

Math-Net.Ru

Общероссийский математический портал

А. Крылов, Значение математики для кораблестроения, *Квант*, 2013, номер 3, 2–9

Использование Общероссийского математического портала Math-Net.Ru подразумевает, что вы прочитали и согласны с пользовательским соглашением

<http://www.mathnet.ru/rus/agreement>

Параметры загрузки:

IP: 18.97.9.174

21 января 2025 г., 07:36:05



## К 150-ЛЕТИЮ А.Н.КРЫЛОВА

В августе нынешнего года исполняется 150 лет со дня рождения Алексея Николаевича Крылова (1863–1945) — выдающегося ученого-энциклопедиста, кораблестроителя, механика, математика и инженера, академика. Всю жизнь Крылов строил корабли и учил строить корабли — а для этого нужны знания из самых разных теоретических и практических областей. Алексей Николаевич знал о кораблях, по-видимому, все — от необходимых при строительстве судна слесарных инструментов до сложнейших физических и математических теорий, связанных со всеми сторонами мореходного дела. Он автор фундаментальной «Теории качки корабля», изобретатель множества полезных приборов (в том числе механического прибора для интегрирования дифференциальных уравнений), не говоря уже о множестве научных работ и учебных пособий по механике, математике и уравнениям математической физики. Есть у него и труды по астрономии, и труды по практической оптике.

Алексей Николаевич оставил воспоминания о своей жизни — а жизнь он прожил долгую, яркую и интересную. Воспоминания превосходно написаны, мы всем советуем найти их и прочитать. Но, надо сказать, и научные работы, и докладные записки по морскому министерству он тоже умел писать ясно, образно и доходчиво.

Предлагаем вашему вниманию три небольшие статьи А.Н.Крылова, вошедшие в книгу «Академик А.Н.Крылов. Воспоминания и очерки» (М.: Издательство АН СССР, 1956).

# Значение математики для кораблестроителя

*А.КРЫЛОВ*

**§ 1.** ОБЫЧНО СЧИТАЮТ, ЧТО МАТЕМАТИКА СЛУЖИТ основой образования инженера и что всякий инженер должен знать математику.

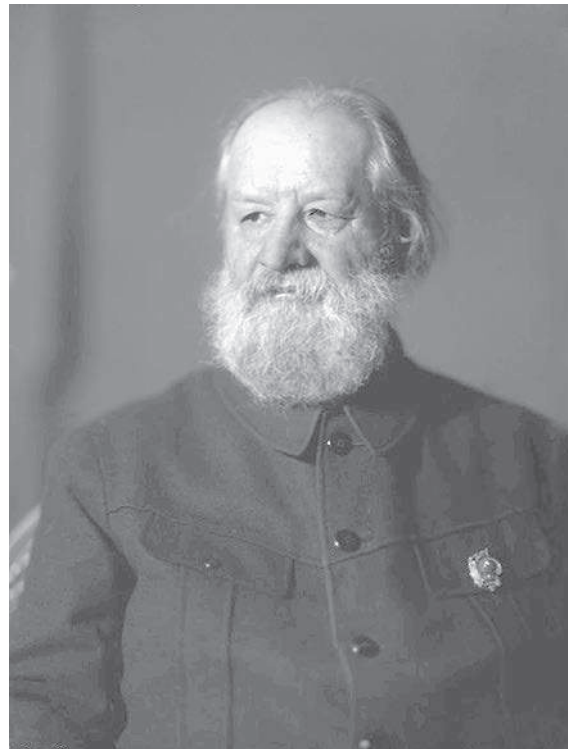
Настоящий очерк посвящен рассмотрению вопроса о том, в какой мере такой взгляд правилен или неправилен, а вместе с тем и вопросу о том, *кого* и *как* учить математике.

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.

В этом выборе нам может помочь и самое общее обозрение исторического хода развития математики и практических ее приложений.

**§ 2.** Европейские народы унаследовали свою культуру от древних греков, населявших побережье восточной части Средиземного моря, главным образом теперешнюю Грецию.

Здесь, в особенности в Афинах, за 400 лет до нашей эры уже была популярна философия и как одна из ее отраслей — логика, т. е. искусство делать правильные умозаключения из данных предпосылок. При знаменитых Платоне и Аристотеле образцовым примером логики служила *геометрия*, не в смысле промышленного землемерия и определения границ земельных участков, а как чисто отвлеченная наука, изучавшая идеальные образы, ею самую созданные, по свойствам своим соответствующие реальным, имеющимся в природе.



