не прямою, а обратною».

К аналогичному вопросу — о системе комплектования средней школы — А. Н. Крылов возвращается в 1900 г. в своих выступлениях в качестве представителя Морского ведомства в Комиссии по улучшению среднего образования, возглавлявшейся министром народного просвещения. Отстаивая в качестве основных принципов свободу выбора школы по индивидуальным способностям учащихся и равноправность различных школ для дальнейшего продолжения образования, Алексей Николаевич говорил: «Меня не учили ни риторике, ни философии; лишь изредка капитаны с командного мостика под сердитую руку давали нам образцы занозистой элоквенции; поэтому я приучен высказывать истину, хотя бы она была и горькая, говорить правду, хотя бы она и колола глаза, и всякую вещь называть своим именем, не прибегая

к обинякам; иначе я не умею ни думать, ни говорить... Когда школа, кроме прямой и единственной своей задачи — просвещать, принимает на себя одну из обязанностей городского — не пущать, то можно ли было ожидать иного результата, не жели тот, для обсуждения которого нас сюда собрали.

«До какой степени дух „непущания“ вкоренен в приверженцев классической системы, видно из того, что и в нашей комиссии раздавались голоса о том, чтобы реалистов не допускать в университет, и как мотив приводилось опасение, что такое допущение могло бы вызвать переполнение существующих университетов и могло бы потребовать основания новых; как будто бы об этом страшно и подумать у нас, где на 15 миллионов жителей приходится по одному университету; а ведь 15 миллионов есть совокупное население пяти государств: Швеции, Норвегии, Дании, Голландии и Швейцарии...»

«В заключение, — говорил А. Н. Крылов, — выскажу пожелание, чтобы та школа, которая будет выработана как результат трудов этой комиссии, не подвергалась бы тому упреку, как школа реформы 1871 г., чтобы эта школа имела только одну задачу — просвещение, а недопущение было бы предоставлено другому ведомству».

Другой, «внутренний недостаток» системы среднего образования капитан Крылов усматривал в «излишнем множестве предметов и неудовлетворительности их программ». В докладной записке 1896 г. по этому вопросу он писал: «При преподавании русского языка — первое требование, чтобы будущий морской офицер учился ясно, толково и грамотно выражать свою мысль. Его же учат и славянской грамматике с аористами, и правилам стихосложения, требуют, чтобы он умел отличать и ямб от хоря, и анапест от амфибрахия, чтобы он из риторики знал, что такое синекдоха, метонимия, гипербола, параболы и прочую схоластическую премудрость времен Петра Могилы и Симеона Полоцкого... В результате оказывается, что синекдоху знают, амфибрахий с амфибией не смешивают, а десяти слов толково и грамотно написать не умеют. В подобном же положении находится преподавание истории, отчасти географии, о так называемом естествоведении и говорить нечего, стоит только просмотреть учебник этого предмета, чтобы убедиться, что преподавание его в классе совершенно бесполезно».

Читателю, воспитанному в современной школе, изложенные факты представляются «делами давно минувших дней». Тем более важно в соответствующей исторической обстановке оценить принципиальность и остроту критических выступлений А. Н. Крылова, направленных на улучшение народного образования. В этом вопросе для него не было «мелочей», и когда (уже в наше время) Алексей Николаевич ознакомился с циркуляром, которым предписывалось с целью экономии бумаги делать набор для всех изданий сплошным, он незамедлительно представил в Академию наук сле-

дующее заявление, датированное 29 июня 1937 г.: «Согласно циркуляру сплошным (т. е. без шпон) набором должны печататься десятки миллионов экземпляров стандартных учебников для средних и высших школ. Здесь экономия бумаги будет достигнута за счет порчи зрения нашей молодежи и развития у нее прогрессивной близорукости. В самом деле, каковы будут через пять-шесть лет те вновь поступающие в Армию „ворошиловские стрелки“ с их близорукими глазами? Докладывая эти соображения Академии наук, я со своей стороны полагаю, что если Академия признает их правильными, то соответствующее постановление Общего собрания должно быть доложено Совету Народных Комиссаров и копия его препровождена Маршалу Советского Союза К. Е. Ворошилову, ибо острота зрения есть важнейшее качество всякого бойца, и при применении указанного циркуляра надо распоряжаться так, чтобы экономией бумаги не нарушалось важнейшее требование обороны, а, напротив, прилагалась бы всемерная забота о сохранении, я сказал бы более, о развитии остроты зрения учащейся молодежи».

Основные взгляды академика Крылова на подготовку высшей школой квалифицированных специалистов для промышленности и Военно-Морского Флота наиболее полно отражены в его трудах — учебниках и монографиях, рассмотренных в предыдущих главах книги. В своих работах математического характера Алексей Николаевич всегда подчеркивал, что его исследования вызваны запросами практики. При решении фундаментальных задач в различных областях технического знания математика постоянно служила ему основным методом. Блестящий знаток классической математической физики XVII, XVIII и первой половины XIX в. и яркий последователь Петербургской математической школы, Крылов не чувствовал симпатии к тому критическому пересмотру классического наследия, который начался в конце XIX в. и заключался в наведении повышенной математической строгости изложения и построении абстрактных теоретических схем. Признавая «законность» и общетеоретическую ценность этого нового направления, А. Н. Крылов оставался всецело на позициях «старых авторов», полагая, что инженеру и технику нужна повседневно разумная строгость, а не та безупречная утонченная ее степень, которая связана с большим числом оговорок и обычно требует доказательства таких положений, которые от его наличия не становятся более ясными.

Эти взгляды Алексея Николаевича были им отчетливо сформулированы еще в 1916 г. в работе «Учение о пределах, как оно изложено у Ньютона». Возникновение этой работы связано с обсуждением в математическом отделе Педагогического музея военно-учебных заведений методики изложения в курсе геометрии средней школы тех вопросов, которые затем развиваются в математических дисциплинах вузов. В предисловии к ней А. Н. Крылов писал: «Учение о пределах составляет теперь не только основание исчис-

ления бесконечно малых, но служит для установления известнейших теорем элементарной геометрии и входит поэтому в курс как высшей, так и средней школы.

«В последние 40 или 30 лет большая часть первоначальных положений и определений основных математических понятий подверглась обстоятельнейшей критике, приведенной, с одной стороны, к уточнению этих понятий и полной логической строгости выводов, но зато, с другой стороны, это уточнение и строгость повели к растянутости многих рассуждений и к утрате, так сказать, наглядной самоочевидности».

Отмечая, что в общем ходе развития науки новое направление имеет весьма важное значение, Алексей Николаевич вместе с тем указывал: «Стремление к полной строгости ведет к тому, что многие истины, кажущиеся при самом простом и как бы обыденном взгляде на дело совершенно очевидными без доказательства, приходится подтверждать длинными доказательствами, ибо эти истины надо свести к сделанным аксиомам, не допуская никаких других положений, ни свидетельства чувства и здравого смысла, а основываясь лишь на последовательно и точно проводимом отвлеченном рассуждении».

«Такое направление преподавания, как мне кажется, а я в этом еретик, уместно в университетах, да и то на старших курсах, а не для начинающих, и совершенно неуместно в средней школе, а в особенности в школах технических-прикладных. . .

«В технической школе такая постановка преподавания противоречит самому духу школы, всей дальнейшей деятельности ее питомцев, самому ее назначению, — прежде всего вырабатывать сметку, глазомер, решимость, веру в чертеж и в свидетельства чувств, а не ту как бы умственную трусость, которая заставляет изыскивать доказательства таких истин, которые технику кажутся до доказательства яснее, нежели после такого».

«Такое направление преподавания вселяет технику полное отвращение, он переносит его на самый предмет, т. е. на математику, и приходит к заключению, что она не только не составляет могучего орудия в его деле, а просто есть какое-то толчение воды в ступе, утонченная же строгость доказательств представляется ему „торжеством науки над здравым смыслом“, по насмешливому выражению моего приятеля, истинного техника, директора одного из величайших русских предприятий, на котором работает от 18 000 до 20 000 человек».

Противопоставляя утонченной строгости «новой математики» разную строгость классиков математической физики, А. Н. Крылов писал в предисловии к работе: «Не следует ли обратиться к самим великим творцам науки и посмотреть, как они излагали, и не считать недостаточно „строгим“. . . например, то, на чем сам Ньютон обосновал все современное учение» о механическом взаимодействии материальных тел и законах их движения.

К цитированным выше положениям академик Крылов неоднократно возвращался и в последующие годы, обращая постоянно внимание на недопустимость в технической школе чрезмерной строгости доказательств, подобно таким, когда вместо 5 мин. теорема о производной сложной функции выводится в течение часа (и притом лишь для того, чтобы по всем правилам «новой математики» обойти особый случай); не любил Алексей Николаевич и теорем о существовании, в результате которых после нескольких часов упорного труда учащийся убеждается в том, что, скажем, искомый предел существует, но по-прежнему не знает, как его найти.

В 1931 г. академик Крылов выступает с двумя статьями, одна из которых — «Задачи и метод преподавания математики в Высшей технической школе» — служила введением к брошюре «Высшая математика», изданной Институтом заочного технического образования при Всесоюзном совете научно-технических обществ; вторая статья — «Прикладная математика и ее значение для техники» — была прочитана в качестве доклада на сессии Академии наук СССР в июне 1931 г. и издана отдельной брошюрой.

