# ДОКЛАДЫ ПО ИСТОРИИ ФИЗИКИ НА СЕССИИ АКАДЕМИИ НАУК СССР

Последняя сессия Академии наук (5 — 11 января 1949 г.) была посвящена вопросам истории науки. Они нашли отражение и в докладах, рассмотренных Отделением физико-математических наук, которым было посвящено два заседания.

С докладами по вопросам истории физики выступили проф. К. К Баумгарт «Работа Э. Х. Ленца и Б. С. Якоби в области электромагнетизма», чл.-корр. АН СССР М. А. Шателен «Из истории метрологии в России» (о работах Б. С. Якоби в этой области), проф. Д. С. Пашенцев «Россия — родина электромагнитного телеграфа» и зам. министра электропромышленности Д. П. Ефремов «Академик Б. С. Якоби — пионер электромашиностроения».

После краткого обзора состояния учения об электричестве к 30-м гг. прошлого столетия проф. К. К. Баумгарт отметил, что задачей его доклада является выяснение роли двух русских академиков — Эмилия Христиановича Ленца и Бориса Семёновича Якоби — в установлении учения об электричестве и магнетизме. Различные по своим наклонностям и по характеру своего дарования, они работали в одном и том же направлении.

Ленц стремился заменить качественные наблюдения количественными, многословные объяснения — формулировкой законов в математической форме и вообще стремился избавиться от туманных представлений.

Первая работа Ленца, доложенная им Академии в конце 1832 г., носит название «О законах, по которым магнит действует на спираль, если его внезапно приблизить или удалить, и о наивыгоднейшей конструкции спирали». В этой работе Ленц рассматривает индуктированный ток как мгновенный и ведёт наблюдения, употребляя современную терминологию, по способу баллистического гальванометра. На якорь магнита намотана проволока, концы которой соединены с достаточно далеко расположенным мультипликатором. Якорь отрывался от магнита и при помощи зеркала и шкалы наблюдался отброс стрелки мультипликатора. Таким образом, Ленц наблюдал количество протекшего электричества.

Вторая работа Ленца по электромагнетизму (доложенная 29 ноября 1833 г.) касается определения направления индуктированного тока или, как выражается Ленц, гальванического тока, вызванного электродинамическим распределением.

К 1840 г. относится важная работа Э. Х. Ленца «О свойствах магнито-электрических (т. е. индукционных) токов». Эта работа направлена против очень распространённого в то время взгляда, будто гальванические токи разного происхождения (гидроэлектрические, термоэлектрические, магнитоэлектрические) качественно различны между собой. Одни оказывают преимущественно химическое действие, другие — преимущественно тепловое, третьи — преимущественно магнитное и т. д.

Ленц резко ополчается против этих взглядов, «подрывающих самую основу науки», и прямыми опытами и рассуждениями разбивает домыслы своих противников.

Замечательные исследования Э. Х. Ленца о выделении тепла гальваническим током опубликованы в виде двух статей в 1843 и 1844 гг.

В начале первой статьи Ленц указывает, что занимается этим вопросом уже давно и продолжает своё исследование. Однако появление в печати статьи Джоуля, пришедшего к тем же выводам, заставляет его опубликовать уже полученные результаты. Он намерен и далее продолжать свою давно начатую работу, тем более, что эксперименты Джоуля он считает несвободными от возражений, и того же мнения придерживается акад. Гесс (известный термохимик, автор закона Гесса). Далее следует подробный анализ аппаратуры и метода. Ленц пользовался тангенс-буссолью Нервандера, которую он градуировал тщательно тремя независимыми способами (как тангенс-буссоль, как синус-буссоль и по сравнению с медным вольтаметром). Ленц ограничился случаем металлических проводников, чтобы избежать трудно учитываемой поляризации.

Таким образом, был установлен закон, известный и теперь под именем закона Джоуля-Ленца. По тщательности разработки метода и проведения самого исследования работа Ленца превосходит работу Джоуля.

