**Первые опыты по передаче электричества на расстояние**

Александр Семенов

Опыт, в котором электричество передавалось по проводнику, был выполнен еще в XVII века, задолго до появления гальванических элементов (1799 г.). Его автор - Отто фон Герике (1602-1686 гг.), известный прежде всего своими опытами с магдебурскими полушариями. Хотя Герике мало занимался электричеством, его имя прочно вошло в историю этой науки. Потираемый руками серный шар на оси (считается первой электризационной установкой - "машиной Герике") служил изобретателю для модельной демонстрации "мировых сил" (virtutes mundanae). В действительности же Герике наблюдал электрическое притяжение и отталкивание, т. е. электростатическую индукцию, эффект острия, электропроводность льняной нити, которой шар передавал свою способность притягивать легкие тела и др. В опыте с нитью притяжение наблюдалось в пределах более 2-3 см от нижнего конца нити длиной полметра.

Исаак Ньютон (1643-1727 гг.) в статье, доложенной Королевскому обществу в 1675 г., предложил заменить серный шар стеклянным (электризация стекла была известна еще Гильберту (1544-1603 гг.)). В результате у Ньютона и Франсиса Хоксби (ум. 1713 г.) появились снабженные ручным приводом электризационные машины на основе вращающегося стеклянного шара, потираемого руками.

В начале XVIII в. Хоксби использовал в качестве источника "электрической силы" стеклянную трубку, потираемую непосредственно рукой, бумагой, тканью или шкуркой. Благодаря такой трубке электрические опыты получили широкое распространение, но при этом сами электризационные машины надолго вышли из употребления, что, по мнению некоторых историков, затормозило развитие науки.

Электрические опыты Герике в более крупном масштабе продолжил английский ученый Стивен Грей (ум. 1736 г.). Благодаря работам Грея, проведенным при участии Грэнвилла Уилера (1701-1770 гг.), опыты по передаче электричества на расстояние вышли за пределы помещения.

Источниками "электрической силы" у Грея служили стеклянные трубки или палочки длиной 104 см и диаметром 3 см. На концах трубка была толще, чем в средней части. Внутренний диаметр трубки составлял около 2,5 см. Сплошная стеклянная палочка Грея имела 28 см в длину и 2,2 см в диаметре и тоже обеспечивала достаточно сильную электризацию.

Грей обнаружил ряд тел, которым трубка может сообщать "электрическую силу". Это - деревянные стержни и проволока (железная и латунная), их Грей вставлял в трубку (через пробку); пеньковая бечевка, которую он привязывал к трубке или заталкивал в нее, и др. В опытах по передаче электричества Грей надевал на конец деревянных стержней или подвешивал к концу бечевки или проволоки шар из слоновой кости, пробки или свинца со сквозным отверстием. Максимальная длина комнатной электропередачи по бечевке или проволоке, свисавших с трубки, не превышала метра, а максимальная длина горизонтальной комнатной электропередачи по состыкованным деревянным проводникам (в обоих случаях - с шаром на конце) составляла более 5,5 м, включая длину трубки.

Сообщение телам "электрической силы" Грей проверял с помощью пушинки, которая могла притягиваться к телу, отталкиваться от него, парить в воздухе, снова притягиваться и т. д., с помощью пробной нити, которая притягивалась к заряженным телам, а притянувшись, отталкивалась от них, или с помощью латунного листка, который обычно лежал на дощечке и мог притягиваться телами, находившимися над ним на высоте до нескольких дюймов. Для обнаружения малого заряда Грей пользовался длинным куском тонкой нити, подвешенным к концу палки.

Желая передать электричество на большее расстояние, 19 мая 1729 г. Грей провел такой опыт. Стоя на балконе, он держал в руках стеклянную трубку со свисающей веревкой длиной 8 м с шаром из слоновой кости на конце. Внизу находился ассистент Грея, определявший наличие заряда с помощью латунного листа (на дощечке). Грей не сомневался в том, что смог бы передать электричество таким способом даже с купола собора Св. Павла в Лондоне.