В первой из статей А. Н. Крылов обращает внимание на две главные цели, которые могут быть поставлены при изучении математики: отвлеченную — чисто научную и практическую — прикладную, и поясняет далее, какое содержание курса и какие способы его изложения отвечают этим целям: «При отвлеченном изучении имеется главным образом в виду ознакомление с самою наукою в современном ее состоянии, развитие способности к точному мышлению и строгому рассуждению, независимо от каких-либо приложений науки к частным вопросам жизни. Инженер же в своей практической деятельности бывает постоянно вынужден делать свои заключения, руководясь „здоровым смыслом“ или „глазомером“, и притом в тех трудных случаях, когда расчет бессилен или когда надо устанавливать самые данные или допущения для расчета.

«Таким образом, к курсу математики техник предъявляет свои требования и свои запросы, с которыми и надо считаться. Он изучает математику с целью практической, прикладной и рассматривает ее не как самостоятельный объект изучения, а как подсобное орудие, как инструмент для решения ряда вопросов, встречаемых в некоторой ограниченной области практической деятельности.

«Здесь полная строгость рассуждения не может быть проводима целиком: в вопросах практической деятельности не требуется абсолютно точных решений, в особенности в инженерном деле, ибо уже самое приведение вопроса к математической задаче здесь делается с помощью ряда допущений, не вполне точных. Наконец, самое исполнение изделия, для которого расчет производится,

не может быть абсолютно точным, а совершается с допусками и, достаточными для целей практики».

«Из этого, — заключает А. Н. Крылов, — однако, не следует, чтобы прикладное изучение математики сводилось к рецептуре или к умению пользоваться справочниками, ибо тогда оно сводило бы математику к орудью счета по готовым образцам и ее значение как орудия исследования утратилось бы. Но, понятно, прикладной характер должен оказывать существенное влияние на содержание и изложение курса».

Работа «Прикладная математика и ее значение для техники», являясь развитием предыдущей статьи, представляет собой одновременно очерк истории математики и техники, написанный ярким и образным крыловским языком.

В начале своего развития, за несколько сот лет до нашей эры, в школах древнегреческих философов математика приобрела те знакомые формы, которые воспринимаются как образец точных умозаключений и логически стройных способов доказательства сложных положений, базирующихся на простых аксиоматических предпосылках.

К тому времени в своем историческом развитии техника уже добилась громадных успехов. «Достаточно взглянуть, — писал А. Н. Крылов, — на мелкую, изумительно отчетливую резьбу иероглифов на сфинксе, стоящем в Ленинграде против Академии художеств, чтобы видеть, что эта резьба в твердейшем граните могла быть исполнена лишь острым твердым зубилом, теперь бы его сделали из лучшей инструментальной стали, а ведь сфинксу этому насчитывают не то 3500, не то 4000 лет. Значит, кто-то делал это зубило из какого-то металла, до сих пор не знают какого именно, кто-то добывал металлы из руды, кто-то подвергал их дальнейшей обработке, кто-то готовил из них инструменты, и, значит, была развита техника целого ряда производств, когда о математике как науке и помину не было».

В этом месте статьи Алексей Николаевич говорит о «разладе» между математикой и техникой, наблюдаемом еще с глубокой древности, и поясняет: «В технике все основано не на чистом умозрении и отвлеченной логике, а на свидетельстве чувств: техник должен видеть, слышать, осязать, нюхать, пробовать на язык, он должен развивать все свои чувства и верить им. Для него достаточно доказательство, математиком не признаваемое: надо то-то и то-то делать так-то и так-то, потому что если так делать, то получалось и получится хорошее изделие, поступи иначе — или ничего не получишь, или получишь дрянь; попробуй и убедишься».

Наступил XVI, а затем XVII век, когда в связи с развитием ремесла, мореплавания, торговли и военного дела начинается расцвет всех естественных наук. Далее Алексей Николаевич писал: «В последней четверти этого XVII века Ньютон кладет основание механике не только как науке математической, но вместе с тем и

как науке естественной, прикладной. Механика в его руках почерпает свои начала из опыта и наблюдения, результаты коих сведены им в три основных закона, или аксиомы движения; математические выводы из этих законов проверяются опять-таки опытом и наблюдениями и служат им неопровержимым подтверждением».

В конце XVIII в. зародилась новая отрасль промышленности — машиностроение, «где, подобно тому как в кораблестроении, простой глазомер также был недостаточен, надо было производить расчет как основных размеров машины, так и частей ее, чтобы придать им надлежащую прочность без излишней траты материала. Математика стала постепенно проникать в технику».

В конце XVIII в. в Париже основывается Политехническая школа, которая давала общую подготовку по математике, физике, химии и графическому искусству инженерам различных отраслей производства, и создаются специальные школы, где они получают дополнительные знания по кораблестроению, горному делу, топографии, военно-инженерному искусству и т. п. Вскоре питомцы этих школ оправдывают себя на всех поприщах, и «сознание пользы широкого математического образования для инженеров любой специальности начинает укореняться».

XIX век знаменуется замечательными работами Фурье, Коши, Пуассона, Гаусса и других выдающихся ученых, которые дают многочисленные примеры приложения математики к вопросам физики. Впоследствии они находят непосредственное применение при решении таких чисто технических проблем, как обеспечение нормальной эксплуатации первого телеграфного кабеля, проложенного через Атлантический океан, расчет и проектирование крыльев самолетов, уничтожение девиации магнитных компасов, производство электрических измерений и т. д.

Отмечая общность математического аппарата, приводящего к решению разных по своему физическому содержанию задач различных областей знания (например, расчеты движения небесных светил и теория качки корабля на волнении либо исследование колебаний вала двигателя Дизеля, работающего на электрогенератор), академик Крылов писал: «Если написать только формулы и уравнения без слов, то нельзя отличить, какой из этих вопросов решается — уравнения одни и те же. Вот почему инженер должен владеть общими математическими методами, примененными к решению множества задач, тогда только он сможет решать действительно новые вопросы по своей специальности».

В конце статьи Алексей Николаевич дает подробный ответ на вопрос, как же делать технику выбор в том беспредельном материале, который ему открывает математика: «Во всяком техническом деле важен не тот логический процесс, который привел к какому-либо заключению или результату, а важно самое заключение или самый результат, и притом выраженный „числом и мерою“. Поэтому все, что математика дает в смысле составления

уравнений, их решения, и притом доведенного до конца, упрощения вычислений, применения приближенных методов решения математических вопросов, — все это техника рано или поздно использует и применит часто в вопросе, казалось бы, ничего общего не имеющем с тем, для решения которого тот или иной метод был первоначально развит. . .

«Всякого рода таблицы разных функций, хорошо изученных, представляют результат громадного труда, затраченного их составителем, значит, они представляют истинную ценность, истинное сокровище, избавляющее от напрасного труда грядущие поколения; техник должен знать о том, какие функции изучены, какие таблицы для них существуют, и иметь навык быстро разбираться в любых таблицах и уметь пользоваться ими. Вот совокупность этих-то знаний, охватывающих главным образом вычислительную практику всякого рода, охватывающих овладение способами составления и решения всякого рода уравнений — обыкновенных алгебраических, трансцендентных, дифференциальных обыкновенных и в частных производных, разностных и т. д., с доведением этого решения до численных результатов, применение разного рода хорошо изученных и табулированных функций, начиная от тригонометрических и переходя к эллиптическим, бесселевым, шаровым и т. п., составляет обширную область прикладной математики, которая и служит основой механики и всей современной техники».

«Неужели всему этому надо учиться в школе?» — спрашивает Алексей Николаевич и тут же дает ответ: «Нет, не надо и невозможно, школа не может давать вполне законченного знания, ее цель дать основы знания, дать общее развитие, дать необходимые навыки. Одним словом, по словам великого математика Вейерштрасса в его речи при вступлении в должность ректора Берлинского университета, главная задача школы на учить учиться, и тот, кто в школе научился учиться, для того практическая деятельность будет наилучшею школою».

Академик Крылов нередко ссылался на эту речь Карла Вейерштрасса, которая ему была родственна по самому духу изложения задач высшей школы; он перевел ее и опубликовал в журнале «Успехи физических наук» еще в 1918 г., снабдив перевод предисловием, в котором, в частности, писал: «В настоящее время Россия впала в разруху; ей надо будет упорно работать, чтобы восстановить свою мощь одновременно с переустройством всего строя своей жизни на новых началах. В этой созидательной деятельности наука должна занимать высокое положение, ибо лишь она обладает средствами суждения о будущем, полагая должные основания настоящему. Без правильной постановки высшей школы широкое развитие невозможно».

В отдельном оттиске перевода речи Вейерштрасса, хранившемся в личной библиотеке Крылова, подчеркнут ряд мест, приводимых ниже в выдержках: «Математика является необходимою предпо-



сылаю естественных наук, а не вспомогательной дисциплиной в обычном смысле; наоборот, естествоиспытатель, производя опыты и наблюдения, в получаемых им результатах доставляет математику нечто гораздо большее, нежели простое собрание задач».

В речи Вейерштрасс цитирует высказывания своего предшественника на посту ректора Берлинского университета, профессора Рудольфа: «Не только простое сообщение знания, а главное — обучение познавать и исследовать составляет истинную задачу университетского образования». Далее он цитирует знаменитого петербургского академика Б. С. Якоби, который однажды дал своим слушателям такой совет: «Сесть и пожелать делать открытия не есть путь для проникновения в науку; уяснить себе все уже известные частности до полной отчетливости, заниматься задачами, каковы бы они не были все равно, — вот путь, следуя которому можно встретить истинные задачи науки и начала, приводящие к открытиям».