*Алексей Николаевич Крылов*

Это изучение основывалось на небольшом числе аксиом, определений и на трех постулатах. Я не буду перечислять этих аксиом, вам известных, а приведу

лишь постулаты, о которых в современных руководствах по геометрии часто не упоминается совсем. Вот они.

1) Через две данные точки можно провести прямую и притом только одну.

2) Ограниченная прямая линия может быть продолжена прямою же на любую длину.

3) Когда дан радиус, один конец которого находится в данной точке, то этим радиусом может быть описан круг.

Затем все учение, составляющее, по теперешней терминологии, элементарную геометрию, приводится, сводя все доказательства чисто логическими рассуждениями к аксиомам и все построения к сказанным постулатам.

Таким образом, возникла та геометрия, которая с неподражаемым совершенством изложена примерно за 250 лет до н.э. Евклидом.

Само собой разумеется, что в то время геометрию изучали взрослые юноши, а вернее, в часы досуга зрелые бородатые мужи, искушенные в словопрениях перед судилищами и ареопагами, ибо лишь они могли оценить всю тонкость логики Евклида; теперь же в Англии в буквальных переводах мучают 12- и 13-летних мальчиков, и можно лишь удивляться, как общество «Защиты детей от жестокого обращения и покровительства животным» это допускает.

Попробуйте взять Евклида в переводе и посмотрите, какое умственное напряжение требуется, чтобы проследить ход его доказательств, но зато какова изуми-

тельная логичность и строгость их и какова их последовательность. Конечно, это изучение представляет, может быть, и превосходную умственную тренировку, но во всякой тренировке надо соблюдать должную меру.

В школе же Платона зародилось и учение о конических сечениях (по поводу знаменитой задачи об удвоении куба), которое впоследствии, также за 250 лет до н.э., было доведено Аполлонием до такой степени полноты и совершенства, что хотя вас и мучили в курсе аналитической геометрии изучением свойств этих кривых, но это составляет лишь малую долю того, что находится в сочинении Аполлония и что им самим создано. Если к этому присоединить еще сочинения Архимеда, величайшего из математиков всех времен и народов, то вы получите некоторое суждение о том, каков был гений древних греков.

Само собой разумеется, что все в этих сочинениях излагается чисто геометрически с полной «евклидовой» строгостью рассуждений, не прибегая к той алгебраической символистике, к которой мы так привыкли теперь.

Хотя от древних остались гигантские по размерам и изумительные по красоте и пропорциональности здания и сооружения, но совершенно не известно, каким образом они разрабатывали проекты этих сооружений и оказывала ли им в этом помощь геометрия. Многие заставляют думать, что эта помощь была ничтожна.

**§ 3.** С завоеванием древнего мира римлянами отвле-



*Верфь деревянного судостроения*

приходит в упадок, сменяясь практической архитектурой, гидравликой и землемерием, а в IV и V вв., можно сказать, всякая наука утрачивается и замирает на целое тысячелетие. Но практика и техника как искусство, независимо от утраты отвлеченной науки, продолжают развиваться, и создается как бы разрыв между отвлеченною наукою и практикой.

Мы теперь с понятием о математике связываем понятие о вычислениях в самом общем и обширном значении этого слова. В древности ограничивались лишь производством численных вычислений, причем оно входило главным образом лишь в астрономию, в которой было доведено до значительного совершенства, несмотря на неудобства письменной нумерации древних греков.

С XVI в. в Европе зарождается пришедшее от арабов искусство буквенного исчисления и формальная алгебра, которая, постепенно совершенствуясь, к середине XVII в. достигает значительного развития.

**§ 4.** Здесь приходится упомянуть великого философа и математика Декарта; с одной стороны, он своим афоризмом «*Cogito ergo sum*» (Мыслью – значит существую) как бы вновь наложил на математику тот отпечаток отвлеченности, который она не только сохранила и донныне, но который особенно усилился за последние 70 лет. С другой стороны, Декарт преобразовал геометрию введением в нее алгебры и ее вычислительных методов, которые были совершенно чужды древним.

В 1670-х годах Ньютон создает «исчисление флюент и флюксий», т.е. текущих количеств, как он его называет. Независимо от него в 1680-х годах это же исчисление находится и публикуется философом Лейбницем и называется им «исчисление бесконечно малых».

