

привлек его внимание к опыту и наблюдениям Кавендиша [5, с. 106]. Трудно отделаться от впечатления, что таким путем Рамзай как бы утверждал свой приоритет, по крайней мере в подсказке Рэлею метода решения возникшей задачи выяснения причин аномалии плотностей азота. Однако высказывание Рамзая вместе с тем эквивалентно фактическому признанию роли метода Кавендиша в процессе открытия нового газа атмосферы. Неудивительно, что Рэлей в категорической форме опроверг заявление Рамзая как абсолютно необоснованное. В письме, специально адресованном Рамзаю, Рэлей подтвердил, что получил информацию об опыте Кавендиша от Дьюара: «Именно Дьюар обратил мое внимание на Кавендиша, и когда я прочитал его работу, то выяснил, что он говорит об остатке. Позже, в Оксфорде, вы информировали меня, что вам было известно, что Кавендиш говорит об остатке» (там же).

При рассмотрении истории открытия аргона вместе с тем обращает внимание заметная инерция, определенный временной разрыв между выявлением аномалии в значении плотностей азота и практическим применением методики Кавендиша. Эффективное решение проблемы во многом осложнялось прежде всего причинами психологического порядка. Присутствие в атмосфере нового, неизвестного ранее компонента представлялось маловероятным. Казалось, что все газы атмосферы уже открыты, хорошо изучены и нет смысла вновь обращаться к поиску новых газообразных элементов. Учитывая, что воздух был объектом долговременного изучения многих выдающихся исследователей, чрезвычайно трудно было допустить возможность того, что какие-либо новые элементы могли ускользнуть из их поля зрения. В связи с этим, например, Рэлей склонялся к мысли, что причину аномалий следует искать в химическом азоте, в возможной ошибке поставленных им химических опытов. В конце апреля 1894 г., уже после выступления в Королевском обществе, он принял решение вначале проверить значения плотности химического азота и только на последующем этапе обратился к пузырьку Кавендиша.

Как известно, В. Рамзай придерживался иного мнения и полагал, принимая во внимание работу Кавендиша, что аномалия может объясняться присутствием неизвестного вещества, возможно более тяжелого элемента в воздухе.

Полученный в конце XVIII в. пузырек инертных газов во многом способствовал преодолению известных психологических трудностей и позволил освободиться от устоявшихся взглядов об изученности химического состава воздуха. Тем не менее, высказанное Кавендишем предположение о содержании в азоте неизвестной компоненты и отдельный опыт, фактически подтвердивший эту догадку, представляются второстепенной, побочной ветвью выполненной им экспериментальной работы. Основным содержанием и главным практическим результатом цикла исследований, предпринятых Кавендишем, как показано выше, являются открытие нового метода связывания атмосферного азота (синтез оксида азота), а также обнаружение образования нитратов и нитритов при пропускании электрического разряда через смесь кислорода и азота над едким кали.

Литература

1. *Berry A. J. Henry Cavendish. L., 1960.*
2. *Partington J. R. History of Chemistry. L., 1970, VIII.*
3. *Cavendish H. Experiments on Air.— Phil. Trans., 1785, v. 75, p. 372.*
4. *Ramsay W. The gases of the Atmosphere. The History of their discovery. L., 1915.*
5. *Travers M. W. A Life of Sir William Ramsay. L., 1956.*
6. *Rayleigh R. Life of Lord Rayleigh, L., 1921.*
7. *Соловьев Ю. И., Петров Л. П. Вильям Рамзай. М.: Наука, 1971.*
8. *Cavendish H. Experiments on Air.— Phil. Trans., 1784, v. 74, p. 119—153.*
9. *Cavendish H. Phil. Trans., 1784, v. 74, p. 170.*
10. *The Scientific Papers of the Honourable Henry Cavendish, Cambridge University, Press, 1921.*
11. *Cavendish H. On the Conversion of a Mixture of Dephlogistigated and Phlogistigated Air into Nitrous Acid by the Electric Spark.— Phil. Trans., 1788, v. 78, p. 261—269.*
12. *Wilson G. The life of the Hon. Henry Cavendish and a critical Inquiry into the Claims of all alleged Discoverers of the Composition of Water. L., 1851.*
13. *Rayleigh R. Life of Lord Rayleigh. L., 1921, p. 193.*