И как бы завершая свою мысль о роли самостоятельной работы обучающихся в высшей школе, Вейерштрасс говорил: «Успех академического преподавания основывается, как вы уже слышали, по большей части на том, что учитель непрестанно направляет учащегося к самостоятельным изысканиям. Но это достигается не какими-нибудь наставлениями, а прежде всего и главным образом тем, что учитель при изложении предмета самым расположением материала и выставлением руководящих идей показывает учащемуся тот путь, следуя которому зрелый и владеющий уже всем исследованным мыслитель доходит в правильной постепенности до новых результатов или до лучшего обоснования уже известных».

В трудах академика Крылова — в курсе «Теории корабля», в «Лекциях о приближенных вычислениях», в «Беседах о способах определения орбит комет и планет по малому числу наблюдений» — читатель найдет не только такое изложение вопроса, которое пытливого инженера направляет на дальнейшее его развитие, но и прямые указания тем ближайших изысканий. Эта особенность всегда отличала и устные лекции Алексея Николаевича.

В 1935 г. по просьбе первичной организации Всесоюзного научно-технического общества судостроения А. Н. Крылов выступил в аудитории Ленинградского кораблестроительного института с докладом на тему «Значение математики для кораблестроителя». Позднее этот доклад был повторен его автором в Отделении технических наук АН СССР и в 1938 г. напечатан в «Вестнике Академии наук СССР» под заглавием «О курсе и постановке преподавания математики во втузах».

Первые строки этой работы полностью определяют ее содержание: «Обычно считают, что математика служит основой образования инженера и что всякий инженер должен знать математику.

«Настоящий очерк посвящен рассмотрению вопроса о том, в какой мере такой взгляд правилен или неправилен, а вместе с тем и вопросу о том, кого и как учить математике.

«Математика в современном своем состоянии настолько обширна и разнообразна, что можно смело сказать, что в полном объеме она уму человеческому непостижима, а следовательно, должен быть сделан строгий выбор того, что из математики нужно знать и зачем нужно знать инженеру данной специальности».

Далее, чтобы помочь решению основного вопроса, А. Н. Крылов излагает общий обзор исторического хода развития математики и ее практических приложений — от Евклида и Аполлония до наших дней. Охарактеризовав громадное богатство математических идей и методов, созданных за последние столетия, а также основные направления дальнейшего развития науки, Алексей Николаевич снова напоминает о различии задач, стоящих перед математиком (иначе, геометром) и инженером: «Для геометра математика сама по себе есть конечная цель, для инженера — это есть средство, это есть инструмент такой же, как штангель, зубило, ручник, напильник для слесаря или полусаженок, топор и пила для плотника... Так вот, геометра, который создает новые математические выводы, можно уподобить некоему воображаемому универсальному инструментальщику, который готовит на склад инструмент на всякую потребу; он делает все, начиная от кувалды и кончая тончайшим микроскопом и точнейшим хронометром. Геометр создает методы решения вопросов, не только возникающих вследствие современных надобностей, но и для будущих, которые возникнут, может быть, завтра, может быть, через тысячу лет».

Затем Алексей Николаевич рисует образную картину того, как инженер, вошедший в математическую инструментальную и пораженный огромным разнообразием и количеством инструментов, далеко не сразу может найти необходимые ему приспособления: «Присмотревшись еще ближе, он среди этого бесчисленного разнообразия заметит ряд, видимо издавна систематически подобранных, ассортиментов, остающихся почти неизменными в течение 150 лет, к тому же кладовщик ему подскажет, что их так часто требуют, что и не напасешься, а за остальным заходят лишь знатоки — мастера и любители».

«Так вот, — заключает А. Н. Крылов этот раздел доклада, — эти систематические ассортименты — это те курсы, которые вам читают, и те руководства, изучение которых вам рекомендуют, а кладовщики и инструментальщики — это те профессора и руководители, которые вас обучают».

Остальная часть доклада посвящена подбору нужного корабельному инженеру «ассортимента инструментов», для чего последовательно рассматриваются все специальные дисциплины и точно устанавливаются те разделы математики и тот их объем, которые

необходимы для сознательного и притом творческого применения специальных знаний.

При этом академик Крылов одновременно предостерегает, как от увлечения вопросами, которые «могут встретиться в практике инженера раз в 10 или 20 лет», так и от грубо неверного отношения к математическим курсам, назначение которых представляется некоторым специалистам в виде «справочного сборника формул», а не в систематическом изложении необходимого материала.

«Как только будет установлено, что именно от корабельного инженера требуется по его специальности, так сейчас же устанавливается и соответствующий объем знаний из анализа и механики. Но здесь надо тщательно заботиться о том, чтобы не вводить лишних требований; ведь оттого, что верхняя палуба покрывается деревянным настилом, нельзя же требовать изучения ботаники, или оттого, что в кают-компании диван обит кожей, нельзя требовать изучения зоологии; так и здесь, если при рассмотрении какого-то частного вопроса встречается некоторая формула, то гораздо лучше привести ее без доказательства, а не вводить в курс целый отдел математики, чтобы дать полный вывод этой единичной формулы. Вместе с тем надо помнить, что руководство по математическому анализу или по теоретической механике не есть французский бульварный роман, который можно читать и от начала к концу, и от конца к началу, или от середины в обе стороны».

Деятельность инженеров весьма разнообразна: одни из них работают в конструкторском бюро, другие — в цехах и на стапелях; уже на старших курсах студенты распределяются по различным отраслям судостроительной промышленности — одни предназначаются, например, для работы на катеростроительных заводах, другие — для постройки подводных лодок. В связи с этим возникает вопрос: «Надо ли всех подгонять под один шаблон или надо и в самой высшей школе считаться с индивидуальными интересами, если не каждого учащегося, то главных групп учащихся? Не правильнее ли будет, если для каждой такой группы установить минимальное требование по одним предметам, но зато максимальное — по другим? Постановка курса математики и механики будет тогда иная, нежели в первом случае; курс сам собою разобьется на минимальный, общий для всех групп, и на отдельные дополнительные курсы, которые являются обязательными для групп, соответственно специализировавшихся».

«Мне лично думается, — писал А. Н. Крылов, — что эта последняя система будет более рациональна, нежели система огульного обучения всех и каждого одному и тому же, не считаясь с его склонностью».

С тех пор в Ленинградском кораблестроительном институте (да и не только в нем) введена специализация выпускников, которая практически начинается с конца третьего — начала четвертого курса. Если учесть, что высшая школа «должна давать только те

принципиальные основы, на которых инженер на самой службе будет вдумчивой практикой совершенствоваться, непрерывно повышая свою квалификацию, научную и техническую, к чему сейчас представляется столько возможностей», то станет ясным, что проведение в жизнь такой системы существенно повысило качество подготовки инженеров при сохранении относительно небольшого (пятилетнего) срока обучения.

В конце своего доклада Алексей Николаевич снова возвращается к вопросу о безукоризненной и разумной строгости математических методов исследования: «Для геометра, который должен впоследствии создавать новые методы в математике или новые методы решения математических вопросов, а значит, и должным образом эти методы обосновывать, полная и безукоризненная строгость безусловно необходима. Для инженера, которому главным образом придется эти методы прилагать к решению конкретных вопросов в узкой области его специальности, такая всеобъемлющая строгость является бесцельной... Здесь необходимо постоянно иметь в виду следующее обстоятельство: когда конкретный вопрос приводится к вопросу математическому, то всегда приходится делать ряд допущений, ибо математика вместе с механикой оперирует над объектами идеальными, лишь более или менее близкими к объектам реальным, к которым инженер будет прилагать полученные математические выводы. Ясно, что сколько бы ни было точно математическое решение, оно не может быть точнее тех приближенных предпосылок, на коих оно основано».

В последнем вопросе имеется еще и другой аспект, на который Алексей Николаевич обращал внимание своих слушателей.

Участники Всесоюзной конференции преподавателей теории корабля, проведенной под руководством академика Крылова в январе 1941 г., отчетливо помнят такой характерный эпизод: при обсуждении программы по математике ее автор защищал необходимость строгого доказательства основных свойств непрерывных функций, в том числе того, что функция, непрерывная на некотором отрезке и принимающая на его концах значения разных знаков, по крайней мере один раз внутри этого отрезка обращается в нуль.

Алексей Николаевич подошел к доске и, напомнив элементарно простой геометрический смысл этой теоремы, обратился к докладчику: «Предлагаемые Вами доказательства, если и нужны, то только в курсах Университета. В Высшей технической школе, кроме вреда, они ничего принести не могут. Дело здесь не только в напрасно потерянном учебном времени, которого при нынешнем развитии техники и без того не хватает. Молодой человек, на своем личном опыте усвоивший, что для прихода в Кораблестроительный институт с Васильевского острова он „по крайней мере один раз“ пересечет Неву, после Вашего доказательства усумнится и в этом положении, а может быть, и в том, что форштевень распо-

ложен в носу корабля, а ахтерштевень — в корме и т. п. В этом в первую очередь и проявится непоправимый вред подобных „доказательств“, приемлемых только в строгих специальных математических курсах, в которых логика, базирующаяся на принятых аксиомах, а не повседневная практика, как бы является единственным критерием истины».