31 мая 1729 г. Грей, стоя на балконе, передал электричество вверх по шесту длиной 5,5 м, вставленному в трубку, и далее от верхнего конца шеста вниз по прикрепленной к нему веревке длиной 10 м. Общая длина передачи, как считал Грей, составила 15,5 м (хотя этот расчет не корректен из-за явления электростатической индукции, которую Грей открыл позднее).

Все эти опыты представляют собой лишь модификацию опыта Герике с льняной нитью.

У Грея еще не было четкого представления о проводниках и изоляторах. Он описывает в одинаковых выражениях передачу электричества свинцовому шару и шару из слоновой кости.

Грей решил передать электричество по горизонтали, чтобы выяснить, как далеко это можно делать. Он подвесил веревку на гвоздях, вбитых в деревянную балку, дальний конец веревки с шаром свисал, как обычно, над латунным листком. Опыт не получился: латунный листок лежал неподвижно. Грей сделал правильный вывод о том, что электричество ушло в балку.

Преодолеть затруднение удалось благодаря блестящей идее Уилера, вместе с которым Грей экспериментировал летом 1729 г. Уилер предложил поддерживать "линию электропередачи" шелковым шнуром, а не подвешивать ее на гвоздях. Первый же опыт, проведенный 2 июля 1729 г. около 10 часов утра (как скрупулезно отметил Грей в своих записях), превзошел все ожидания. Горизонтальная часть бечевочной линии проходила от стеклянной палочки, к которой она была привязана, до шелкового шнурка. К концу линии был подвешен шар из слоновой кости. Свисающая часть линии составляла около 2,7 м, а общая длина была равна 24,5 м. При потирании палочки латунный листок притягивался к шару и держался на нем некоторое время.

Заменив шелковый шнурок металлической проволокой, Грей опять получил отрицательный результат. Грей понял, что эффект изоляции линии обусловлен не тонкостью шнурка, а свойствами шелка. Проведя впоследствии специальные опыты, Грей убедился, что из всех шелковых шнурков наилучшими изоляционными свойствами обладают шнурки голубого цвета.

В успешно проведенных в 1729 г. опытах длина линии (веревки) доходила до 233 м, а в 1730 г. - до 270 м. Линии держались на 15 отрезках шелковых шнурков, натянутых в горизонтальной плоскости между деревянными стойками. Так появились предшественники основных элементов линии электропередачи - проводников, изоляторов и опор. Стало ясно, что электричество можно передавать на большие расстояния, "хоть на край света", как утверждал Иоганн Генрих Винклер (1703-1770 гг.) в 1744 г., говоря о передаче электричества по проводнику, обмотанному шелком или подвешенному на шелке. Интересно, что Винклер подчеркивает, что передача может оказывать сопротивление.

5 августа 1729 г. Грей показал, что электричество можно передавать, не касаясь линии передачи трубкой, а только держа трубку близ линии, т. е. (по позднейшей терминологии) с помощью электростатической индукции. Грей проделал аналогичный опыт и с деревянным стержнем, подвешенным к потолку на шелковых шнурках или леске из конского волоса. Примерно через десять лет по такому принципу стали устраивать кондукторы электризационных машин.

Работы Грея побудили к исследованиям по электричеству французского ученого Шарля-Франсуа де Систерне Дюфе (1698-1739 гг.), как он сам об этом пишет. В 1733 г. он воспроизвел опыты Грея и Уилера по горизонтальной передаче электричества с помощью бечевки. Дюфе обнаружил, что опыт удается лучше, если намочить бечевку. Развивая исследования Грея, он пришел к выводу, что изоляционные свойства шелка обусловлены не цветом шелка, а красителями. Дюфе передавал электричества по бечевке длиной более 400 м, подвешенной на шелковых подвязках, привязанных к деревьям. Дюфе показал, что линию передачи можно изолировать с помощью не только шелковых шнурков или конского волоса, но и стеклянных трубок, в том числе покрытых сургучом.