О РАБОТАХ АКАДЕМИКА Л. С. ЛЕЙБЕНЗОНА ПО ТЕОРИИ УПРУГОСТИ

Н. В. ЗВОЛИНСКИЙ

Леонид Самуилович Лейбензон оставил заметный след в истории отечественной гидродинамики, теории упругости, механики нефтяного дела, геофизики, исследований теоретических проблем авиации. Для Л. С. Лейбензона был характерен постоянный интерес к всестороннему теоретическому решению самых актуальных задач. В его творчестве теория органично соединялась с практикой.

Родился он 27 июня 1879 г. в Харькове. После окончания физико-математического факультета Московского университета Л. С. Лейбензон получил инженерное образование в Московском высшем техническом училище (ныне МВТУ им. Баумана). В 1915—1917 гг. он был избран доцентом, а затем профессором Юрьевского (Тартуского) университета; в 1919—1921 гг.— доцентом, а с 1922 г. и до конца жизни являлся профессором Московского университета, где основал кафедру теории упругости и гидравлическую лабораторию. Одновременно с работой в Московском университете Л. С. Лейбензон вел исследования по механике нефти в организованной им первой в Советском Союзе нефтенормальной лаборатории (которая впоследствии стала ядром Государственного научно-исследовательского нефтяного института) и изучал в ЦАГИ вопросы прочности самолетов.

В 1933 г. Л. С. Лейбензон был избран членом-корреспондентом, а в 1943 г.— действительным членом Академии наук СССР. Скончался он 15 марта 1951 г.

К занятиям теорией упругости Лейбензона побудил Н. Е. Жуковский. Следуя его совету, молодой ученый начал исследования по деформации упругой сферы с приложениями к геодинاميке и по теории безбалочных покрытий.

Будучи еще студентом МВТУ, он работал в аэродинамической лаборатории Н. Е. Жуковского в г. Кучино, где занимался, в частности, исследованием прочности и вибраций воздушных винтов. Работа в технической конторе А. В. Бари, знакомство и общение с В. Г. Шуховым также, надо полагать, повлияли на тематику исследований, в частности возбудили интерес к исследованиям по изгибу пластин.

В основных работах Л. С. Лейбензона по теории упругости рассмотрены следующие проблемы: деформация упругой сферы в связи с задачами геодинاميки; устойчивость равновесия и колебания упругих систем; вариационные методы в теории упругости, изгиб и кручение брусьев, изгиб пластин.

Деформация упругой гравитирующей сферы. Исследования в этой области, тесно связанные с изучением внутреннего строения Земли и ее упругих приливов, были начаты в прошлом столетии в Англии В. Томсоном, Дж. Дарвином, Дж. Джинсом, А. Лявом и др. Эти работы не преследовали каких-либо утилитарных или технических целей. Исследователи пытались найти ответ на вопросы, как распределено вещество внутри Земли, как изменяются с глубиной плотность, упругость и другие физические свойства вещества. Первые работы Л. С. Лейбензона на эту тему относятся к 1919—1921 гг., когда Леонид Самуилович работал на кафедре прикладной математики МГУ, которой руководил Н. Е. Жуковский. В этих исследованиях хорошую службу сослужило ему владение техникой сферических функций, которое молодой ученый приобрел, изучая в студенческие годы «Трактат о натуральной философии» В. Томсона. Деформация упругой сферы посвящены три работы Л. С. Лейбензона, в том числе большой мемуар «Деформация упругой сферы в связи с вопросом о строении Земли» [5]. В них проанализирован механизм деформаций земного шара — упругой неоднородной сферы, состоящей из ядра и внешней оболочки. Эта деформация вызывается приливными силами и зависит от упругости и ядра, и оболочки, а также от их размеров. Подобный подход позволил на основе данных наблюдения земных приливов высказать соображения о внутреннем строении Земли. Он привел ученого к выводу о том, что земное ядро является жидким, имеет большой модуль объемного сжатия и что радиус этого ядра составляет 0,6 радиуса Земли. Для обоснования своих выводов Л. С. Лейбензон привлек известные уже в то время данные о скоростях сейсмических волн в земных недрах, сведения о перемещении полюсов Земли, демонстрировавшие динамику структуры земного шара.