Всесоюзная конференция преподавателей теории корабля воочию свидетельствовала о большой перегрузке учебных планов и программ основных дисциплин всех кораблестроительных институтов и факультетов. Академик Крылов, принимавший непосредственное и самое активное участие в работе конференции, на конкретных примерах показал, как можно избавиться от основного недостатка подобной организации учебного процесса, которая в лучшем случае позволяет прочесть соответствующие предметы, а не научить студентов применять их к делу правильно, самостоятельно и сознательно.

Чтобы обеспечить успешность реализации решений конференции, Алексей Николаевич выступил в июле 1941 г. на совещании профессоров Ленинградского кораблестроительного института с сообщением «О подготовке специалистов». Так как перегрузка учебных планов и программ наблюдалась в не меньшей степени и в других вузах, Крылов повторил свой доклад на расширенном заседании Президиума Академии наук СССР в октябре 1941 г.

Свои выступления А. Н. Крылов начинал следующими словами: «Конечно, каждому из вас известна сказочка Лескова „О стальной блохе и о тульском Левше“, и вы помните, как атаман Платов прислал ему на корабле боченок „английской горькой“ с назиданием: „Не пей много, не пей мало, а пей средственно“; так и в вашем деле я скажу: „Не учите много, не учите мало, а учите средственно“».

«Никакая школа, — докладывал далее Алексей Николаевич, — не может давать готового инженера, руководителя цеха или самостоятельного конструктора, но она обязана дать основные познания, основные принципы, некоторые основные навыки и, кроме знания, еще и умение прилагать знания к делу; тогда сама заводская практика будет для него той непрерывной в течение всей его жизни школой, в которой он не впадет в рутину, а с каждым годом будет совершенствоваться и станет инженером — руководителем производства или истинным конструктором-новатором в своем деле».

Основной недостаток учебных планов и программ А. Н. Крылов усматривал в отсутствии учета способности студентов усвоить преподаваемый объем знаний и в игнорировании специализации выпускников; последнее приводило к чтению всех предметов огулом всем, без учета последующей их деятельности.

Причину этого недостатка Крылов видел, в частности, в следующем: «Каждая программа составляется профессором, заве-

дующим кафедрой и преподавателями по этой кафедре, т. е. специалистами по данному предмету, и они всегда склонны изложить предмет „в полном его объеме“, как бы забывая, что сами они в своей преподавательской деятельности изучали свой предмет. может быть, 15, 20, 25 лет, а то и более, а студент на изучение этого предмета может уделить лишь небольшую часть года или полугодия, ибо одновременно студенту надо изучить и ряд других предметов, в равной мере обязательных, и сдать по ним зачеты и экзамены.

«Сдав такой зачет или экзамен, студент стремится как можно скорее „освободить голову“ для сдачи зачета или экзамена по следующему предмету, ибо человеческая способность усвояемости не бесконечная, а ограниченная».

Каков же выход из подобного положения? Ответ один: «Уже давно было сказано, что целью университетского образования является „научить учиться“. Долгих пояснений эти слова не требуют — достаточно простого сравнения. В старину московские купчихи непременно откармливали к рождеству гусей моченым горохом и индюков вареными каштанами; для этого гуся зашивали до шеи в мешок, подвешивали к стене и пичкали горохом, так же поступали и с индюком, — они и жирели в меру купеческого вкуса и купеческой утробы.

«Подобно этому часто поступают и со студентом: его пичкают знаниями, соощенными на лекциях, но не оставляют ему достаточно времени для обдумывания, усвоения и настоящего изучения предмета».

Аналогичное положение наблюдалось и в стабильных учебниках или иных учебных руководствах: их объем вырос настолько, что, шутя, Алексей Николаевич рекомендовал прибегнуть к «сокращению книг» подобно тому, как это делали нерадивые или неспособные кадеты Морского корпуса, отрезая при подготовке к экзамену одну треть книги сверху, одну треть снизу и вызубривая оставшуюся середину. По его расчетам, например, по строительной механике корабля студент должен был при подготовке к экзамену за час прочитывать не менее 10 страниц убористого текста, густо усыпанного формулами; в этих условиях даже в предположении систематической работы студента в течение всего семестра добиться успешного усвоения всего громадного объема трехтомного учебника нельзя.

В постановлении от 1 октября 1941 г. по внеочередному сообщению Алексея Николаевича отмечалось, что «Президиум Академии наук СССР считает вопросы, выдвинутые академиком А. Н. Крыловым, имеющими общее значение и заслуживающими особого внимания». Война 1941—1945 гг. помешала скорейшей реализации этого постановления. Однако в последующие годы предложения, внесенные в докладе «О подготовке специалистов», были в значительной мере учтены при составлении новых учеб-

ных планов и программ кораблестроительных институтов и других высших технических учебных заведений.

Рассмотренным в настоящей главе не ограничиваются работы А. Н. Крылова, в которых выпукло раскрываются его педагогические взгляды. Так, в газете Академии наук «За социалистическую науку» в мае 1934 г. он выступает со статьей «Теория и практика», в которой с предельной ясностью и простотой характеризует неразрывную связь между этими двумя категориями. В октябре 1939 г. Крылов читает профессорско-преподавательскому составу Ленинградского электротехнического института имени В. И. Ульянова (Ленина) доклад «О постановке преподавания и объеме курсов математики и механики для инженеров — специалистов по профилю гироскопии и стабилизации». В предисловии к труду академика Н. И. Мухелишвили «Некоторые основные задачи математической теории упругости», в отзыве на сочинение профессора П. Ф. Папковича «Строительная механика корабля», представлявшем эту работу на соискание Государственной премии, в заключениях и рецензиях по многим учебникам и учебным пособиям Алексей Николаевич излагает основные принципы, обобщающие его громадный опыт педагогической и инженерной деятельности.

В 1943 г. был издан под общим заглавием «Мысли и материалы о преподавании механики в высших технических учебных заведениях СССР» сборник статей, написанных А. Н. Крыловым в разное время по ряду вопросов, связанных с изложением предмета и постановкой его преподавания.

В перечисленных работах высказан ряд идей, которыми руководствовался ученый в своей многообразной деятельности: «Всегда начинать с простейшего, в которое легко вникнуть, и постепенно восходить к достижению более сложного»; «Надо изучать природу такой, как она есть, а не вдаваться в мечтания о том, чего явно нет»; «Сила и мощь науки беспредельны, также беспредельны и практические ее приложения на благо человечества»; «Теория без практики мертва и бесплодна, практика без теории невозможна и пагубна» и многие другие мысли, сформулированные с такой же ясностью и огромной силой воспитательного воздействия.

В своем обращении к советской молодежи академик Крылов призывал ее к самостоятельности в учебе, к глубине понимания существа дела, к упорному систематическому труду, к накоплению собственного практического опыта: «Всему учись сам. Никогда не рассчитывай, что можно овладеть знаниями без работы. Старайся не просто запомнить изучаемое, а старайся понять сущность дела. То, что понятно, легко запоминается и долго не забывается. Накопляй опыт в каждом деле... Помни, что никакое книжное знание ничего не дает само по себе. Нет большого толка в многословном разглагольствовании о деле, которым не владеешь практи-

чески. Только тот, кто думает над вопросами, которые перед ним ставит сама жизнь, добьется успеха и принесет пользу делу.

«Будь стоек, не бойся разочарований, не бросай начатого дела. Работай упорно и регулярно изо дня в день и тогда в старости ты сможешь сказать: „Жизнь прожита мною не даром“».

Педагогические заветы Алексея Николаевича Крылова живут в делах его школы, в трудах и педагогической деятельности его многочисленных учеников, обеспечивающих высокое качество подготовки квалифицированных специалистов промышленности и морского флота.



## Заключение

Закончено изложение основных глав книги, однако характеристика деятельности Алексея Николаевича Крылова осталась неполной.

Свою научную, инженерную и педагогическую работу он постоянно сочетал с активным участием в общественных организациях, основной целью которых являлось всемерное развитие отечественной науки и техники. Еще в 1886 г. мичман Крылов привлекается к работе экспертной комиссией Третьей электротехнической выставки, организованной Русским техническим обществом. В 1890—1893 гг. А. Н. Крылов избирается в действительные члены этого общества по трем его отделам: военно-морскому, электротехническому и воздухоплавательному. Здесь он выступает с докладами «О кораблестроительных вычислениях», «О килевой качке корабля на волнении» и рядом других сообщений по различным областям знания: сопротивление среды движению тел, теория электронавигационных приборов, конструкция воздухоплавательных аппаратов и др.

В 1893 г. Алексей Николаевич избирается членом Петербургского математического общества.

В 1902 г. начинается его деятельность в Обществе морских инженеров, на заседаниях которого он, в частности, докладывает основы разработанной им теории вибрации судов, показывает существенные преимущества формулы П. Л. Чебышева по сравнению с другими формулами квадратур и пропагандирует основные идеи учения о непотопляемости кораблей. Активная работа А. Н. Крылова отмечается в 1910 г. избранием его почетным членом Общества морских инженеров.

С 1903 по 1913 г. Алексей Николаевич выступает в Русском физико-химическом обществе с докладами на темы «Интеграторы дифференциальных уравнений», «Прибор для наблюдения колебания напряжений палубных связей во время качки», «О продолжительности взрыва», «О крешерах и индикаторах», «Вынужденные радиальные колебания полого упругого цилиндра» и др.