Ньютон вместе с тем в изданном им в 1686 г. сочинении «Математические начала натуральной философии» развивает и как бы вновь создает динамику, первые начала которой были положены за 50 лет перед тем Галилеем, и доводит эту науку до высокой степени развития чисто геометрическим путем, по образцу древних, и прилагает созданное им учение к установлению системы мира и познанию и приложениям закона тяготения, им открытого, к изучению движения небесных тел.

В течение XVIII в. анализ бесконечно малых доводится до высокой степени совершенства; на его основе развивается теоретическая механика, которая сперва, по примеру Ньютона, прилагается главным образом к изучению движения небесных тел и отчасти к баллистике.

С середины XVIII в. механика начинает прилагаться к решению вопросов технических не только из области статики, которая была создана Архимедом, но и динамики.

С XIX в. технические приложения механики как в области статики, так и динамики все более и более проникают в технику и все более и более ее охватывают.

**§ 5.** Но и математика не стоит на месте, она продолжает развиваться в разных направлениях, которые можно характеризовать так:

- а) развитие вычислительных, в обширном смысле этого слова, процессов;
- б) изучение свойств функций, возникающих при вычислениях, установление строгости и строгое обоснование самих вычислительных процессов;
- в) общее изучение свойств чисел;
- г) изучение свойств пространства и обобщение их;
- д) изучение специально алгебраических процессов и свойств алгебраических уравнений;
- е) усовершенствование способов численных вычислений, приближенных методов их и приложения этих методов.

Каждая из этих областей разрослась так, что литература по каждой из них в отдельности составляет целую библиотеку из многих сотен, многих тысяч, а иногда и многих десятков тысяч журнальных статей, руководств и трактатов.

Теоретическая механика также разрослась не в меньшей степени; в нее входят:

- а) чисто теоретическая или так называемая рациональная механика;
- б) «небесная механика», т. е. приложение механики к изучению движения небесных тел;
- в) так называемая прикладная механика, т. е. приложение механики к вопросам изучения механизмов и построения их;
- г) теория упругости и сопротивления материалов, изучающая вместе со «строительной механикой» свойства материалов, расчеты разного рода конструкций и возникающих в них напряжений;
- д) наконец, сюда же надо отнести математическую физику с ее подразделениями, каждое из которых имеет обширные приложения в практике и технике.

Литература по каждому из этих отделов громадна и, можно сказать, практически необозрима.

**§ 6.** При нашем беглом обзоре развития математики мы обратили внимание на то, что чистый математик, которого мы будем называть «геометр», требует от своей науки – математики – прежде всего безукоризненной логичности и строгости суждений.

Одно время в конце XVIII в. математика как бы отчасти сбилась с этого пути, но уже в первой четверти XIX в. была на него вновь неуклонно направлена Гауссом, Абелем и Коши; начиная же с последней четверти XIX в., по почину Вейерштрасса, в математику вновь вводится, можно сказать, «евклидова строгость», а с нею отвлеченность.

Математика сама создает те идеальные образы, над которыми она оперирует, не только не прибегая при этом к наглядности, но тщательно изгоняя из своих рассуждений и доказательств всякую наглядность, всякое свидетельство чувств. Геометр не только не верит своим чувствам, но не признает самого их существования; он есть декартово *мыслящее существо*. Геометру нет дела до того, есть ли в природе такие предметы, к которым его образы относятся, для него важно, что он их создал в своем уме, приписал им

определения, аксиомы и допущения, после чего он с полной логичностью и строгостью развивает следствия этих аксиом и допущений, не вводя при этом никаких других аксиом и никаких новых допущений, — до остального ему дела нет.

§ 7. Ясно, что практик, техник, каковым и должен быть всякий инженер, смотрит на дело совершенно иначе. Он должен развивать не только свой ум, но и свои чувства так, чтобы они его не обманывали; он должен не только уметь смотреть, но и *видеть*, он должен уметь не только слушать, но и *слышать*, не только нюхать, но и *чуять*; свои же умозаключения он должен сводить не к робкому декартову «мыслью — значит существую», а к твердому, практическому: «я это вижу, слышу, осязаю, чую — значит это так и есть».

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.

Инженер должен по своей специальности уметь владеть своим инструментом, но он вовсе не должен уметь его делать; плотник не должен уметь выковать или наварить топор, но должен уметь отличить хороший топор от плохого; слесарь не должен уметь сам насесть напильник, но должен выбрать тот напильник, который ему надо.

