

Как впервые была измерена сила электрического тока (к 180-летию открытия закона Ома)

Ян Шнейберг, кандидат технических наук

“Открытия Ома были ярким факелом, осветившим ту область электричества, которая до него была окутана мраком. Он вырвал у природы так долго скрываемую ею тайну и передал ее в руки современников”.

Е. Ломмель,
профессор физики
Мюнхенского университета.
1895 г.



Георг Ом

$$S = \frac{\Delta U}{\rho \frac{\Delta x}{\omega}}$$

ЭВ

наши дни каждый старшеклассник знает о фундаментальном законе электрической цепи, открытым выдающимся немецким ученым Георгом Омом и носящем его имя.

К концу первой четверти XIX века, когда Ом проводил свои эксперименты, уже был создан первый источник электрического тока вольты столб и обнаружены многие свойства электрического тока. Но выводы многих ученых носили в основном *качественный* характер, и все более возникала потребность в установлении *количественных* закономерностей в электрической цепи.

Однако в то время не существовало соответствующих измерительных приборов и не было известно, какие величины нужно измерять: такие понятия, как напряжение, сопротивление проводника, не были общеприняты среди физиков.

И только создание Омом оригинального высокочувствительного электроизмерительного прибора позволило ему, преодолевая немало трудностей, установить основной закон электрической цепи.

Следует отметить, что за кажущейся простотой самой формулы закона Ома скрывается не только глубокий физический смысл, но и полная драматизма история открытия закона, когда Ому потребовалось немало оптимизма и сил, чтобы доказать справедливость своих утверждений.

НЕЛЕГКИЙ ПУТЬ СЫНА СЛЕСАРЯ К ЗВАНИЮ “ДОКТОРА ФИЛОСОФИИ”

16 марта 1789 г. в немецком городе Эрлангене в семье потомственного слесаря родился мальчик, названный Георгом Симоном. Тогда никто бы не отважился предсказать его необычайную судьбу, так не похожую на жизнь его отца и деда – мастеров кузнечно-слесарного дела. Нередко жизненный путь знаменитых людей определяет “Его Величество” случай, иначе маленький Георг мог пойти по следам отца и деда и никогда не стать доктором философии. А все началось с того, что в их доме снимал квартиру студент университета, который сумел увлечь отца Георга арифметикой и геометрией. Мать Георга умерла, когда ему исполнилось всего 10 лет, и занявшийся его воспитанием отец сумел передать сыну не только умение работать с разнообразными инструментами (что, кстати, позднее пригодилось разным приборам и устройствам), но и постоянное стремление к овладению знаниями.

После окончания городской школы юноша поступил в гимназию, где уровень преподавания был очень низким, о чем можно судить по такому необычному факту: математику преподавал местный дьякон, который перед занятиями сам изучал основы геометрии Евклида, а потом пытался объяснить их учащимся.

Поэтому отец Георга решил пригласить трех профессоров университета, чтобы помочь двум своим сыновьям овладеть основами математики и физики и сдать экзамены в университет. Один из профессоров, проэкзаменовавший в 1804 г. пятнадцатилетнего Георга, с восторгом отметил его глубокие знания и предсказал, что при благоприятных обстоятельствах он может стать не менее знаменитым, чем Бернулли, и, несомненно, обогатит науку. Отзыв известного профессора обеспечивал зачисление Георга в Эрлангенский университет, где с 1805 г. он стал студентом философского факультета и с успехом начал углубленно изучать математику, физику и философию.

Среди студентов Ом выделялся не только обширными знаниями и природной одаренностью, но и удостоился звания лучшего конькобежца и незаурядного мастера танца. Успехами на спортивном поприще Георг также был обязан отцу, понимавшему важность регулярных физических упражнений и занятий спортом.

К сожалению, ощущая материальные трудности отца, Георг был вынужден через год прекратить учебу в университете и поступить на должность учителя математики в школе небольшого швейцарского городка Готтштадта. Семнадцатилетний учитель сумел быстро завоевать авторитет у учеников, при этом, помня советы отца “учить самого себя”, продолжал самостоя-

тельно изучать оригинальные труды Эйлера и Лапласа, надеясь завершить обучение в университете. И через пять лет в 1811 г. он вернулся в Эрланген, успешно закончил университет и получил степень доктора философии.