После исследований Грея и Дюфе все тела стали делить на проводники и непроводники, по терминологии, введенной английским ученым французского происхождения Жаном Теофилем Дезагюлье (1683-1744 гг.). Ранее английский ученый Вильям Гильберт (1544-1603 гг.) разделил все тела на электрики и неэлектрики, в зависимости от их способности электризоваться при трении. Дюфе сформулировал связь между этими классификациями: "Тела, наименее электрические сами по себе (т. е. наименее склонные к электризации), наиболее подходят для передачи электрической силы на расстояние".

В Англии исследования Грея продолжил Дезагюлье. 2 февраля 1738 г. он демонстрировал Королевскому обществу передачу электричества по проволоке (сначала железной, потом латунной) длиной около 5 м.

Грей, а вслед за ним Дюфе и Дезагюлье ставили вопрос о дальности, но не о скорости распространения электричества. Вопрос о скорости возник только после появления лейденской банки. Ее изобретение было подготовлено вышеизложенными исследованиями и возрождением электризационных машин (вместо стеклянной трубки), которые с начала 1740-х годов стали снабжаться кондуктором.

Лейденская банка была изобретена в 1745 г. независимо голландским профессором Питером ван Мюсхенбруком (1692-1761 гг.) и немецким прелатом Эвальдом Георгом фон Клейстом. Диэлектриком в этом конденсаторе служило стекло сосуда, а обкладками - вода в сосуде и ладонь экспериментатора, которая держала сосуд. Выводом внутренней обкладки служил металлический проводник, пропущенный в сосуд и погруженный в воду. В 1746 г. появились различные модификации лейденской банки с фольговыми обкладками, с внутренней обкладкой из металлических опилок или дроби и т. д. Лейденская банка позволяла накапливать и хранить сравнительно большие заряды, порядка микрокулона.

Парижский врач Луи-Гильом Лемонье (1717-1800 гг.) переносил заряженную лейденскую бутылку в руке через несколько кварталов к себе домой, при этом она долго сохраняла заряд в доме Лемонье.

Изобретение лейденской банки ознаменовалось ее разрядом через тело экспериментатора. Вскоре стали проводить опыты с разрядом лейденской банки через цепочку людей, взявшихся за руки. Английский физик, химик и историк науки Джозеф Пристли (1733-1804 гг.) утверждает, что такой опыт первым поставил английский врач Вильям Ватсон (1715-1787 гг.), но приоритет установить трудно. 20 апреля 1746 г. бургомистр Данцига Даниэль Гралат (1708-1767 гг.) демонстрировал местному обществу естествоиспытателей электрический удар одновременно 20 человек, взявшихся за руки. Иногда соседние люди соединялись через металлические стержни. В Версале под Парижем в присутствии короля аббат Нолле демонстрировал электрический удар одновременно 240 человек, взявшихся за руки. О своих опытах Нолле доложил Парижской академии наук весной 1746 г.

Осенью 1746 г. в Парижской академии наук сделал сообщение врач Лемонье. Он экспериментировал с тонкостенным лейденским сосудом. Лемонье заряжал его, прикасаясь выводом внутренней обкладки непосредственно к электризуемому трением стеклянному шару. При быстром вращении шара лейденский сосуд менее чем за полминуты заряжался настолько, что из проволочного вывода с шипением выходил пучок искр. Лемонье также разряжал лейденский сосуд через цепочку из большого числа людей, причем электрический удар люди испытывали тогда, когда стояли на изолирующем коврике (из смолы и воска в равных долях) или на полу. Люди образовывали цепочку, держась за руки или соединяясь друг с другом через металлические цепи длиной по 6-8 м. Одни цепи касались земли, другие были погружены в ведро с водой, а некоторые обмотаны вокруг больших кусков железа. Во всех этих опытах люди испытывали электрический удар. Исключив людей из опыта, Лемонье разрядил лейденский сосуд через провод длиной около 4 км и свое тело, при этом часть провода лежала на лужайке, покрытой росой.