Оценивая сегодня работы, выполненные 70 лет тому назад, следует, конечно, учитывать, как далеко вперед ушла наука, точность измерения сейсмических и приливных явлений. Тем не менее современные данные не опровергли, а подтвердили основные выводы Л. С. Лейбензона, сделанные в первых его работах. Глобальные проблемы геофизики поразили научное воображение молодого ученого; позднее, в 1939 г., он снова возвращается к ним, публикуя две большие работы: «Об образовании складчатости на поверхности земного шара при охлаждении» и «О затвердевании земного шара из расплавленного состояния» [5]. Анализ этих проблем был сопряжен со значительными сложностями, так как наряду с упругими эффектами исследователю приходилось учитывать теплопроводность и фазовый переход.

Вариационные методы. Нельзя говорить о научном творчестве Л. С. Лейбензона, не отметив его роли в развитии и применении в теории упругости вариационных методов. Конкретные задачи теории упругости, как известно, сводятся к отысканию решений дифференциальных уравнений, которые должны удовлетворять тем или другим граничным условиям. Такие решения удается найти в редких случаях, чаще же не удается даже отыскать подхода к эффективному точному решению. Однако существует целый класс так называемых краевых задач (задачи теории упругости как раз и принадлежат к нему), решения которых сообщают минимум некоторому функционалу. В теории упругости это функционал энергии. Такой подход позволяет вместо решения дифференциального уравнения искать минимум функционала. Хотя эта новая задача лишь немного проще исходной, она дает возможность найти приближенное решение, отыскивая минимум в некотором, более узком классе функций (например, среди многочленов с конечным числом неизвестных коэффициентов). Тем самым задача сводится к сравнительно более легкой — к отысканию минимума функции нескольких переменных. Такой прием был предложен в 1909 г. В. Ритцем. Следует заметить, что применение метода Ритца требует определенного искусства и интуиции, поскольку нужно заранее предугадать характер решения и тот класс функций, в котором его целесообразней искать. Л. С. Лейбензон, обладая этими качествами, смог получить решения многих задач теории упругости.

В 1945 г. Л. С. Лейбензон опубликовал монографию «Вариационные методы решения задач теории упругости» [6]. В ней изложены основы метода, предложены новые его варианты, даны приемы решения отдельных задач. Значительное внимание автор уделил приемам «смягчения граничных условий», иными словами, приближенного удовлетворения граничных условий, когда они выполняются не поточечно, а в каком-либо среднем интегральном смысле. Трудность в решении задач теории упругости состоит не в нахождении ряда решений линейного дифференциального уравнения, а в поиске именно такого решения, которое удовлетворяло бы нужному граничному условию. Метод Л. С. Лейбензона позволяет как бы «смягчить» требования, предъявляемые к таким условиям, и расширить класс допустимых функций вариационной задачи. Ученый отметил сходство приема «смягчения» требований с классическим принципом приближенного удовлетворения граничных условий Сен-Венана в задачах кручения и изгиба. Лейбензон предложил для решения задач теории упругости составлять линейный агрегат из точных решений дифференциального уравнения с неопределенными коэффициентами, которые находятся из условия минимума квадратичной погрешности в граничных условиях. Эти работы Л. С. Лейбензона легли в основу целой школы прикладной теории упругости.