Стремясь найти более высокооплачиваемую работу, Ом в 1813 г. стал учителем математики и физики в школе города Вамберга (Бавария). Вскоре он выступил с предложением об усовершенствовании методики преподавания математических дисциплин с целью развития у учащихся «способности к математическому мышлению» и опубликовал в 1817 г. свою первую печатную работу.

Предлагаемая им методика, несмотря на поддержку многих учителей, вначале не получила одобрения органов просвещения, но в 1822 г. наконец была признана, и Ом был удостоен значительной денежной премии.

Новый знаменательный этап в творческой деятельности Ома начался после того, как он был приглашен на должность учителя математики и физики в Иезуитской коллегии г. Кельна. В мастерской Коллегии Ом обнаружил множество физических приборов, требующих ремонта, и мог изготавливать новые приборы, в частности для проведения экспериментов в области электромагнетизма – это явление привлекало все большее внимание физиков. Используя опыт, приобретенный еще в мастерской отца, Ом самостоятельно переделывал и изготавливал электростатические машины, электрометры и др. В 1821 г. в письме к отцу Ом писал, что все свободное время отдает «изучению недавно открытого явления электромагнетизма». С огромным интересом он совершенствовал свои знания в области физики и математики, изучая труды Лапласа, Лагранжа, Био.

СОЗДАНИЕ ПЕРВОГО ВЫСОКОЧУВСТВИТЕЛЬНОГО ЭЛЕКТРОИЗМЕРИТЕЛЬНОГО ПРИБОРА

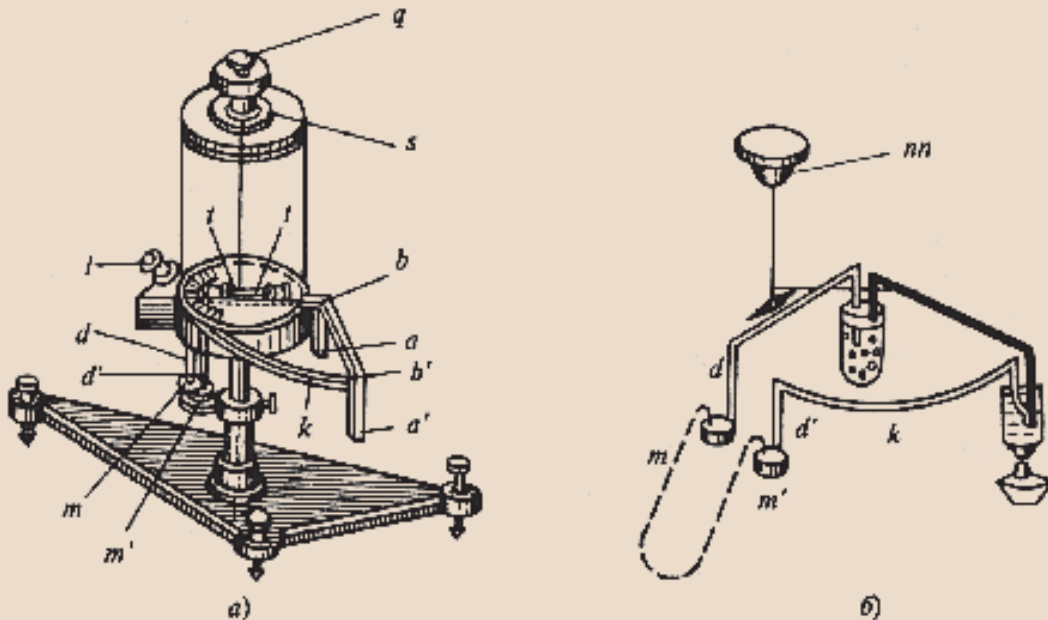
По мнению Ома, в то время наименее разработанной была «проблема гальванического тока», и поэтому в этих вопросах он никак не «мог ожидать конкуренции». Ом начал изучать свойства всех уже известных источников тока, а также проводников, соединяющих их полюса. Особенно важно было выяснить их способность «проводить электричество» в зависимости от длины, поперечного сечения и вида материала.