В 1914 г. А. Н. Крылов становится президентом Русского физико-химического общества и председателем его физического отделения.

В те же годы он принимает активное участие в работе Московского математического общества, в члены которого он выдвигается в 1904 г. по предложению президента общества профессора Николая Егоровича Жуковского. Здесь на объединенном заседании общества и математической секции XII съезда русских естествоиспытателей в 1910 г. А. Н. Крылов докладывает о разработанном им интеграторе обыкновенных дифференциальных уравнений. Затем в 1913 г. он выступает перед членами общества с сообщением об оригинальном методе усиления сходимости рядов Фурье. К этому же времени относится избрание Алексея Николаевича членом-корреспондентом Харьковского математического общества и действительным членом Русского астрономического общества.

В 1915 г. основывается в России Союз морских инженеров, который выбирает академика Крылова почетным членом. Здесь он выступает с докладами «О приближенном численном решении обыкновенных дифференциальных уравнений», «О расчете вибраций корабля, производимых работой машины его», «О подъеме судов, затонувших килем кверху», «О некоторых случаях испытания судов на мелкой воде».

В 1932 г. организуется Всесоюзное научное инженерно-техническое общество судостроения (ВНИТОСС), которое избирает Алексея Николаевича своим председателем и почетным членом. Активная его деятельность на этом поприще неоднократно отмечается во многих постановлениях: имя академика Крылова заносится в «Книгу почета» имени VII Съезда Советов и на всесоюзную доску почета инженерно-технических работников. Обязанности председателя общества А. Н. Крылов выполнял до последних дней жизни: в день заболевания он начал готовить свое выступление на очередном Всесоюзном пленуме секции мореходных качеств правления ВНИТОСС. До этого пленума не было ни одного сколько-нибудь значительного заседания любой из многочисленных секций общества, на котором Алексей Николаевич не принимал бы самого активного участия: его вступительное и заключительное слово стало традиционным. Он направлял деятельность научно-технической общественности на решение основных задач, стоящих перед судостроительной промышленностью и морским флотом, рекомендуя наиболее эффективные пути достижения технического прогресса. Делал он это всегда с таким мастерством, которое наряду с глубокой содержательностью обеспечивало его сообщению надолго запоминающиеся яркость и образность. Алексей Николаевич часто говорил: «Всякая новая научно-техническая мысль должна быть не только глубоко понята, но и усвоена, а для этого не бесполезны и исторические аналогии, и освежающий голову юмор».

Выдающиеся заслуги А. Н. Крылова отмечались и зарубежными научными обществами: еще в 1896 г. (в возрасте 33 лет) он был избран членом Английского общества корабельных инженеров, в 1924 г. — действительным членом Английского королевского астрономического общества, а в 1942 г. — почетным членом первого из указанных обществ.

Есть еще одно направление общественной деятельности академика Крылова, которое по своей эффективности и размаху заслужило исключительно высокую оценку. Двери его служебного и домашнего кабинетов всегда были открыты для нуждающихся в консультации: и престарелый ученый, пришедший проверить правильность своих выводов, и молодой инженер, встретившийся в начале своего пути с трудной проблемой, находили у Алексея Николаевича не только сочувствие, но в большинстве случаев прямую помощь.

Для всех консультаций А. Н. Крылова характерны глубокая прозорливость и постоянная практическая целеустремленность, которые он всеми средствами старался привить своим слушателям. Вот несколько примеров, взятых из практики общения Крылова с сотрудниками военно-морских организаций.

При решении вопроса об оборудовании мерных линий в соответствии с существовавшей долгие годы традицией институт, проводивший ходовые испытания головных кораблей, настаивал на создании ведущего створа, на котором следует удерживать судно на протяжении каждого из пробегов. Представители строительной организации обращали внимание на сложность выполнения этого требования и значительное удорожание оборудования. Алексей Николаевич, подтвердив правильность доводов строителей, одновременно показал, что удержание корабля на ведущем створе уменьшает точность определения ходовых качеств: в связи с наличием в районе испытаний дрейфовых течений придется соответственно переложить руль, а следовательно, увеличить сопротивление корабля и снизить скорость хода. Вместо этого академик Крылов рекомендовал вести корабль не по ведущему створу, а по заданному курсу, перпендикулярному к секущим (поперечным) створам: в последнем случае при руле, положенном прямо, наличие поперечной составляющей течения не изменит искомой величины продольной скорости корабля.

В своих консультациях А. Н. Крылов неоднократно указывал на исключительную важность накопления материалов натуральных испытаний, столь необходимых для проверки правильности методики пересчета результатов модельных опытов на натуру. При этом он широко рекомендовал применение простого инерционного метода испытаний, основанного на регистрации кривой изменения скорости корабля после остановки главных двигателей. Не ограничившись этим, академик Крылов показал, как необходимо наладить в Опытном бассейне модельные испытания, чтобы найти

из них величину так называемой присоединенной массы воды, участвующей в движении корабля по инерции, и каким образом с нужной достоверностью можно определить мгновенные значения ускорения корабля или его модели: вместо многочисленных приемов графического дифференцирования Алексей Николаевич рекомендовал составление приближенного выражения экспериментальной кривой с последующим аналитическим определением искомой производной.

На собственном опыте работники Опытного бассейна вскоре убедились, сколь всеобъемлющими и практичными были указания А. Н. Крылова: натурные испытания корабля были проведены в течение одного часа, а обработка и анализ их результатов вместе с модельными испытаниями заняли немногим более одной недели.

Когда академику Крылову был предъявлен проект лага, основанного на регистрации скорости в процессе инерционных испытаний посредством измерения вытравливаемой длины проволоки, сброшенной на кошке за кормой корабля, он после ряда практических замечаний с удовлетворением отметил: «Вы поняли дух и существо моих указаний: корабельный прибор должен быть простым и надежным в действии». Тут же он указал, что этот лаг может быть применен и для обычных прогрессивных скоростных испытаний, например, в тех случаях, когда исключение влияния мелководья для глубоководных быстроходных кораблей заставит перейти в районы Балтийского моря, не оборудованные мерными линиями. Через два года с успехом был использован и этот совет Алексея Николаевича.

Многим памятно первое заседание научно-технического совета Центрального научно-исследовательского института, носящего сейчас имя академика Крылова: на этом заседании в мае 1935 г. обсуждалась возможность практического использования новой тогда теории трения (иначе, теории пограничного слоя) в расчетах сопротивления кораблей. Члены совета все свое внимание уделяли уточнению расчетных зависимостей и области их непосредственных приложений. А. Н. Крылов показал присутствовавшим, что центральным вопросом при обсуждении доклада должна явиться разработка мероприятий «для замены турбулентного трения ламинарным, интенсивность которого во много раз меньше».

«Если это не удастся совершить в кораблестроении, — заключил Алексей Николаевич, то это надо сделать в авиации».

В то время, когда вопрос об уменьшении трения нигде даже не ставился, выступление А. Н. Крылова показалось многим не чем иным, как научным заблуждением: в такой мере считалось непреложным и само собой разумеющимся осуществление на больших скоростях турбулентного режима. Последующие годы развития техники показали, что и в этом случае истина была на стороне Крылова.

В 1939 г. возникла необходимость в переоборудовании одного из больших кронштадтских доков и в замене там старого батопорта новым. По поручению адмирала И. С. Исакова представитель Технического управления Военно-Морских Сил обратился по этому поводу за консультацией к академику Крылову. Он доложил Алексею Николаевичу, что имеются два предложения: профессора Ю. А. Шиманского — построить железобетонный батопорт и профессора П. Ф. Папковича — спроектировать и изготовить новый металлический батопорт облегченной сварной конструкции. А. Н. Крылов привстал из своего неизменного рабочего кресла, одновременно с этим, казалось, взерошились и немногочисленные волосы на его большой голове, глаза широко открылись, и он громким голосом сказал: «А Вы речь главы нашего правительства слышали? Немедленно чинить старый батопорт!». И как бы желая смягчить эффект от своего неожиданного для собеседника выступления, Алексей Николаевич через минуту добавил: «У Вас в Кронштадте имеются золотые мастера на все руки (он перечислил здесь несколько имен и фамилий), поручите им сегодня это дело и Вам через три дня доложат об исполнении всей работы».

В этом эпизоде характерно то, что А. Н. Крылов не считался с предложениями своих ближайших учеников и сотрудников, которых он безгранично уважал и любил; для него первостепенным являлось немедленное реагирование на обращение Советского правительства и приведение всех средств Военно-Морского Флота в боевую готовность в кратчайший срок. Осуществление же других, рациональных в иной обстановке предложений потребовало бы нескольких месяцев.

Подобными консультациями, явившимися отправными пунктами многих технических решений и научных исследований и вырисовывающими роль Алексея Николаевича как одного из непосредственных научных руководителей исследовательских институтов промышленности и флота, деятельность академика Крылова не ограничивалась. Он рецензировал основные работы институтов, наставлял «на путь истины» многих руководящих научных работников, давал отзывы (им несть числа) на рукописи, одинаково объективные и строгие, независимо от того, предназначаются ли эти рукописи для опубликования или по своему качеству должны оставаться на архивных полках. В последнем случае он нередко писал: «Работу в макулатуру превращать не нужно. Ее следует напечатать в трех экземплярах и разослать в такие-то организации в качестве примера того, как работу писать не надо».