Устойчивость упругих систем и колебаний. Эта проблема издавна была предметом многочисленных исследований. Однако в начале XX в. еще не были известны решения задач об устойчивости сферической и цилиндрической оболочек в условиях внешнего давления. Этот вопрос стал предметом работы Л. С. Лейбензона «О приложении метода гармонических функций к вопросу устойчивости сферической и цилиндрической оболочек», опубликованной в 1917 г. в Юрьеве (Тарту) и явившейся его докторской диссертацией [2]. Независимо от Лейбензона и одновременно с ним решения этих задач были получены и за границей (Целли, Мизес, Саусвелл), но его подход был более широким. Ученый пользовался не двумерной теорией оболочек, а рассматривал задачу как трехмерную и только на последнем этапе исследования пренебрегал высшими степенями отношения толщины оболочки к радиусу. При этом он не ограничивался сим-

метричными, но изучал дополнительно и асимметричные формы потери устойчивости (другие авторы к этому пришли значительно позже).

В этой связи следует упомянуть еще одну из ранних работ Л. С. Лейбензона — исследование устойчивости закрученных стоек, где рассматривается продольный изгиб стержня, закрученного около своей прямой оси в исходном ненапряженном состоянии [2]. Это интересное обобщение классической эйлеровой задачи. Данная проблема возникла из потребностей практики: такие закрученные стойки начал применять инженер В. Г. Шухов в изобретенных им известных гиперболических башнях (одна из таких башен построена в Москве, на ул. Шаболовка). Работа Лейбензона была опубликована в Тифлисе небольшим тиражом (Известия Тифлиских высших женских курсов) и осталась практически неизвестной. В 30-х годах в ЦАГИ сходную проблему исследовал П. М. Риз, рассматривавший трехмерные задачи для слабо закрученных балок, но без учета фактора устойчивости.

Исследования Л. С. Лейбензона по колебаниям почти исключительно связаны с конкретными техническими вопросами. Примером может служить одна из его работ — «О натуральных периодах колебания плотины, подпирающей реку», опубликованная в 1935 г. [2]. В ней рассматривается плоская задача о колебании плотины, учитывается взаимодействие со сжимаемой жидкостью при наличии свободной поверхности, вычисляется присоединенная масса. Это новая по постановке задача, возникшая при проектировании уникальной по своим размерам Куйбышевской плотины. Результаты научного труда нашли применение в практических работах проектировщиков. Перу Лейбензона принадлежит также целый ряд талантливых работ по колебаниям и устойчивости стержней, имеющих практическое значение для разработки методов вращательного и ударного бурения нефтяных скважин.

Кручение и изгиб призматических тел — это вопросы авиационной тематики. Авиация была юношеским увлечением Л. С. Лейбензона, а работа в 1904—1905 гг. в Кучинской аэродинамической лаборатории поставила исследователя перед реальными задачами расчета на прочность лопастей воздушных винтов. Воздушный винт помимо растяжения центробежными силами подвергается, как известно, изгибу и кручению. Общая теория этих явлений для призматических брусьев в то время была уже разработана, но применение ее к конкретным случаям, как правило, было затруднительно. Для решения этих задач требовалась незаурядная изобретательность. Вот здесь-то и пришел на помощь метод Ритца, которым Леонид Самуилович владел поистине мастерски.

Особо следует остановиться на решении ученым проблемы центра изгиба. Если поперечное сечение призматической балки имеет две оси симметрии, то сила, приложенная в центре симметрии, вызывает изгиб, который не сопровождается кручением. Если же имеется только одна ось симметрии или сечение полностью асимметрично, то возникает вопрос: в какой точке сечения должна быть приложена изгибающая сила, чтобы изгиб не сопровождался кручением? (Вопрос этот возник опять-таки в связи с расчетом лопастей воздушного винта.) Л. С. Лейбензону принадлежит ряд важных выводов в решении данной проблемы. Прежде всего это ясная постановка самой задачи, а затем и решение ее для многих частных видов поперечных сечений. Эти решения включены в монографию «Вариационные методы решения задач теории упругости», освещающую вопрос более полно, чем известные в то время отечественные и зарубежные публикации.