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.

Вообразите же теперь инженера, вошедшего в этот склад и желающего в нем найти нужный ему инструмент. Он прежде всего будет поражен огромным, подавляющим количеством всего накопленного за 2500 лет материала, его изумительным разнообразием. При более внимательном рассмотрении он заметит среди массы других вещей, кажущихся простыми, и некоторые сложнейшие аппараты непонятного ему назначения, но изумительные по отделке их многочисленных деталей, по тщательной их пригонке, да к тому же оправленные в серебро и золото.

Среди аппаратов новейшего изготовления он увидит множество приборов, служащих для самой точной, самой тщательной отделки изделий, т.е. множество разных шаберов и шлифовальных станков. Заметит он и много устарелого, вышедшего из употребления, местами будет попадаться и просто разный хлам.

Но ведь инженер пришел сюда не затем, чтобы любоваться неисчислимыми сокровищами: не золото и серебро ему нужны, а быстрорежущая сталь, ему нужен не столько шабер, сколько грубая обдирка, грубое надежное зубило, ведь не шабером же будет он выбирать шпунт у ахтерштевня. 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 напаешься, а за остальным заходят лишь знатоки — мастера и любители.

Не огнестись ли ему с доверием к этим, еще издавна великими мастерами подобранным ассортиментам и не следует ли ему воспользоваться этими готовыми и десятилетиями, если не столетиями, испытанными инструментами и научиться ими правильно и искусно владеть, а затем уже, когда он сам станет знатоком и мастером, порыться и в остальных сокровищах и попытаться извлечь из них именно то, что ему надо, не брезгуя и шаберами.

Так вот, 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. Может быть, они сами и не инженеры, но зато они хорошо знают и хорошо владеют вверенным им инструментом, склад свой они изучили и знают, где и что в нем можно найти.



Корвет «Рында»

**§ 8.** Однако, чтобы правильно выбрать готовый или правильно подобрать свой ассортимент инструментов, надо ближе разобраться в том деле, для которого он нужен. Для этого опять-таки бегло и в общих чертах проследим развитие кораблестроения.

О судостроении древних культурных народов почти не сохранилось никаких данных, по которым инженер мог бы составить ясное представление о судах, их устройстве, способах их проектирования и постройки. Рассказы некоторых историков по большей части свидетельствуют об их технической безграмотности и легковерии. Между тем начало судостроения восходит задолго до всякой письменности и всякой истории...

Чертежей тогда, по-видимому, не было, или они изготовлялись на покрытых воском дощечках или временных деревянных помостах вроде тех, которыми и теперь пользуются кустари при постройке речных барж; ясно, что от этого ничего не сохранилось, да и не могло сохраниться.

Здесь, видимо, все шло преимущественно чисто практически, передаваясь от отца к сыну, от мастера к ученику, а не как наука.

Даже основной закон о равновесии плавающих тел, данный Архимедом за 250 лет до н.э., был впервые применен к делу судостроения лишь в 1660-х годах Антониом Дином в Англии, когда в ней уже был Ньютон, математический гений которого почитается одинаковым с гением Архимеда.

Но здесь приходится заметить, что, судя по найденному около Туниса, вблизи того места, где был древний Карфаген, затонувшему судну, грузенному вчерне отделанными статуями, на котором сохранилась копия того документа, что теперь называют «чартер партией», видно, что и тогда, т.е. примерно 2000 лет тому назад, этот документ составлялся почти в тех же выражениях, как и теперь, также предусматривались случаи «непреодолимых сил», да притом еще и шкипер клялся «Зевсом и всеми богами Олимпа хранить условия чартера свято и нерушимо и добавочного груза на свое судно не принимать». Значит, практика мореплавания и тогда сознавала значение надводного борта, хотя едва ли знала закон Архимеда.

Первые руководства по «Теории корабля» появились в 1740-х годах. В них впервые было установлено учение об остойчивости корабля.

В начале 1800-х годов... были усвоены польза и необходимость диагональных связей, придававших крепость и неизменяемость судовому борту; да и то теория этого дела была обоснована физиком Юнгом.

В 1840-х годах началась постройка железных паровых судов; она стала быстро развиваться, но здесь довольно долгое время (около 30 лет) шли ощупью и сохраняли не только ненужное, но даже вредное наследие деревянного судостроения, вроде толстого, на ребро поставленного полосового киля.