Ленц всегда интересовался вопросом о практических приложениях науки, о наивыгоднейшем использовании физических явлений. Это видно даже по заглавиям его работ, а также по тому значению, которое он придавал построению теории и выяснению действия магнитоэлектрических машин. Магнитоэлектрическим машинам посвящены значительная часть его речи «О практических применениях гальванизма» (1839) и статья «К теории манитных машин» (1842), но в особенности замечательна в этом отношении последняя серия работ Ленца по электромагнетизму (1848—1858), посвящённая вопросу о влиянии скорости вращения магнитоэлектрической машины на генерируемой ею индукционный ток. Именно в этих работах особенно выпукло проявилась глубина анализа Ленца, его умение проникнуть в существо явления. Ленц открыл и правильно объяснил явление реакции якоря — основное явление, без которого немыслимо понять действие электрических машин.

Все опыты и выводы Ленца, за немногими ничтожными исключениями, сохранили своё значение и до настоящего времени. Все работы Ленца по электричеству объединяются в одно стройное целое, направленное к выяснению основных, принципиальных сторон явления. В своих работах Ленц проявляет себя как первоклассный экспериментатор, произведший первые количественные исследования индукционного тока, как один из главных основателей учения об электричестве и магнетизме.

Переходя к работам Б. С. Якоби, докладчик указал, что инженер по образованию, изобретатель большого масштаба, человек, полный творческих идей, один из пионеров и создателей современной электротехники Борис Семёнович Якоби был вместе с тем и крупным физиком.

Значение исследований Якоби по теории магнитоэлектрических машин заключается в выяснении энергетического баланса этих машин, который Якоби представлял себе очень ясно, хотя и не употреблял энергетических терминов. Это видно из формулировки им некоторых законов, например: «Максимальная работа магнитоэлектрической машины прямо пропорциональна квадрату суммы всех электродвижущих сил и обратно пропорциональна сумме всех сопротивлений». Энергетический характер этой формулировки несомненен. Якоби, как инженер, мыслил эквивалентами, что видно, например, из таких выражений: «надо затратить более пуда цинка, чтобы получить ту же работу, какую делают $6^1/_2$ фунтов угля». Якоби ясно понимал, что в его время не только гальванические элементы, но и магнитоэлектрические машины не могли конкурировать с углём. Это не мешало ему энергично работать в области электротехники в сознании, что будущее принадлежит электричеству. Работы Якоби навсегда покончили с фантастическими надеждами, возлагавшимися многими на

электрическую энергию, и показали, что к электрическим машинам относятся общие законы машин. Расчёты Якоби использовались всеми электротехниками в течение продолжительного времени.

Заслугой Якоби, как и Ленца, является также ясное понимание значения закона Ома и правильное пользование им.

Якоби показал отсутствие так называемой искры замыкания, существование которой утверждалось многими физиками, например Мозером. Он построил точный искромер (1838) и показал, что при присоединении к нему гальванической батареи и постепенном сужении искрового промежутка до $5 \cdot 10^{-5}$ англ. дюйма никакой искры не проскакивает.

Якоби повторил в несколько изменённой схеме (1838) и подтвердил известный опыт Фарадея, обнаруживающий экстратоки замыкания и размыкания, в котором усумнился тот же Мозер.

Якоби принадлежит идея прямого определения скорости распространения электричества (1838). С этой целью им был построен вращающийся контакт, замыкавший цепь на время, меньшее $\frac{1}{9000}$ секунды. Контакт должен был замыкать цепь длиной 126 000 футов (около 40 *км*). Неизвестно, был ли осуществлён этот проект, изложенный в письме к акад. Фуссу. Повидимому, имелось в виду использовать телеграфную проводку (может быть, С.-Петербург — Царское Село).

В 1839 г. Якоби наблюдал любопытное явление на имевшейся у него мощной батарее в 12 элементов Волластона с площадью пластин 3 кв. фута, т. е. с ничтожным внутренним сопротивлением. Батарея имела ртутные контакты, замыкавшиеся металлическими скобками, весом 13 *г*. Если батарея замыкалась накоротко, то скобки с треском вылетали. Это явление, которое мы толковали бы как раздувание контура с током собственным магнитным полем, Ленц, докладывая работу Якоби в Академии, объяснил, по Амперу, отталкиванием последовательных элементов тока. Якоби опроверг утверждение Поггендорфа, будто при пропускании тока через металлическую проволоку, окружённую проводящей жидкостью, весь ток течёт по проволоке, не ответвляясь в жидкость. Якоби взял проволоку из нейзильбера длиной около 51 *см* и поместил её в раствор медного купороса. Пользуясь схемой Уитстона, он не только опроверг вывод Поггендорфа, но и показал места выхода и входа токовой линии в нейзильберову проволоку. В месте выхода нейзильберова проволока чернела, в месте входа — появлялся медный налёт.