Изгиб пластин — одна из основных задач строительной техники. Математическая постановка этой задачи давно выработана и хорошо известна. Вопрос только в получении эффективных решений в частных случаях. Оценивая вклад Л. С. Лейбензона в этой области, прежде всего надо упомянуть одну из его ранних работ — «К теории безбалочных покрытий», которая явилась магистерской диссертацией, защищенной в Московском университете [2]. В ней изучается поперечный изгиб под равномерной нагрузкой круглых и прямоугольных пластин, подпертых колоннами, — такой строительной конструкции, несущим элементом которой является само перекрытие, подпираемое для увеличения прочности некоторым числом колонн. В аннотации автором отмечено, что эта работа возникла в связи с проектированием крытого рынка в Москве. Главное в ней — учет реакций колонны. По схеме ученого эта реакция сводится к сосредоточенной силе и двум моментам (поскольку учитывается конечный размер пло-

щадки контакта). В работе также содержится подробный разбор задачи при различных соотношениях размеров пластин, различных условиях на контуре и расположениях колонн.

В цикле работ по пластинам, подытоженном монографией, рассматриваются и различные частные задачи для прямоугольных пластин, при решении которых используется, в частности, вариационный принцип Кастильяно, впервые в мировой литературе примененный к приближенной теории пластин.

Пластичность. Л. С. Лейбензон сыграл значительную роль в развитии в нашей стране исследований и в этой области. Заняться ими его заставили практические потребности нефтяного дела. В 1927 г. вышла в свет работа ученого «О движении нефти по трубам при температуре, близкой к температуре ее застывания», в которой, опираясь на теорию Генки, появившуюся двумя годами раньше, ученый внес некоторые усовершенствования в технику расчета течения по трубам. Как исследователь с большим кругозором, он понял, что идеи пластичности современны и их значение выходит далеко за рамки рассмотренной им частной задачи. Под его редакцией в 1936 г. выходит перевод книги А. Надан «Пластичность», сыгравшей определенную роль в привлечении внимания многих механиков и инженеров как к теории, так и к ее приложению в технике.

Педагогическая деятельность. Велика заслуга Л. С. Лейбензона в воспитании научной молодежи. На протяжении многих лет он читал целый ряд курсов по разным разделам механики, подготовил ценные учебные пособия¹. Своим личным примером он побуждал молодежь к самостоятельным исследованиям. Любой из советских ученых, работающих ныне в области упругости или пластичности, является либо его учеником, либо учеником его учеников.

Л. С. Лейбензон не раз говорил: «Жуковский завещал мне оказывать помощь всем, кто ищет знаний». Его дом всегда был открыт для желающих получить совет или какую-либо научную помощь. Так и я, не будучи еще знаком с Леонидом Самуиловичем, пришел однажды за советом и в результате сделался одним из его учеников. Леонид Самуилович щедро делился с нами своими идеями. Свою научную школу он не рассматривал как сферу личного влияния, не противопоставлял ее другим направлениям и считал, что наука принадлежит в равной мере всем, кто искренне хочет работать. Это бескорыстие — одна из его особенно привлекательных черт.

Литература

1. Thomson W., Tait P. G. Treatise on natural philosophy. Oxf., 1867.
2. Лейбензон Л. С. Собр. трудов. Т. I. Теория упругости. М.: Изд-во АН СССР, 1951.
3. Лейбензон Л. С. Собр. трудов. Т. II. Подземная гидрогазодинамика. М.: Изд-во АН СССР, 1953.
4. Лейбензон Л. С. Собр. трудов. Т. III. Нефтепромысловая механика. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
5. Лейбензон Л. С. Собр. трудов. Т. IV. Гидроаэродинамика. Геофизика. М.: Изд-во АН СССР, 1955.
6. Лейбензон Л. С. Вариационные методы решения задач теории упругости. М.: ОГИЗ, Гостехтеориздат, 1943.
7. Лейбензон Л. С. О расчете лопастей пропеллера на кручение.— Тр. ЦАГИ, 1924, № 8.