Особую требовательность академик Крылов предъявлял к печатным изданиям, предназначенным служить справочным материалом. Досталось по заслугам и «Астрономическому ежегоднику на 1941 год», содержащему более полумиллиона цифровых дан-

ных и выпущенному в свет Издательством Академии наук со списком, содержащим 37 «замеченных опечаток». Кроме того, даже при первом ознакомлении с «Ежегодником» Алексей Николаевич заметил, что на одной из страниц при печати выпала цифра 2. Желая обратить внимание издателей на недопустимость подобных фактов, Крылов писал в рецензии, опубликованной в № 7 «Известий Военно-морской академии» за 1941 г.: «Эта выпавшая двойка напомнила мне колоссальный скандал, происшедший лет 50 тому назад в заседании Адмиралтейств Совета, членами которого тогда были самые заслуженные полные адмиралы флота, большая часть украшенные знаками боевых отличий еще за Севастополь, причем младшему из них было более 70 лет.

«В ведении Адмиралтейств Совета находилась Эмиретальная Касса Морского министерства, отчеты ее вносились в Адмиралтейств Совет и докладывались заведующим кассою, которым тогда был тайный советник М. А. Пешуров.

«Читает он заключительные слова годовичного отчета: „таким образом наличные средства Кассы на 1-е января 1890 года составляют 27 879 929 руб. 32 коп.“, причем это число было напечатано в отдельную строку крупным жирным шрифтом.

«Один из членов Адмиралтейств Совета перебивает: „Ваше превосходительство, что Вы читаете, у меня сказано: 7 879 000, а не 27 879 000“».

«Вступается другой адмирал: „а у меня 27 миллионов“. Третий кричит: „а у меня 7 миллионов, если мы этот отчет утвердим, смотришь 20 миллионов и украдут“. Тогда Пешуров кричит: „Ваше Высокопревосходительство, я прошу Вас взять Ваши слова обратно, — кто же украдет?“.

«„Ловкачи найдутся“, — кричит 85-летний, громадного роста адмирал М. О. Дюгамель.

«Наконец вступился председатель, Управляющий Морским министерством, адмирал Н. М. Чихачев: „Ваши Высокопревосходительства, прошу Вас обратить внимание, — здесь зеркало!“, а на одной из граней зеркала помещался Указ Петра I: „в коллегиях и в сенате вести себя чинно и благопристойно а, не яко Шафиров, ругаясь с кулаками лезть прямо в рожу“.

«Впоследствии, — заключает А. Н. Крылов, — оказалось, что при печатании на ручном станке рабочий заметил, что какая-то буква выпала, чтобы не портить шрифта, он ее метлой смел и продолжал печатать, поэтому в одних экземплярах оказалось 27 миллионов, в других 7 миллионов. Возможно, что и в „Ежегоднике“ произошло нечто подобное».

Далее Алексей Николаевич приводит развернутую рецензию книги, отмечая присущие многим подобным изданиям недостатки: нарушение правил приближенных вычислений, наличие отступлений от общепринятых стандартов, «оправданных» только тем, что эти предложения «являются новыми», и, наконец, отсутствие учета

интересов студентов вузов, для которых «Ежегодник» мог бы служить хорошим учебным пособием.

Академик Крылов выступал в качестве официального оппонента при защите диссертаций: его отзывы представляют собой образец сочетания научной строгости, объективности и глубины анализа с той исключительной манерой изложения, которая была создана самим Алексеем Николаевичем. Вот один из примеров подобного выступления:

«§ 1. Защита диссертации молодым ученым составляет для него своего рода триумф, но известно, что когда триумфатор шествовал по стогнам древнего Рима, то за его колесницей шли так называемые „*irrisores*“, обязанность которых состояла в том, чтобы порицать триумфатора и высмеивать его. Похоже на то, что от этих „*irrisores*“ взялся и обычай назначать на диспут официальных оппонентов, которые подобно астрономам и на солнце должны видеть только пятна.

«§ 2. Второй обычай не столь древний — он идет со средних веков, т. е. ему не 2000 лет, а около 1000, — это то, что диспутант должен выставить тезисы, которые он берется отстаивать и которые могут и не относиться к предмету диссертации; в этой области до сих пор, кажется, не побит рекорд знаменитого Пика Мирандольского, который к возрасту 24 лет знал 22 языка и в 1486 г. в Риме напечатал как вызов всем тогдашним ученым 900 тезисов „О всякой вещи познаваемой“ (*De amni rescibili*) и брался отстаивать эти тезисы перед всяким оппонентом. Через 200 с лишним лет ехидный Вольтер к гордому заглавию „*De amni rescibili*“ прибавил „*et de quibusdam aliis*“ («а также о кое-чем прочем»). Правда, диссертант не дошел до Пика Мирандольского, у него всего 16 тезисов, но они занимают шесть страниц, пересыпаны формулами и представляют то удобство, что при изучении диссертации можно прочитывать соответствующий тезис, где самим автором высказано то положение, которое он желает доказать, и, значит, по тексту и таблицам можно судить, в какой мере высказанное положение после этого становится убедительным. Я считаю, что такой способ заслуживает подражания».

Затем следовал на 20—25 страницах подробный разбор работы, в котором наряду с богатейшей эрудицией рецензента всегда поражало его исключительное умение показать главные идеи рецензируемой работы в свете исторического развития и указать практические перспективы их реализации в науке и технике. При этом он старался оценить экономическую эффективность результатов научно-исследовательских разработок. Например, в отзыве на диссертацию, посвященную исследованию влияния шероховатости обшивки корабля на его сопротивление, А. Н. Крылов иллюстрировал практическую важность анализа, проведенного автором работы: «Необходимо сделать некоторый экономический расчет: стоимость лайнера — около 8 000 000 фунтов стерлингов; если он для

чего и строится, то, чтобы он именно развивал 28 узлов, а не меньше (иначе европейские пассажиры опаздывают на поезда дальнего следования в Нью-Йорке), и снижение скорости на 2% снижает стоимость парохода не меньше как на 5%, а это составляет для данного парохода 400 000 фунтов стерлингов. Вот что значит „клепка под молоток“ для такого лайнера, если только расчет правильный и послужившие для него данные надежны.

«При постройке наших дредноутов по контракту с Балтийским и Франко-русским заводами за недоразвитие скорости за каждые  $\frac{1}{4}$  узла взимался штраф в размере 250 000 рублей, тогда золотом.

«Эти примеры, — писал в заключении академик Крылов, — лучше всяких рассуждений убеждают в важности исследований диссертанта».

Относясь критически к работам других авторов, Алексей Николаевич по справедливости был не менее строг по отношению к самому себе. Он нередко приходил в Военно-морскую академию с новой законченной им работой, чтобы прочитать ее в кругу специалистов и еще до передачи рукописи в печать выслушать их замечания и пожелания. С той же целью Крылов практиковал вызовы по телефону с одним и тем же неизменным обращением: «Скажите, Вы сейчас свободны? Благоволите заехать ко мне на часок, у меня к Вам небольшое дело». «Небольшим делом» оказывалась очередная работа Алексея Николаевича, которую он тут же сам зачитывал приглашенному, прерывая чтение минутными паузами, какие он делал не для отдыха, а с целью выснить впечатление, которое произвело прочитанное им. Пытливый взгляд Алексея Николаевича насквозь пронизывал собеседника, и от его чуть прищуренных глаз, казалось, не могла ускользнуть малейшая реакция слушателя.

В таких встречах всегда удивляло то внимание, с которым Крылов прислушивался к мнению своего собеседника, независимо от того, какая гигантская разница в годах, жизненном опыте и научной эрудиции ни разделяла обоих. Алексей Николаевич не любил славословия, но вместе с тем по-юношески радовался удачному впечатлению, произведенному новой работой на слушателей. Обычно такое собеседование заканчивалось следующим резюме: «Значит, Вы действительно считаете, что статья подойдет и ее следует напечатать. Хорошо, я ее помещу там-то, учтя предварительно все Ваши замечания».

В начале 1939 г. отмечалось 75-летие со дня рождения академика А. Н. Крылова: Президиум Верховного Совета СССР наградил его орденом Ленина; адреса, телеграммы и приветствия сплошным потоком направлялись в Военно-морскую академию, где проходило чествование; академика Крылова поздравляли моряки Балтики, Северного, Черного и Тихоокеанского флотов, ученые — математики, механики, артиллеристы, астрономы, кораблестроители, историки, физики, лингвисты, педагоги, инженеры и техники



широко различных специальностей, коллективы рабочих судостроительных, машиностроительных и приборостроительных заводов; руками последних с особой любовью были выполнены ценные подарки, преподнесенные Алексею Николаевичу.

Перед торжественным заседанием А. Н. Крылов обошел учебные помещения Военно-морской академии и Высшего военно-морского училища имени М. В. Фрунзе, с теплотой и известным удовлетворением вспоминая те аудитории, в которых учился он сам, а затем учил своих многочисленных учеников. Торжественное собрание, которое проводилось в актовом зале училища имени М. В. Фрунзе, продолжалось около трех часов. Зал был переполнен: приветствовать А. Н. Крылова пришло более 1500 человек. Многим организациям пришлось отказаться от устных выступлений, чтобы не утомить окончательно Алексея Николаевича. Внезапно под звуки фанфар в зал вошли две роты курсантов с развернутыми знаменами военно-морских училищ имени М. В. Фрунзе и Ф. Э. Дзержинского, чтобы приветствовать А. Н. Крылова от лица нового поколения его учеников — будущих офицеров Военно-Морского Флота. Алексей Николаевич встал, и слезы благодарности показались на его глазах. Он едва слышно произнес несколько раз: «За что мне такие почести?».