Ом впервые начал разрабатывать *методику измерений* электропроводности проволок из платинизированной меди различной длины, имеющих *одинаковое* поперечное сечение. В первых опытах источником тока служил обыкновенный вольтов столб, а интенсивность электрического тока измерялась уже известным в то время наиболее точным прибором – крутильными весами Кулона, изобретенными французским ученым и инженером в 1784 г. Кулон установил, что металлические проволоки «имеют силу кручения, пропорциональную углу кручения». Легкое «коромысло», на одном из концов которого укреплялся бузиновый шарик, подвешивалось на тонкой серебряной нити, и шарик, получая электрический заряд, отталкивался, закручивая нить. С помощью специального «микрометрического круга» определялись угол кручения и сила, действующая на шарик. Но Ому нужно было измерять не величину заряда, а «силу» электрического тока. Поэтому он *усовершенствовал* «весы» Кулона, создав новый совершенно оригинальный электроизмерительный прибор (см. рисунок). Зная об отклонении магнитной стрелки электрическим током, открытым в 1819 г. дат-

ским физиком Эрстедом, Ом вместо коромысла с бузиновым шариком подвешивал над проводником магнитную стрелку и по углу ее отклонения определял магнитное действие электрического тока. Обнаружив неточность своих первых измерений с использованием в виде источника тока вольтов столб, Ом прежде всего заменил его термоэлементом с парой металлов «медь–висмут» (см. рисунок, часть б). Преимущества термоэлемента состояли в том, что значение «термоЭДС» было более стабильным, а внутреннее сопротивление термоэлемента значительно меньше, и проводники внешней цепи почти не нагревались и их сопротивление не изменялось. От этого точность измерений заметно повышалась. Важно было и то, что «возбуждающая сила» термобатареи меньше изменялась со временем.

Висмутовая полоса термоэлемента *abb'a'* изгибалась в виде вытянутой буквы «П», а к ее концам привинчивалась медная полоса. Для поддержания разности температур концов термопары Ом изготовил два свинцовых сосуда – в один наливалась вода, доводимая до кипения спиртовкой, другой сосуд набивался мелко колотым льдом со снегом.

Чтобы добиться большей чувствительности крутильных весов, Ом внес в их конструкцию ряд изменений. В верхней части прозрачного цилиндра (чтобы избежать влияния воздушных потоков) укреплялась коническая цапфа *ll* с неподвижно скрепленной с ней измерительной головкой *q*, к которой припаивался подвес, а на другом конце подвеса прикреплялась магнитная стрелка *tt*. Число делений, на которое нужно было повернуть «головку» для возвращения магнитной стрелки в исходное положение, точно фиксировалось Оммом. Этому способствовала специальная



Экспериментальная установка Ома (а – общий вид; б – электрическая часть)

линза /, через которую более четко были видны “визирная линия” и конец латунной проволоки-указателя, укрепленной на одном конце магнитной стрелки.

Всю систему, изготовленную Омом, историки физики справедливо назвали “первым прибором для электрических измерений”.

Две медные шины k своими концами dd' опускались в чашечки со ртутью mm' , к которым подводились зачищенные концы исследуемых проволок. В зависимости от длины проволоки и площади их поперечного сечения изменялось магнитное действие электрического тока. Уменьшение этого действия Ом назвал “потерей силы” P , которая по расчетам Ома должна быть пропорциональна углу поворота магнитной стрелки. Этот угол измерялся поворотом “измерительной головки” q , к которой прикреплялась нить с магнитной стрелкой, до возвращения стрелки в первоначальное положение.

ОТКРЫТИЕ ЗАКОНА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЦЕПИ

Путь к всемирной славе оказался для Ома неимоверно трудным. В первых своих опытах по исследованию электропроводности металлических проволок Ом использовал в качестве источника тока вольтов столб, который, как уже отмечалось, вносил ряд неточностей в результаты измерений. Поэтому после завершения реконструкции всех элементов электроизмерительной установки Ом в течение двух лет, проявляя завидное мастерство экспериментатора, терпение и настойчивость, стремился получить наиболее точные данные. Он выяснил влияние температуры проводников на их проводимость – для этого он вносил их в пламя горелки и в сосуды с водой и льдом. Он исследовал силу тока не только по его магнитному действию, но и по химическому действию (в частности, по объему газов при электролизе воды). Наконец в мае 1827 г. вышел его фундаментальный труд “Теоретические исследования электрических цепей” объемом 245 страниц. Ом впервые использовал для анализа процессов в электрических цепях дифференциальные и интегральные исчисления и теорию рядов.