Лишь в 1870 г. Рид дал до сих пор сохранившиеся практические приемы вычисления остойчивости корабля на больших наклонениях и расчеты напряжений, возникающих в связях корабля на волнении.

Сталь в судостроение введена с начала 1800-х годов.

Уточнение расчетов корабля как целого сооружения, а также его важнейших деталей создано трудами И.Г.Бубнова, П.Ф.Папковича, Ю.А.Шиманского, которых я почитаю за честь считать в числе моих учеников.

Отсюда вы видите, насколько молодо действительно научное изучение корабля, его конструкции, его мореходных качеств по сравнению с теми неисчислимыми столетиями, в течение которых существует судостроение и мореплавание, и насколько здесь практика предшествовала теории.

**§ 9.** Постараемся теперь установить в общих чертах тот математический аппарат, которым должен располагать корабельный инженер, чтобы вполне *сознательно рассчитывать* проектируемый им корабль, и притом *военный*, как наиболее сложный, причем инженер никакими правилами ни Ллойда, ни Регистра не стеснен.

Под словом «сознательно» будем разуметь, что инженер хотя и будет применять готовые и давно разработанные методы, но он вполне овладеет теми отделами математики, на которых эти методы основаны, и, значит, может вполне ясно судить об их применимости и условиях ее.

Начнем с теории корабля.

Расчет плавучести и остойчивости требует применения начал интегрального исчисления для вычисления площадей и объемов, положения центра тяжести и проч. Причем все это выражается простыми, а не кратными интегралами, исчисляемыми по приближенным формулам квадратур.

Вычисление остойчивости, кроме того, требует отчетливого понятия о кривизне и эволюте и связи между координатами точек эволюты и эвольвенты. Исследование влияния повреждений на посадку и остойчивость корабля требует для полной отчетливости знания свойств моментов инерции плоской фигуры и определения положения ее главных осей инерции.

Расчет качки на волнении требует знания основ гидродинамики и теории «малых» колебаний твердого тела, как свободных, так и вынужденных, т.е. интегрирования совокупных линейных дифференциальных уравнений с постоянными коэффициентами.

Если корабль предположено снабдить успокоителями качки в виде цистерн, то надо иметь еще некоторые сведения из гидродинамики, а если успокоитель должен быть гироскопическим, то требуется более углубленное знание динамики твердого тела.

При этом предполагается, что инженер не будет рассчитывать теоретически «приведенной массы» увлекаемой кораблем воды при качаниях его, а воспользуется имеющимися на этот счет опытными данными, ибо такой расчет потребовал бы таких сведений из гидродинамики, на сообщение которых в курсе не хватило бы времени, если не развивать этот отдел в ущерб другим, более простым, но зато более обиходным.

Ходкость или требует еще более углубленного знания гидродинамики и изучения системы волн, образуемых при движении корабля, или же надо ограничиться

применением эмпирических формул и результатов испытания подобных судов и моделей...

Поворотливость плохо поддается учету, и суждение о ней основывают на существующей практике и результатах испытания судов, подходящих по типу к проектируемому.

Итак, положим, что элементы корабля и все, что относится к мореходным его качествам, установлено и рассчитано; тогда идет второй вопрос, где на первый план выступает строительная механика корабля, согласно основаниям которой надо произвести расчеты прочности корабля как целого сооружения и расчеты прочности всех деталей и отдельных устройств его.

Здесь требуется гораздо более сложный математический аппарат, нежели для теории корабля, ибо приходится иметь дело с изгибом и сжатием пластин и устойчивостью их, а для этого требуются основательные познания теории упругости, а следовательно, и весь необходимый математический аппарат с бигармоническим уравнением, учением о рядах, подобных рядам Фурье, и притом не только простых, но и двойных.

Затем возникнут вопросы о подкреплениях под орудиями или башнями и о действии на них выстрела, т.е. сил «малой» продолжительности, и рассмотрение вопроса о том, считать ли это действие «статическим» или «динамическим». Это связано с изучением колебательного движения упругих систем, что требует еще более сложного математического аппарата, нежели вопрос о вибрации всего корабля, и с учением о фундаментальных функциях и характеристических числах. Вместе с тем здесь необходимо столь же отчетливое знание и умение численно интегрировать дифференциальные уравнения, между тем как для учения о плавучести и устойчивости требуется умение приближенно производить квадратуры.

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...