После прочувственных выступлений учеников и ближайших соратников академика Крылова, многие из которых сами стали академиками, адмиралами, профессорами, руководителями передовых предприятий и научно-исследовательских учреждений страны. Алексею Николаевичу было трудно отвечать: он заметно растрогался и даже растерялся. Собравшись с мыслями, А. Н. Крылов начал тут же быстро набрасывать текст своей речи, оставаясь и в этом случае верным своему правилу — предварительно готовиться к каждому выступлению. Из его краткой речи отчетливо запомнилось: «Дорогие товарищи и друзья! Я почти 60 лет служу любимому морскому делу и всегда считал само это служение Флоту, Родине и народу наивысшей честью для себя. Вот почему я не пойму, чем же я заслужил сегодня такие почести?».

После торжественного собрания состоялся банкет, на котором А. Н. Крылов дал командованию Военно-морской академии обещание написать книгу о своей жизни и деятельности и притом, как он сам добавил, «так, чтобы она читалась за один присест». Так зародились «Мои воспоминания», которые по своей поучительности, остроумию, воспитательному значению и изумительной манере изложения заслуженно приобрели любовь самых широких кругов читателей.

В ноябре 1940 г. Военно-морская академия отмечала юбилей трех учеников Алексея Николаевича: адмиралов-профессоров Леонида Георгиевича Гончарова, Всеволода Андреевича Унковского и Александра Павловича Шершова. Из-за болезни Алексей Николаевич обратился к автору книги с письмом: «Мне опять не

Высокая награда и почетное  
звание, которыми я удостоен этой  
Партией и Правительством, обязывают  
меня всеми силами продолжать  
научную работу. Непрестанно заботясь  
о практических ее приложениях на  
площадке флота, в ряду которого я  
вступил более 60 лет тому назад и кото-  
рый теперь возродается с новой  
энергией, я ставлю себя наряду  
с нашей доблестной, непобедимой Красной  
Армией несокрушимой силой обороны  
нашей Великой Родины.

А. Крылов.

16<sup>го</sup> Февраля  
1939.

Факсимиле А. Н. Крылова. Написано в связи с награждением  
15 февраля 1939 г. орденом Ленина и присвоением звания заслу-  
женного деятеля науки и техники РСФСР.

велено выходить. Будьте любезны предложить от моего имени тост  
за здоровье наших дорогих юбиляров, которых всех трех я имею  
честь считать не только в числе своих сослуживцев, но и своих  
учеников.

«В 1877 г. я поселился в этом прекрасном городе, который  
с тех пор трижды изменил свое наименование, так что я прожил:  
37 лет в Санкт-Петербурге, 7 лет в Петрограде, 13 лет в Ленин-  
граде, остальное время с 1921 по 1928 г. я был в служебной ко-  
мандировке за границей, сохраняя, однако, здесь свою постоянную

квартиру и связь с Военно-морской академией и с Академией наук. Таким образом, я могу считать себя старожилом этого города, а известно, что старожилы для того и существуют, чтобы чего-нибудь не забыть. Так, я не забуду, каким предметам я обучал и по каким предметам я экзаменовал в Морском училище ныне вице-адмирала Леонида Георгиевича Гончарова и контр-адмирала Всеволода Андреевича Унковского. Но зато я хорошо помню, как в Морской академии в числе моих слушателей был ныне инженер-контр-адмирал Александр Павлович Шершов. Всегда неизменно внимательный, относившийся в высшей степени тщательно к делу, всегда вовремя и превосходно выполнявший всякое вычисление и всякую задачу, которую я рекомендовал проделать самостоятельно на дому».

Академик Крылов мог бы еще долго перечислять своих непосредственных учеников, среди которых известны славные имена академиков Ю. А. Шиманского и В. Л. Позднюнина, члена-корреспондента Академии наук СССР П. Ф. Папковича, Маршала Советского Союза Л. А. Говорова, профессоров Н. Н. Матусевича, В. А. Березкина, Б. И. Кудревича, Б. Н. Окунева и многих других замечательных советских людей, в своей государственной, научно-педагогической и общественно-производственной деятельности продолжавших осуществлять заветы Алексея Николаевича и разрабатывать его огромное наследство. К ним же относятся адмиралы Л. М. Галлер и И. С. Исаков, которые слушали лекции А. Н. Крылова в Военно-морской академии в 1919 г. и позже на Курсах усовершенствования высшего начальствующего состава. Ведая много лет строительством и вооружением Советского Флота, они постоянно обращались за консультацией к своему учителю по ответственным проблемным вопросам, причем часто такие совещания проводились на ленинградской квартире Алексея Николаевича.

Тяжелые дни июня 1941 г. застали академика Крылова, несмотря на 78-летний возраст, в расцвете творческой деятельности. На неоднократные предложения Академии наук переехать в Казань он, как бы предвидя героическую оборону Ленинграда, неизменно отвечал: «Моряки Балтики и рабочие нашего города не позволят осквернить священную землю ни одному фашисту, чего бы это им ни стоило». И тут же добавлял: «Что касается артобстрела и бомбежки с воздуха, то я подсчитал, что вероятность попадания в мой дом почти эквивалентна вероятности выигрыша ста тысяч по трамвайному билету».

Уступая требованиям Академии наук, А. Н. Крылов согласился переехать в Казань. Но здесь не обошлось без курьезов. В условленный час на станции Кушелевка Финляндской железной дороги собрались вместе с Алексеем Николаевичем академики Сергей Иванович Вавилов, Леон Абгарович Орбели и другие. Через плечо на поясе от пальто у Крылова был подвязан портфель, в котором, как он конфиденциально объявил, находилась

рукопись трех первых глав «Моих воспоминаний». Опоздавший на час представитель Ленинградского отделения Академии наук объявил всем: «Товарищи академики! Состав будет подан только завтра утром. Прошу возвратиться по домам, оставив вещи на станции». Нетрудно себе представить тот исключительный эффект, который произвела эта короткая речь на людей, в чьих чемоданах и баулах находилось самое дорогое — собственные рукописи неоконченных работ, вошедших затем в сокровищницу нашей науки, ценнейшие экземпляры книг, которые редко можно найти даже в крупных библиотеках, и все то, что нужно для интенсивной работы в тяжелую годину, которую переживала наша Родина. Алексей Николаевич сложил трубочку кисти своих больших рук и произнес в адрес незадачливого организатора резкую отповедь. Затем он обратился к представителю Военно-морской академии: «Вам адмирал поручил не формально доставить меня на станцию, а проводить, посадив в поезд. Исполняйте приказание!». Далее он успокоил своих коллег по Академии наук заявлением: «Если за дело взялись моряки, то мы сегодня же будем отправлены по назначению».

Через час состав был подан. Алексей Николаевич от души хотел, когда услышал, что диспетчер, требуя вагоны, докладывал своему начальству по селектору, что на станции находится сам академик Крылов, и, видимо, в ответ на вопрос начальства ответил: «Как какой Крылов? Известный русский баснописец!».

Пребывание в Казани в отрыве от родного города, вдали от многих учреждений и заводов, с которыми Алексей Николаевич был неразрывно связан всю свою жизнь, тяжелое положение на фронтах Великой Отечественной войны и вызванные этим переживания, личная травма — смерть ближайшего друга, незабвенной Надежды Константиновны Вовк-Россохо сломили до этого крепкое здоровье А. Н. Крылова.

В 1944 г. после длительного лечения он переехал в Москву и жил на территории Института физических проблем, который возглавлял его зять, академик Петр Леонидович Капица.

Вместе с М. П. Степановым (ныне инженер-вице-адмиралом) автор книги возвращался тогда из Севастополя в Ленинград. Алексей Николаевич принял нас и в течение почти трех часов рассказывал о своих планах, делился научными думами, живо интересовался результатами испытания новой военно-морской техники, давал попутно советы и рекомендации, наставлял, как надо готовить новые кадры военно-морских офицеров, максимально развивая их научно-техническую инициативу и самостоятельную работу над книгой. Тут же А. Н. Крылов рассказал интересный эпизод, который он справедливо расценивал как проявление постоянного внимания и заботы о нем со стороны командования Военно-Морского Флота: «Через несколько недель после моего переезда в Москву меня посетили главнокомандующий, его заме-

ститель, начальник Главного морского штаба и начальник Главного управления кораблестроения. Я не заслужил такой чести и не ожидал ее. Представьте сами мое состояние, когда у меня в этой комнате — все руководство Военно-Морскими Силами. Я настолько растерялся, что даже задал, может быть, наивный вопрос главнокомандующему: остался ли кто-нибудь на главном командном пункте? Адмирал флота, улыбаясь, успокоил меня: „Алексей Николаевич, Ваш телефон подключен к оперативному проводу“».