В работе Лемонье мы впервые встречаем двухпроводную линию (изображенную в "Мемуарах" Парижской академии за 1746 г.). В правой руке Лемонье держал заряженный лейденский сосуд. Выводом внутренней обкладки Лемонье мог касаться провода длиной в 1800 м. В левой руке Лемонье держал провод такой же длины, проложенный параллельно первому. Другие концы обоих проводов держал в руках ассистент. Цель эксперимента состояла в определении скорости распространения электричества. Лемонье прикасался выводом внутренней обкладки к первому проводу, при этом оба экспериментатора испытывали электрический удар. Ассистент должен был определить промежуток времени между моментом образования искры при замыкании цепи и моментом ощущения электрического удара. Лемонье и его ассистент менялись местами. В результате был сделан вывод, что электричество распространяется со скоростью, по крайней мере в 30 раз превышающей скорость звука. Лемонье высказал предположение о непостоянстве скорости распространения электричества.

Обрывая провода в некоторых местах, Лемонье убеждался, что электричество распространяется действительно по проводам, а не по земле: при обрыве электрический удар не ощущался.

Работа Лемонье побудила Ватсона и других предпринять в более крупных масштабах совместные исследования с целью определения скорости распространения электричества. 14 июля 1747 г. английские ученые проложили металлический провод по мосту через Темзу с одного берега на другой. На "приемном конце" один из экспериментаторов, стоя на каменном спуске, держал в одной руке этот провод, а в другой - металлический стержень, погруженный в реку. На "передающем конце" второй экспериментатор, также стоя на каменном спуске, держал в руке тот же провод, а в другой - заряженную лейденскую бутылку, обернутую свинцовой фольгой и наполненную металлическими опилками. Третий экспериментатор, стоявший рядом, одной рукой окунал в воду металлический стержень, а другой - касался вывода внутренней обкладки лейденской бутылки, при этом все три экспериментатора испытывали электрический удар. Зарядка лейденской бутылки производилась от электризационной машины в соседнем доме. Там, где проводился опыт, расстояние между берегами, составляло 370 м. "Длина этой цепи, по которой распространялось электричество, - пишет Ватсон, - была не менее 750 м, из которых больше половины составлял поток реки". Ватсон отмечал, что металлы наилучшим образом проводят электричество, но и вода - тоже отличный проводник.

14 августа 1747 г. исследователи провели опыт, подобный только что описанному, но в качестве обратного провода использовалась земля. Длина металлического провода была равна 32 км. Участники эксперимента держали провод, стоя на изолирующих ковриках из воска.

В 1747 и 1748 гг. исследователи успешно экспериментировали с двухпроводной воздушной линией, общая длина проводов которой составила 3,7 км. Провода подвешивались на сухих (Ватсон подчеркивает это!) деревянных стойках. На основании проведенных опытов был сделан вывод, что электричество распространяется мгновенно.

Опыты английских исследователей вызвали оживленную дискуссию среди специалистов по электричеству того времени. Летом 1748 г. оригинальные опыты по передаче электричества проводил Бенджамин Франклин (1706-1790 гг.). На противоположных берегах реки Скулкилл у самой воды было воткнуто по металлическому прутку длиной около 1 м. К верхушке одного прутка был прикреплен кусок проволоки с шариком на конце, свисавшим над спиртом, налитым в ложку. "Тонкая проволока, прикрученная одним концом к ручке ложки со спиртом, - пишет Франклин, - была переброшена через реку и поддерживалась над водой паромным канатом. Другим концом этой проволоки была обвязана обкладка банки, при зарядке которой искра из крюка (вывода внутренней обкладки) проскакивала к верхушке прутка, воткнутого на этом берегу реки. Одновременно пруток на другом берегу давал искру в ложку со спиртом, который при этом воспламенялся, на потеху филадельфийцев, наблюдавших за опытом. Вторым проводом линии передачи служила вода реки".