При изучении анализа и механики и подсобных отделов из аналитической геометрии и высшей алгебры должны соблюдаться определенная постепенность и полнота; многое может казаться излишним и непосредственных приложений не имеющим, но оно нужно для ясного усвоения дальнейшего и не может быть пропущено подобно скучной главе романа.

Здесь было бы слишком долго и неуместно перечислять необходимые сведения, т.е. как бы составлять учебный план; достаточно установить его принципы: *соответственно той подготовке, которую инженер*

*должен получить по своей специальности, устанавливается объем его познаний по прикладным предметам, т.е. теории корабля, строительной механике корабля со включением теории упругости (если надо) и сопротивления материалов; как только объем прикладных предметов определен, так определяется и соответствующий объем математических познаний.*

Что касается самого преподавания их и отводимого им места, то может быть два взгляда: или все математическое относить к курсу математики и механики, или же к этим курсам относить только те общие познания, которые входят в несколько, по крайней мере в *два*, прикладных специальных предмета, а те отделы, которые входят только в *один* предмет, относить к введению в этот предмет или к соответствующей главе его.

По сути дела это распределение в конце концов эквивалентно. Гораздо важнее решение другого вопроса, а именно: есть ли необходимость от каждого корабельного инженера требовать все в полном объеме, совершенно для всех однообразно.

Ведь деятельность инженера весьма разнообразна. Один инженер работает и предназначает себя к работе в конструкторском бюро, другой более склонен к работе на производстве, к работе в цехе. Одни инженеры имеют в виду работать специально по коммерческому судостроению, другие – по военному.

Должна ли школа давать как бы законченную подготовку, или она 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 теперь представляется столько возможностей? Надо помнить афоризм Козьмы Прутова: «Нельзя объять необъятное».

Надо ли всех подгонять под один шаблон, или надо и в самой высшей школе считаться с индивидуальными способностями 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 явятся обязательными для групп, соответственно специализировавшихся.

Мне лично думается, что эта последняя система будет более рациональна, нежели система огульного обучения всех и каждого одному и тому же, не считаясь с его склонностью.

**§ 10.** Скажу несколько слов о самом характере постановки преподавания и самого курса математики и механики для инженеров.

Выше уже была отмечена разница взглядов на математику геометра и инженера. Соответственно этой разнице должен быть поставлен и курс.

Для геометра, который должен впоследствии создавать новые методы в математике или новые методы решения математических вопросов, а значит, и долж-

ным 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. На инженера эти строгие, лишенные наглядности доказательства и рассуждения наводят тоску и уныние, он видит в них топтание на месте, жевание жвачки, стремление доказывать очевидное, что давно им понято и что ему до доказательства кажется более ясным и понятным, нежели после доказательства.

Геометр обыкновенно мало ценит вычислительные процессы, особенно доведение их до конца, т.е. до численного результата, вычисляемого с заданной наперед, обыкновенно небольшой степенью точности; инженер же смотрит на дело как раз наоборот: в решении вычислением конкретно поставленного вопроса он видит и ценит именно прикладную сторону, усматривая в ней пример того, как надо поступать в аналогичном случае в предстоящей ему практике.

**§ 11.** Молодые инженеры часто склонны относиться с своего рода пренебрежением «к разного рода правилам Ллойдов и Регистров», считая, что эти правила составлены по принципу «назначь размер, скажем толщину, на глаз да четверть дюйма прибавь».

На самом же деле это далеко не так. Возьмем для примера английский Ллойд. Он существует как классификационное общество, т.е. наблюдающее за надлежащей прочностью корабля и его снабжения как во время постройки, так и во время службы, сто лет. Все случаи повреждения судов осматриваются его инспекторами, рассеянными по портам всего мира, и доводятся до сведения главной лондонской конторы Общества, в которой работают опытниейшие инженеры с обширной практикой и широким научным образованием.

Сейчас в списках английского Ллойда находится около 35 тысяч пароходов всех наций; отсюда можно заключить, какой огромный материал и какое богатство опытных данных и «случаев» накапливается в его главной конторе.

Правила Ллойда не являются неизменными, они постоянно совершенствуются на основании действительного опыта плавания судов и анализа аварий или повреждений, ими понесенных. Более того, предоставлено отступать от буквы этих правил, подтверждая отступление расчетами, представляемыми на просмотр и одобрение главной конторы, в которой таким образом группируется и этот опыт, ведущий к постоянному совершенствованию правил. Ввиду этого правила периодически переиздаются, причем в них вносятся существенные изменения, польза которых оправдалась практикой; поэтому правила эти заслуживают внимательного и вдумчивого изучения.