Якоби придумал два различных новых гальванических элемента, что было вполне в духе эпохи, когда почти каждый физик придумывал схему нового элемента.

Якоби принадлежит важное исследование, показавшее несовершенство газового вольтаметра, в котором происходит в некоторой мере воссоединение водорода и кислорода под каталитическим воздействием платины, а в некоторой мере просто растворение водорода и кислорода в электролите. Якоби рекомендовал медный, а позднее серебряный вольтаметр.

Якоби принадлежит ряд усовершенствований приборов. В особенности следует отметить его переменное сопротивление: «агометр Якоби», сыгравший большую роль в первый период возникновения электрических измерений. В последние годы своей жизни он сконструировал переменное ртутное сопротивление — сложный прибор, допускающий весьма точную работу. Исследование этого прибора было произведено уже после смерти Якоби Орестом Даниловичем Хвольсоном, тогда ассистентом акад. Вильда (позднее профессором Ленинградского университета и почётным академиком).

Заканчивая свой доклад, К. К. Баумгарт отметил, что огромная работа и большие достижения Ленца и Якоби принесли им величайшее

уважение и неограниченный авторитет среди русской научной общественности. Всюду, где бы они ни работали, они по праву занимали ведущую роль.

Развитие научной метрологии в России, — сказал М. А. Шателен, — тесно связано с именами наших учёных и академиков. Благодаря их трудам возникла русская научная метрология. В значительной степени их инициативе обязана своим возникновением и международная метрологическая работа, приведшая к международному соглашению — так называемой «Метрологической конвенции», руководящей до настоящего времени всей международной метрологической службой.

Особо выдающееся значение в этом направлении имеет работа акад. Б. С. Якоби.

Чрезвычайные неудобства, которые испытывали все страны даже у себя дома от громадного разнообразия применявшихся в них мер, различных и по названиям, а часто и по величинам единиц, имевших одинаковое название, вызывали с давних пор стремление упорядочить положение.

У нас, в России, работы по установлению мер начались очень давно, но велись не систематически, от случая к случаю. Рядом указов правительство пыталось ввести некоторый порядок в пользование мерами и весами, главным образом в торговых сношениях; нарушителям установленных правил грозили серьёзные наказания. Так, в указе Петра I от 1700 г. говорилось: «Ежели кто мерой и весом лживо поступит..., то добро имеет возвратить втрое, но и сверх того денежный штраф дать и на теле имеет быть наказан». Некоторый порядок в службе мер и весов в России стал наводиться лишь с 1835 г., после издания закона «О системе российских мер и весов». Этим законом в качестве основных мер признавались сажень с подразделениями на футы и аршины и фунт. Для хранения их было постановлено «учредить особое здание»; учёным хранителем образцовых мер и весов был назначен акад. Адольф Яковлевич Купфер. С этого времени начинается непосредственное участие Академии наук в делах русской метрологии, становящееся особенно значительным с 1851 г., когда возник вопрос о введении единообразия систем монет, мер и весов уже в международном масштабе. В работах по установлению единой международной системы мер принимают участие академики Купфер, Ленц, Перевозчиков, Остроградский, Струве, Вильд и др., но особенно инициативную работу в этот период ведёт акад. Б. С. Якоби.

История метрической системы хорошо известна. Следует только подчеркнуть ту роль, которую в распространении её по всему миру играли русские учёные и в особенности Борис Семёнович Якоби.

В 1867 г., во время Всемирной выставки в Париже, французским правительством был организован Комитет из представителей разных стран для нового обсуждения вопроса о средствах осуществления единства мер, весов и монет. Комитет работал в составе трёх комиссий, первая из которых и занималась вопросами об единстве мер и весов. Председателем этой Комиссии был делегат от России, акад. Якоби.