Перенесемся теперь с берегов Скулкилла на берега Невы.

В 1753 г. М. В. Ломоносов сообщал И. И. Шувалову, что Г. В. Рихман выполнял лейденский опыт "с сильным ударом"; опыт, писал Ломоносов, "можно переносить с места на место, отделяя от машины в знатное расстояние около целой версты". Хотя описание и чертеж опыта утрачены, можно заключить, что петербургский академик соорудил линию передачи от электризационной машины "в знатное расстояние". Что представляла собой рихмановская линия передачи - не известно. Есть сведения, что Рихман устраивал довольно длинные электрические линии. Так, он подвесил на шелковых шнурах железную цепь длиной 40 м, которая соединяла между собой остроконечный железный прут, заряжавшийся атмосферным электричеством даже в ясную погоду, и электрический указатель (электрометр). Длина цепи, по данным Рихмана, не влияла на показания электрометра. В опыте, о котором сообщает Ломоносов, Рихман, по-видимому, заряжал и разряжал Лейденскую банку "с сильным ударом" в различных точках линии.

Вышеизложенные опыты стимулировали идею электрического телеграфа, но удивительно, что ее не высказал ни один из вышеупомянутых исследователей.

Первое достоверно известное предложение использовать электричество (статическое) для передачи сообщений содержится в письме некоего "С. М." из города Ренфрю от 1 февраля 1753 г., напечатанное в Шотландском журнале за 17 февраля. На это письмо ссылаются во многих работах по истории телеграфии. "С. М." предлагал провести между двумя пунктами параллельные провода с использованием изоляторов из стекла (или другого подходящего материала) на опорах, установленных через определенные промежутки. Проводов должно быть столько, сколько букв в алфавите. Передача каждой буквы должна осуществляться путем приведения в соприкосновение кондуктора электризационной машины и соответствующего провода. На приемном пункте, согласно предложению, следовало подвесить шары, к которым должны были притягиваться листки из бумаги и т. п. с нанесенными на них буквами "С. М.".

Таким образом, открытие электропроводности показало принципиальную возможность передачи электричества на расстояние, при этом в опытах были с успехом применены различные проводники: льняная нить (Герике, XVII в.), пеньковая бечевка, непросушенное дерево, металлическая проволока (Грэй, 1729 г.), влажный кетгут (Дезагюлье, 1738 г.).

Надежная передача электричества на расстояние стала возможной благодаря тому, что были найдены не только проводники, но и изоляторы: шелк (Уилер в опыте, поставленном Грэем, 1729 г.), конский волос (Грэй, 1729 г.), стекло и сургуч (Дюфе, 1733 г.), сухой кетгут (Дезагюлье, 1738 г.), сухое дерево (Ватсон и др., 1747 г.). С первой половины XVIII в. известны изолирующие подставки из смолы и воска.

В первой половине XVIII в. были проведены успешные опыты передачи электричества по линиям различных конфигураций благодаря:

распределению заряда от наэлектризованной стеклянной трубки или палочки по однопроводной линии и индуцированию заряда на противоположном конце линии, при этом длина линии достигала нескольких сотен метров (Грэй, Дюфе, Дезагюлье 1729-1738 гг.);

разряду лейденской банки через одно- и двухпроводную линию, при этом дальность передачи составляла несколько километров (Лемонье, а также Ватсон и др., 1746-1748 гг.). В качестве обратного провода использовалась проволока, земля и вода.

Из опытов с разрядом лейденской банки через длинные линии был сделан вывод, что электричество распространяется практически мгновенно. Опытами по передаче электричества на расстояние стимулировались идеи электрического телеграфа, выдвигавшиеся примерно с середины XVIII века и реализованные в 30-х годах XIX века.