**§ 12.** Знаменитый английский натуралист Гексли лет 70 тому назад сказал: «Математика, подобно жернову, перемалывает лишь то, что под него засыпают». Вы видели, что в строгой «евклидовой» математике эта засыпка состоит из таких аксиом и постулатов, в справедливости которых инженер усомниться не мо-

жет, а так как лишь эти аксиомы и постулаты «перемалываются» без *добавления новых* (а если что добавляется, то должно быть точно и ясно указано), то инженер и придает такую веру математическому доказательству.

Но 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 оперируют 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. Об этом часто забывают, делают вначале какое-нибудь грубое приближенное предположение или допущение, часто даже не оговорив таковое, а затем придают полученной формуле гораздо большее доверие, нежели она заслуживает, и это потому, что ее вывод сложный.

**§ 13.** В очерке о П.А.Титове<sup>1</sup> указано, что инженер должен непрестанно накапливать практический опыт, он должен выработать свой глазомер и сразу видеть, верен ли результат расчета, или нет. А вот другой пример. Знаменитый итальянский математик Туллио Леви Чивита, между прочим составивший превосходный курс механики, прочел года три тому назад в Вене, по приглашению Австрийского общества инженеров, доклад «О динамической нагрузке упругих систем».

Изыщнейшими с математической стороны выводами он установил некоторый общий критерий, которым определяется верхний предел динамической нагрузки, т.е. такое значение ее, которого она при данных обстоятельствах превзойти не может.

В формулы Леви Чивита входит продолжительность действия нагрузки, поэтому, например, получилось, что при проходе поезда по мосту динамическая нагрузка тем *больше*, чем скорость хода поезда *меньше*.

Как правоверный математик он верит своей формуле больше, нежели глазу и здравому смыслу, и не видит в ней наглядной несообразности. Математически его формула верна, но она дает слишком большое значение сказанного верхнего предела, не имеющее практического значения.

Возьмем для примера знаменитый мост «Британия», построенный в 1848 г. Пролеты этого моста имеют длину около 450 футов, сечение моста коробчатое, со сплошными боковыми стенками и со сплошными, и притом двойными, верхнюю и нижнюю панелями, так что каждый пролет имеет аналогию с кораблем. Так вот, по формуле Леви Чивита при проходе по этому мосту товарного поезда, идущего самым малым ходом, верхний предел динамической нагрузки получается 3000 т на погонный фут, т.е. 1350000 т на весь пролет. На самом же деле верхний предел этой нагрузки есть 3 т на погонный фут, т.е. 1350 т на весь пролет. На эту нагрузку он и рассчитан его знаменитыми строителями

<sup>1</sup> См. следующую статью. (Прим. ред.)



Ферберном и Стефенсоном, и стоит он с 1848 г. неизбежно, пропустив миллионы поездов с большими и малыми ходами.

Конечно, 3000 т больше 3 т, формула Леви Чивита верна, а какой в ней толк?

Всякий инженер заметил бы практическую непригодность формулы и, обратившись к предпосылкам, сделанным при ее выводе, легко увидел бы несоответствие действительности, а знаменитый математик, привыкший со всею «евклидовой» строгостью перемалывать

аксиомы и постулаты, не заметил грубости одного из своих постулатов, сообразно которому и получил столь высокий верхний предел.

Титова знали немногие корабельные инженеры того времени. Знаменитого Леви Чивита за его чисто математические работы знают и почитают математики всего мира. Если бы вы готовились быть математиками, я пожелал бы вам стать Леви Чивитами, но вы готовитесь быть корабельными инженерами, поэтому желаю вам стать Титовыми.

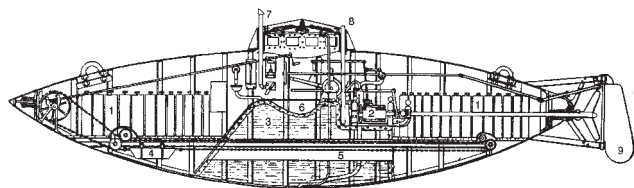
## Корабельный инженер-самоучка

А.КРЫЛОВ

**В** 1894 г. ВНЕЗАПНО СКОНЧАЛСЯ ОДИН ИЗ САМЫХ ЗАМЕЧАТЕЛЬНЫХ РУССКИХ КОРАБЕЛЬНЫХ ИНЖЕНЕРОВ – ПЕТР АКИДИНОВИЧ ТИТОВ, ПАМЯТИ КОТОРОГО Я И ХОЧУ ПОСВЯТИТЬ ЭТИ СТРОКИ.