Якоби долго готовился к работе в Комитете и добился, что перед его отъездом из России было созвано особое совещание из начальников различных правительственных учреждений «для обсуждения предмета, — как пишет Якоби, — с национальной точки зрения». На этом совещании Якоби, как он пишет, выслушал и принял к сведению замечания о значительных затруднениях, которые представились бы у нас при перемене системы мер и весов. Стремясь сделать труды Комитета возможно более эффективным, Якоби, учитывая, что вопрос об установлении общей для всех народов системы мер и весов многократно уже обсуждался с теоретической точки зрения, предложил Парижскому комитету обратить особое внимание на практическую сторону вопроса. Его предложения были единогласно утверждены Комитетом и легли в основу его работы.

По возвращении в Петербург Якоби вошёл в Физико-математическое отделение Академии наук с представлением о необходимости организовать международное сотрудничество для совместного изготовления образцов. Это предложение было рассмотрено особой комиссией и по докладу Комиссии принято. В заключение своего доклада Комиссия предлагала:

1. Чтобы Академия просила министра народного просвещения ходатайствовать перед правительством о приглашении всех государств прислать своих делегатов для создания международной комиссии, которая должна будет собираться в одной из столиц, выбранной для этой цели, с целью организации изготовления метрических прототипов и создания единицы измерений действительно универсальной и международной.

2. Чтобы акад. Якоби было поручено сообщить на собрании Британской ассоциации для продвижения наук о принципах настоящего постановления и о необходимости скорейшего всеобщего признания метрической системы учёными всех стран.

В этом докладе Якоби впервые выступил против определения метра как естественной единицы длины, равной одной десятимиллионной доле четверти Парижского меридиана, убедительно доказав, что французский архивный метр не равен этой величине и что при каждом последующем измерении длины дуги меридиана получались и будут получаться различные цифры. Якоби предложил принять за прототип всё же этот архивный метр, который фактически явится условной принятой произвольной единицей длины. Мотивируя своё предложение принять в качестве прототипа архивный метр, Якоби пишет: «Нельзя не признать, что фикция, положенная в определение метра, могущественно помогла его широкому распространению и облегчила принятие его другими нациями. Действительно, метр обязан значительной частью своего престижа лестной для человеческой гордости идее, — возможности относить измерения, которые человек производит ежедневно, к размерам земного шара, на котором он обитает».

Исходя из этих соображений, Якоби и предлагает принять за прототип определённый французскими геодезическими измерениями архивный метр, не связывая его с длиной меридиана.

Это предложение, принятое нашей Академией наук, было сообщено Парижской академии, и его также приняли единогласно.

После принятия Метрической Конвенции и организации международного Бюро мер и весов международная метрологическая работа пошла уже по другому пути. Русские учёные и академики, в частности Менделеев, продолжали свою работу по международной метрологии, но уже в другом направлении. Инициативную работу русские учёные проделали ещё раз уже в советское время, добившись распространения работы по хранению эталонов и на эталоны электрических и магнитных единиц.

В своём докладе проф. Д. С. Пашенцев, на основании документальных данных и изучения музейных экспонатов, убедительно показал, что приоритет в изобретении электромагнитного телеграфа принадлежит П. Л. Шиллингу, работы которого были продолжены акад. Б. С. Якоби, внесшим много нового в электрическую телеграфию, в частности, предложением первого в мире буквопечатного аппарата.

В условиях, особо неблагоприятных для научной и практической деятельности, подчеркнул Д. С. Пашенцев, в условиях недоверия ко всему русскому и преклонения окружающих перед заграницей тем большее значение приобретают труды русских учёных П. Л. Шиллинга и Б. С. Якоби в деле одного из величайших завоеваний науки — создании электромагнитного телеграфа и его практического применения. Исключительно велик объём теоретических и практических вопросов, которые составляли проблему телеграфа и нашли разрешение в работах П. Д. Шиллинга и Б. С. Якоби.

Имена этих замечательных русских учёных являются гордостью нашей страны, явившейся подлинной родиной величайшего завоевания науки - электромагнитного телеграфа.

Д. В. Ефремов начал свой доклад с того, что отметил, что к началу изысканий Б. С. Якоби в области электромагнетизма учение об электричестве находилось ещё в начальной стадии развития, и к его практическому применению не приступали.

Первое сообщение об изобретённом двигателе Якоби сделал в 1834 г. Парижской академии наук. Подробное же описание машины и различных проведённых с ней экспериментов было дано Якоби в 1835 г. в бытность его профессором Дерптского (Юрьевского) университета.