¹ Кроме работ учеников Л. С. Лейбензона широкой известностью пользуются работы И. Г. Бубнова, Б. Г. Галеркина, Ю. П. Шиманского («Задачи строительной механики корабля»), члена-кор. АН СССР А. И. Лурье («Нелинейная теория упругости»), учебники по теории упругости С. П. Тимошенко.

Из истории изобретений и открытий

ОБ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ПИШУЩИХ ТЕЛЕГРАФНЫХ АППАРАТОВ Б. С. ЯКОБИ С ЭЛЕКТРОМАГНИТОМ В ПРИЕМНИКЕ

Б. И. БУДАНОВ (Ленинград)

Жизнь и деятельность выдающегося физика, гениального электротехника, одного из творцов электроминного дела и электромагнитной телеграфии, изобретателя гальванопластики, инициатора международного соглашения о мерах и весах Бориса Семеновича Якоби (1801—1874 гг.) в достаточной степени изучены многими исследователями [1—7].

Однако вопросы практического применения изобретенных им телеграфных аппаратов до сих пор не нашли верного освещения.

Начало практических работ Якоби в области телеграфии относится к 1838 г. Как сообщается в историческом очерке Министерства внутренних дел, «после смерти Шиллинга¹ устройство электрических телеграфов в России возложено было по высочайшему повелению на профессора, а впоследствии академика Бориса Семеновича Якоби, заявившего себя работами по практическому приложению действий электрического тока... Профессор Якоби приступил в 1839 году к устройству телеграфного сообщения между Зимним дворцом и зданием Главного штаба» [1, с. 134].

Для этого Б. С. Якоби создает конструкцию телеграфных аппаратов с электромагнитом в приемнике, позволявшим фиксировать сигналы на экране, изготовленном из белого матового стекла, и одновременно принимать их на слух по количеству ударов молоточка по чашке звонка. Он разрабатывает простой код и краткий словарь для такого электромагнитного телеграфа, по которому шифровались и разбирались делеши.

Сам Якоби описывает работу телеграфа так: «Телеграф его императорского величества приводится в действие посредством электромагнитной подковы, которая намагничивается и притягивает железный якорь каждый раз, как ударят на другой станции по клавише, устанавливая тем соединение проводника с батареею. Мгновенным притяжением якоря приводится, с помощью особого механизма, в действие молоточек, дающий звонки. В то же время, силою того же притяжения, отмечается карандашом черточка на доске из белого матового стекла, приводимой часовым механизмом в тихое и равномерное движение по рельсикам. Интервальные перерывы в следовании этих черточек и звонков служат для образования, известным образом, требуемых шифровых комбинаций» [8, с. 11].

Надо сказать, что «известный образ» был известен лишь очень узкому кругу лиц, допущенному к шифрованию сообщений.

Все детали аппарата, кроме электрической батареи, смонтированы на столешке-конторке.

Стремясь объяснить нашему современнику, как передавались и принимались телеграфные сообщения на этих аппаратах Якоби, авторы [3, с. 118; 5, с. 38—39; 6, с. 68—69; 7, с. 10] допускали неточности, говоря о комбинациях ломаных и зигзагообразных линий, пытаясь изобразить эти комбинации на фотографиях аппарата в том месте, где находится доска из матового стекла, утверждая, что расшифровка их чрезвычайно трудна, и даже приводя таблицу «кода пишущего телеграфа Б. С. Якоби» [5, с. 39].

¹ П. Л. Шиллинг умер 25 июля (6 августа) 1837 г.