По образному выражению С. И. Вавилова, академик Крылов, «как бы предчувствуя свою смерть», возвратился в августе 1945 г. в родной ему город Ленина, с которым была связана вся его замечательная научная, педагогическая, производственная и общественная деятельность. Он приехал в Ленинград в вагоне президента Академии наук СССР. Кроме ближайших друзей, а также представителей Академии наук и военно-морского командования, его встречала группа курсантов училища имени Ф. Э. Дзержинского. В ответ на естественную в условиях переезда заботу домашних о сохранности вещей Алексей Николаевич заметил: «Если наше дело находится в руках моряков, то скорее вагон президента окажется у нас на Васильевском острове, чем какой-либо из чемоданов останется в этом вагоне». Курсанты достойным образом подтвердили правильность этой оценки: все вещи были доставлены в образцовом порядке, а заслуженной наградой для них явился товарищеский завтрак у академика Крылова, на котором Алексей Николаевич с исключительной теплотой и любовью отвечал на многочисленные и разнообразные вопросы будущих офицеров.

1 октября состоялось последнее публичное выступление А. Н. Крылова перед строем курсантов Высшего военно-морского ордена Ленина училища имени Ф. Э. Дзержинского, описанное в главе I.

18 октября 1945 г. группа дзержинцев пришла поздравить Алексея Николаевича в день его именин. На квартире в это же время собрались его ближайшие ученики и товарищи по работе, Ю. А. Шиманский и П. Ф. Папкович, близкие родственники и друзья. Алексей Николаевич был в особом расположении духа, непрерывно шутил и с видимым удовольствием отвечал на задаваемые ему вопросы. Ничто не предвещало приближающегося рокового конца.

Именно в этот вечер А. Н. Крылов передал П. Ф. Папковичу последний написанный им документ — развернутый отзыв о трудах «Теория упругости» и «Строительная механика корабля», составленный для представления в Комитет по Государственным премиям.

На следующий день он начал готовить свое выступление на Всесоюзном пленуме секции мореходных качеств правления

ВНИТОСС. Но вместо того чтобы заслушать вступительную речь академика Крылова на открытии пленума, назначенном на 28 октября, делегаты, представлявшие судостроительную инженерно-техническую общность всего Советского Союза, собрались в этот день в актовом зале училища имени Ф. Э. Дзержинского, чтобы вместе с учеными, инженерами и техниками самых различных специальностей и моряками Военно-Морского Флота отдать последний долг талантливейшему кораблестроителю современности, выдающемуся математику, механику и моряку, замечательному педагогу, воспитавшему несколько поколений ученых, инженеров и офицеров, новатору отечественной науки, так много сделавшему для ее развития.

Для Алексея Николаевича характерна и последняя произнесенная им за день до смерти фраза: 25 октября, на шестой день исключительно тяжелой болезни, находясь уже в бреду, Алексей Николаевич едва слышно процедил сквозь зубы: «Вот идет большая волна...»; и в последние свои часы он продолжал говорить с морской волной так, как он это делал всю жизнь.

26 октября 1945 г. академик Крылов перестал «вычислять и жить». Он подобно Эйлеру развивал многочисленные приложения математики к инженерному и в особенности к военно-морскому делу и видел в этом основное содержание своей творческой жизни. Умению вычислять (в самом широком смысле этого слова) Алексей Николаевич научил многочисленные круги инженеров и техников, для которых «число и мера» стали повседневным средством оценки разнообразных физических процессов. Под влиянием А. Н. Крылова математика приобрела исключительное прикладное значение «инструмента для количественного исследования практических вопросов» современной техники.

Академик А. Н. Крылов направлял свое мастерство на решение насущных проблем строительства нашей Родины, являя собой пример беззаветного служения народу. Таким его образ будет передаваться из поколения в поколение и звать к новым творческим дерзаниям и победам на путях коммунистического строительства в СССР.

## О Г Л А В Л Е Н И Е

	Стр.
От редактора . . . . .	5
Введение . . . . .	9
Глава I. А. Н. Крылов — создатель современной теории корабля	25
Глава II. Основоположные труды А. Н. Крылова по строительной механике корабля . . . . .	83
Глава III. Труды А. Н. Крылова в области компасного дела . .	101
Глава IV. Вклад А. Н. Крылова в математику и механику . . . .	118
Глава V. Труды А. Н. Крылова по истории науки . . . . .	161
Глава VI. Астрономические работы А. Н. Крылова . . . . .	204
Глава VII. Педагогические взгляды А. Н. Крылова . . . . .	218
Заключение . . . . .	237

---

*Утверждено к печати*  
*Редколлекцией научно-биографической литературы*

Редактор издательства *Р. К. Пазиле*  
Художник *Д. С. Данилов*  
Технический редактор *Н. Ф. Виноградова*  
Корректоры *Н. М. Шилова* и *Н. П. Яковлева*

Сдано в набор 10/X 1966 г. Подписано к печати 21/II 1967 г. РИСО АН СССР № 3-190В. Формат бумаги  $60 \times 90^{1/16}$ . Бум. л.  $8^{1/2}$ . Печ. л.  $15^{3/4} + 10$  вкл. ( $1^{1/4}$  печ. л.) = 17 усл. печ. л. Уч.-изд. л. 17.41. Изд. № 3154. Тип. зак. № 1260. М-15026. Тираж 10000. Бумага типографская № 1. Цена 1 р. 36 к.

Ленинградское отделение издательства «Наука»  
Ленинград, Г-164, Менделеевская лин., д. 1

---

1-я тип. издательства «Наука». Ленинград, В-34,  
9 линия, д. 12



**Издательство  
«Наука»**

Имеются в продаже  
книги серии  
„Классики науки“

НЬЮТОН ИСААК

Лекции по оптике  
1946, 240 стр.  
Цена 1 р. 60 к.

НЬЮТОН ИСААК

Всеобщая арифметика  
или книга  
об арифметических  
синтезе и анализе  
1948, 440 стр.  
Цена 2 р.

ЧЕБЫШЕВ П. Л.

Избранные труды  
1955, 926 стр.  
Цена 50 к.

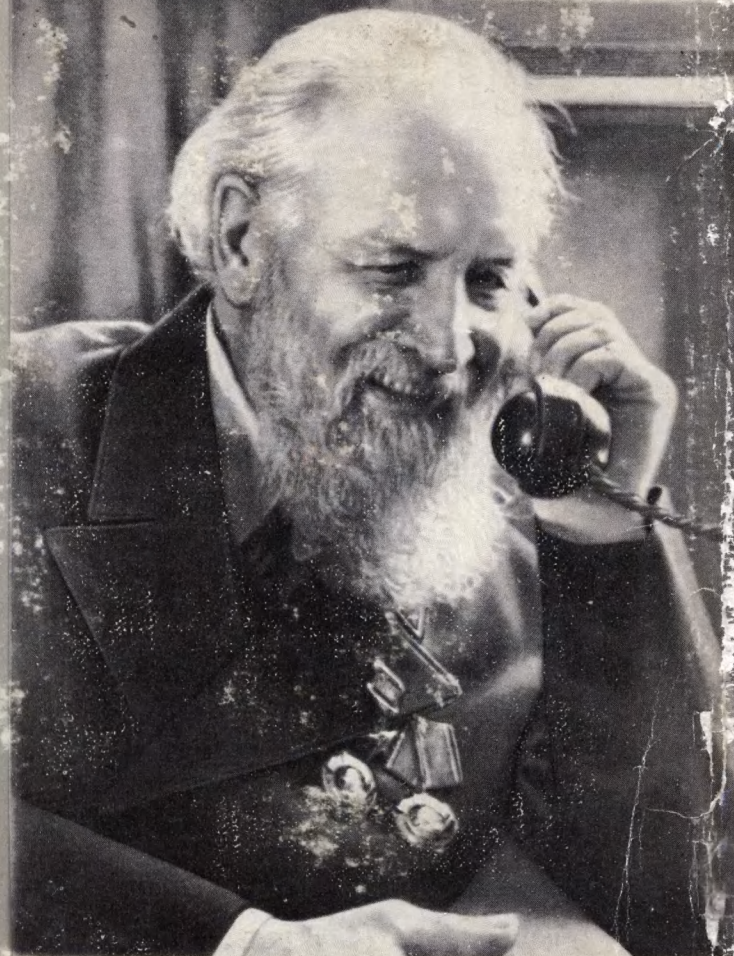


ЗАКАЗЫ НА КНИГИ  
ПРИНИМАЮТСЯ ВСЕМИ  
МАГАЗИНАМИ  
КОНТОРЫ „АКАДЕМКНИГА“

Цена 1 р. 36 к.

И. Г. ХАНОВИЧ  
АКАДЕМИК А. Н. КРЫЛОВ

И. Г. ХАНОВИЧ



**Издательство  
«Наука»**

Имеются в продаже  
книги серии  
„Классики науки“

БЕРНУЛЛИ Д.

Гидродинамика или записки  
о силах и движениях  
жидкостей  
1959, 551 стр.  
Цена 2 р. 38 к.

ГАУСС К.-Ф.

Труды по теории чисел.  
 $a \equiv b \pmod{m}$   
1959, 978 стр.  
Цена 1 р.

КРЫЛОВ А. Н.

Избранные труды  
1958, 803 стр.  
Цена 1 р.

ЗАКАЗЫ НА КНИГИ  
ПРИНИМАЮТСЯ ВСЕМИ  
МАГАЗИНАМИ  
КОНТОРЫ „АКАДЕМКНИГА“

И. Г. ХАНОВИЧ

**АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ  
КРЫЛОВ**

АКАДЕМИК А. Н. КРЫЛОВ

И. Г. ХАНОВИЧ

И. Г. ХАНОВИЧ

*Академик*

АЛЕКСЕЙ НИКОЛАЕВИЧ

КРЫЛОВ

---