Отец Петра Акиндиновича был родом рязанский крестьянин и служил машинистом на пароходах Петрозаводской линии. Когда сыну минуло 12 лет, он стал брать его на лето к себе на пароход подручным в машину, а на зиму посылал на работу на Кронштадтский пароходный завод; с 16-летнего возраста он определил его рабочим в корабельную мастерскую Невского завода. Из корабельной мастерской Петра Акиндиновича назначили на плаз подручным, с плаза – в заводскую чертежную, а из чертежной – сперва плазовым мастером, а потом помощником корабельного мастера, которым тогда был памятный старым инженерам англичанин Бейн. В те годы к Невскому заводу относилась и Охтинская адмиралтейская верфь, на которой в то время строился полуброненосный фрегат «Генерал-адмирал». Постройка его еще не была доведена до конца, как Бейн умер, и мастером был назначен молодой тогда П.А.Титов. После «Генерал-адмирала» на том же заводе Титовым были построены клиперы «Разбойник» и «Вестник».

В 1881 г. Военно-инженерное ведомство решило построить сразу пятьдесят малых подводных лодок системы Джевецкого, приводимых в движение ножным приводом, на котором работало два человека из числа трех, составлявших экипаж лодки. Постройка должна была вестись совершенно секретно на специальном небольшом заводе, производившем сборку; изготовление же отдельных частей было поручено разным заводам.



Подводная лодка Джевецкого образца 1881 года, переоборудованная в электрород

Корпус лодки состоял из трех выгнутых железных листов довольно хитрой формы. Листы эти были вычерчены в различном масштабе и розданы для изготовления трем разным заводам, в том числе и Невскому. Два из этих заводов, побившись над этим делом и перепортив немало количество материала, передали затем свой заказ Невскому заводу, и таким образом работа оказалась сосредоточенной в руках Титова. Петр Акиндинович любил об этом вспоминать.

– Поступили к нам заказы от разных заводов на листы, выкроенные какими-то ускорниками вроде тех, что получают, когда с апельсина корку звездочкой снимать, и все вычерчены в разных масштабах, к тому же один в футовой мере, другие в метрической, и надо их не только выкроить, но и выколотить по чертежу. Думаю, неспроста это, хоть и с разных заводов. Вычертил я их все три в одном масштабе и посмотрел, что будет, если их все вместе сложить. Получился как бы большой американский орех. Тогда, ясное дело, согласовал я у них пазы, сделал накрои, как следует выколотил три листа и сложил вместе. Приезжает Джевецкий, с ним француз, потом мой приятель Гарут; как взглянули, так и ахнули:

– Ведь это секрет!

– Какой там, – говорю, – секрет; давайте лучше я вам в ваших листах и дыры проколю, а то придется на месте трещеткой сверлить – никогда не кончите.

Так и сделал я им эти листы, а потом их Гарут на своем заводе клепывал.

Кажется, в 1882 г. Охтинская верфь была закрыта. Завод Берда купило вновь основанное Франко-русское общество, которое также получило в безвозмездное «арендное пользование» Галерный островок с бывшими на нем эллингами и мастерскими. При этом Обществу были заказаны по высокой цене крейсера «Витязь» и «Рында».

Первым директором образовавшихся Франко-русских заводов был француз, инженер Павел Карлович Дюбюи, родственник молодой красавицы-француженки Марии Ивановны, на которой незадолго перед этим женился морской министр, адмирал И.А.Шестаков.

Стал Дюбюи искать корабельного инженера, которому он мог бы вверить верфь Галерного островка и постройку крейсеров. Обратился он к своему товарищу по парижскому инженерному училищу Джевецкому, и тот рекомендовал ему П.А.Титова. Таким образом, Петр Акиндинович стал главным инженером и управляющим верфью Галерного островка, хотя, обладая редкой практической опытностью по всем частям кораблестроения, он не имел диплома даже сельской школы.

«Рында» и «Витязь» были наши первые суда, построенные не из железа, а из судостроительной стали, и Петру Акиндиновичу пришлось самому выработать все приемы предосторожности при ее обработке, в особенности горячей, которой