Двигатель, построенный Якоби, явился первой инженерной работой в области электрических машин и мог уже получить практическое применение. В нём в отличие от других построенных моделей с возвратно-поступательным движением сердечника электромагнита, что копировало кинематику паровой машины, был применён принцип вращательного движения с переключением направления тока во вращающемся якоре при помощи специального коммутатора.

29 ноября 1833 г. акад. Эмиль Христианович Ленц в докладе Петербургской академии наук открыл принцип обратимости процессов электромагнитного вращения и электромагнитной индукции и тем самым обобщил два открытия Фарадея. Это обобщение Ленцом сформулировано следующим образом:

«Если металлический проводник движется поблизости от гальванического тока или магнита, то в нём возбуждается гальванический ток такого направления, что он мог бы обусловить, в случае неподвижности данного проводника, его перемещение в противоположную сторону, причём предполагается, что такое перемещение может происходить только в направлении движения или в направлении прямо противоположном».

Это обобщение Ленца не было понято и использовано современниками, и до середины XIX в. пути развития электрических генераторов и электрических двигателей, имеющих общую электромагнитную сущность, разошлись как два самостоятельных направления. Электрический двигатель развивался своим путём и в очень многих конструкциях появлялся как машина с возвратно-поступательным движением, наподобие паровой машины.

Но Б. С. Якоби, экспериментируя со своим первым двигателем, уже в 1834 г. устанавливает приложимость этого принципа к электрической машине, т. е. подходит к конкретной идее обратимости электрической машины. В подробном докладе 1834 г. он указывает:

«Будучи приведённой во вращение магнетизирующей силой гальванического тока, машина эта является одновременно аппаратом состоящим из перемещающихся магнитов и способна производить магнитоэлектрический ток в направлении, противоположном гальваническому току».

В этой первой замечательной работе по электродвигателю Якоби провёл большое количество тщательных экспериментов, которые позволили выяснить некоторые вопросы, связанные с обратной электродвижущей силой двигателя, с влиянием геометрии обмоток и размеров проводника обмоток на работу машины и на электрическое сопротивление цепи, а также путём измерения специально построенным для этой цели гальванометром определил различные характеристики работы машины и технико-экономические показатели её действия.

В связи с весьма успешными работами по электродвигателю 28 июня 1837 г. при Академии наук в Петербурге была создана комиссия, учреждённая для применения электромагнитной силы к движению машин по способу проф. Якоби. К работе были привлечены академики Ленц, Остроградский, Фус, Купфер. Кроме того, принимали участие полковник Со-

болевский, вице-адмирал Крузенштерн, корабельный инженер Бурачек, лейтенант Зеленой.

Комиссия, удостоверившись в возможности при помощи двигателя Якоби приводить в движение механизмы, пришла к выводу о необходимости направить все усилия на практическое применение нового электродвигателя для движения судов.

Это был период перевооружения старого флота с парусной оснастки на паровые машины, и поэтому появление нового вида двигателя, естественно, заинтересовало морское ведомство, и уже 13 сентября 1838 г. 8 весельный баркас с поставленным на нём двигателем Якоби и устроенными гребными колёсами совершал плавание по Неве.

Работая в этом направлении, Якоби сделал ещё одно замечательное предложение о постройке подводной лодки, приводимой в движение электродвигателем, питаемым от гальванической батареи. Таким образом, был высказан принцип, нашедший себе применение через много лет.

В этих первых схемах Якоби гальваническая батарея была основным источником электрической энергии. Поэтому, совершенствуя двигатель, Якоби одновременно работал и над усовершенствованием гальванической батареи. Так же как и в области исследования электродвигателя, в области усовершенствования и исследования гальванической батареи Якоби сделал значительно, больше, чем кто бы то ни было из его современников.

Исследование гальванической батареи позволило Якоби сделать величайшей важности открытие — гальванопластинку, которое одно могло увековечить его имя.

С 1839 г. Якоби вынужден был в значительной мере сократить свои исследования в области электродвигателей.

17 июля 1839 г. он получает от Николая I, переданное министром просвещения Уваровым, новое задание — приступить к разработке вопроса о гальванических минах, и в течение 16 лучших лет своей жизни с огромной энергией и большим успехом он занимался этим важным для обороны государства вопросом.