Изучая знаменитое сочинение французского ученого Фурье “Аналитическая теория тепла”, Ом обратил внимание на то, что Фурье объясняет тепловой поток между двумя телами разностью температур этих тел. И ему приходит в голову гениальная мысль о возможности аналогии между “тепловым потоком” и электрическим током в проводнике, вызванным разностью “электроскопических сил” ΔU (по современной терминологии – разностью потенциалов).

Ученый мир Западной Европы вначале не оценил важности открытия малоизвестного русского учителя гимназии, тем более что экспериментальное подтверждение этого закона требовало создания уникальной измерительной установки, которая была только у Ома.

И по аналогии с формулой Фурье для теплового потока Ом находит формулу для электрического тока:

$$S = \frac{\Delta U}{\rho \frac{\Delta x}{\omega}}$$

где S – сила тока (его магнитное действие), а выражение в знаменателе Ом назвал “приведенной длиной”, где Δx – длина проводника, ω – площадь его поперечного сечения, а ρ – удельное сопротивление, характеризующее материал проводника. Если сравнить эту формулу с современной записью закона Ома для однородной цепи, увидим, что “приведенная длина” – это сопротивление проводника. Заметим, что Ом впервые в западноевропейской электротехнической литературе ввел термин “сопротивление”, не зная, что за четверть века до него этот термин на русском языке ввел выдающийся физик В.В. Петров.

К сожалению, ученый мир Западной Европы вначале не оценил важности открытия малоизвестного русского учителя гимназии, тем более что экспериментальное подтверждение этого закона требовало создания уникальной измерительной установки, которая была только у Ома. И конечно, необходимо было обладать незаурядным мастерством экспериментатора.

Надеждам Ома все-таки не суждено было сбыться, т.к. в те годы в Германии господствовала натурфилософия, утверждавшая идеалистический путь развития познания природы и отвергавшая математические методы анализа экспериментальных данных. По утверждениям передовых немецких ученых, по вине лидеров этой натурфилософии “развитие естествознания в Германии задержалось на десятилетия”. Очевидно, что такой выдающийся ученый-экспериментатор, как Ом, подрывал основы общепринятого в стране мировоззрения и не мог ожидать поддержки от чиновников и псевдоученых.

Что касается оценки всемирно известных физиков Фарадея и Генри, то они, не владея немецким языком, узнали об открытии Ома с опозданием, о чем позднее сожалели. И только в 1831 г. закон Ома был экспериментально подтвержден одним из его единомышленников немецким профессором Фихнером, а в

1838 г. справедливость закона подтвердили знаменитые петербургские академики Ленц и Якоби. На английский язык труд Ома был переведен лишь в 1841 г., а на французский – в 1860 г. (!)

Перевод книги на английский язык и блестящие отзывы о ней Ленца и Якоби способствовали официальному признанию заслуг Ома. В мае 1842 г. Лондонское Королевское общество наградило Ома высшей наградой – Золотой медалью и избрало своим членом.

Почти двадцать лет ожидал Ом признания у себя на родине: лишь в 1845 г. он был избран действительным членом Баварской академии наук, а в 1849 г. стал профессором Мюнхенского университета, о чем мечтал много лет. В 1853 г. Ом был награжден орденом “За выдающиеся заслуги в области науки”.

К сожалению, здоровье ученого было подорвано, сказалось многолетнее напряжение физических и духовных сил. Но до последних дней жизни Ом оставался энергичным и добрым по отношению к людям, особенно к своим ученикам. Как писал один из биографов, Ом обычно “без горечи сносил свое стесненное положение, когда его работы не были признаны, и не зазнавался после того, как его труды получили международное признание”.

Скончался Ом после сердечного приступа в июле 1854 г. и был похоронен на старом кладбище города Мюнхена. Только спустя сорок лет в Мюнхене ему был поставлен памятник.

Имя Ома было увековечено в 1881 г., когда Электротехнический съезд в Париже утвердил название единицы сопротивления “ом”. Его имя, наряду с именами выдающихся физиков – Планка, Ландау, Курчатова – присвоено одному из кратеров на карте обратной стороны Луны.

Литература

1. Лебедев В. Электричество, магнетизм и электротехника в их историческом развитии. – М.-Л.: ВНТП, 1937.
2. Веселовский О.Н., Шнейберг Я.А. Очерки по истории электротехники. – М.: Изд. МЭИ, 1993.
3. Кошманов В.В. Георг Ом. – М.: Просвещение, 1980.