В результате большой исследовательской и инженерной работы в 1849 — 1850 гг. проводятся грандиозные опыты у Кронштадта, между фортами Александр и Рисбанг, по электроминным заграждениям. Отчёт об этих опытах, написанный Якоби и рассмотренный на заседании специального комитета 12 апреля 1851 г., подвёл итоги целого этапа плодотворной и напряжённой работы, в которой с особой силой проявились инженерные и научные дарования Якоби. Масштаб и результаты этих опытов могут быть сравнены только с опытами, которые проводились четверть века спустя в Скандинавии в 1874 — 1876 гг.

Опыты Якоби в области электроминной обороны, а также результаты практического применения подводных мин в Крымскую войну 1854—1855 гг. привели к созданию конструкций, принципы которых сохранились до начала XX в., а детали этих конструкций появились за границей только через 25—30 лет после их создания.

Благодаря трудам Б. С. Якоби русские армия и флот были значительно раньше других армий подготовлены к применению нового средства обороны, а обученные и воспитанные им русские электроминёры пользовались заслуженным авторитетом.

Работа Якоби по укреплению Балтийских портов электроминными заграждениями с самодействующими якорными минами является первой в мировой практике, стоящей для своего времени на чрезвычайно высоком уровне.

В меньшем масштабе и со значительно меньшим техническим совершенством электроминные заграждения были применены в 1861—1865 гг. в Северной Америке во время войны между Южными и Северными штатами. Почти до конца XIX в. уровень техники электроминного дела немногим отличался от того, что было создано Якоби.

Работа Якоби «Гальванические и электромагнитные исследования», опубликованная в 1847 г. в «Известиях Академии наук», является классической работой по электротехнике и электрическим машинам на первоначальном этапе их развития.

Нельзя также не упомянуть работ Якоби в области разработки изолированных проводов для электрических машин и аппаратов и подземных и подводных кабелей для целей телеграфии и передачи электрической энергии для питания системы минной обороны. Якоби разработал не только конструкции проводов и кабелей, но разработал также и технологию их механизированного производства (изолировочные и обмоточные машины). Подводные кабели Якоби, уложенные в морскую воду, позволяли передавать электрическую энергию на расстояние до 12 *км* и работали вполне надёжно, обеспечивая подачу энергии с центрального поста управления группам электроминных запалов минных заграждений.

Не безынтересно отметить, что в схемах питания электроминных запалов была заложена современная схема распределения электрической энергии. От центрального электрического генератора или гальванической батарек электрическая энергия передавалась подводным кабелем на районный подводный распределительный пункт. От этого районного подводного распределительного пункта электрическая энергия параллельными кабелями передавалась к отдельным группам подводных мин.

Одновременно с научной и инженерной работой в самых разнообразных областях электротехники Б. С. Якоби была проведена большая работа и по подготовке кадров военных электротехников. Им была организована сначала учебная команда в Петропавловской крепости для обучения военных чинов морского и сухопутного ведомств. С учащимися проводились практические занятия по электротехнике и по электроминному делу и им читались лекции.

С февраля 1849 г. Б. С. Якоби организует чтение лекций по гальванизму и электромагнетизму в «верхних» (старших) классах Главного инженерного училища. Якоби читал их по весьма широкой для своего времени программе. Эти лекции явились первым прикладным курсом по электротехнике не только в России, но и в Европе.

Педагогическая работа Якоби, внедрявшая электротехнические познания среди воинских чинов, весьма сильно способствовала успеху дела и создала тот фундамент, на основе которого могла успешно развиваться русская военная электротехника.

Трудно переоценить значение для развития русской науки деятельности акад. Б. С. Якоби. Этот пионер электромашиностроения, первый инженер-электрик, выдающийся учёный и замечательный педагог гармонически сочетал в своей работе глубокие научные исследования с конкретной практической инженерной деятельностью. Он показал, как много может дать наука в решении инженерных вопросов, если поставленные ею задачи конкретны и целеустремлённы.

Россия первой осуществила практическое применение электричества в самых разнообразных областях.

Великий Ленин провозгласил электрификацию главнейшей задачей Советской власти.

И советские учёные и инженеры, продолжая славные традиции своих выдающихся предшественников, работавших среди косности и непонимания правящей верхушки царской России, с честью осуществляют грандиозные планы преобразования своей страны.

*М. Радовский*

---