

**УДК 681.3**  
**ББК 32.971.3**  
**М14**

**Крис Макдональд**

**М14** История реле / пер. с англ. В. Ю. Голованова. – М.: ДМК Пресс, 2022. – 234 с.: ил.

**ISBN 978-5-97060-993-4**

За последние сорок лет цифровые технологии преобразили наш мир почти до неузнаваемости. Мы проводим наши жизни в окружении ноутбуков, телефонов, планшетов и игровых консолей, используем компьютеры для работы, игры, обучения и знакомств. Эта книга рассказывает историю появления и развития тех скромных компонентов, без которых это было бы невозможно, – транзистора и его прямых предков, реле и электронной лампы.

Рассказ оживляют любопытные факты из биографий учёных и инноваторов, от Луиджи Гальвани и Томаса Эдисона до Алана Тьюринга, внёсших свой вклад в эволюцию цифровых устройств благодаря своим гениальным идеям и упорству в достижении цели.

Издание адресовано широкому кругу читателей, интересующихся развитием технологий.

УДК 681.3  
ББК 32.971.3

The Switch: How the Telegraph, Telephone, and Radio Created the Computer,  
ISBN 978-1736385807, published by Chris McDonald.

© 2021 by Chris McDonald. Russian-language edition copyright  
«© Оформление, издание ДМК Пресс, 2022.»

Все права защищены. Любая часть этой книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме и какими бы то ни было средствами без письменного разрешения владельцев авторских прав.

ISBN 978-1-7363858-0-7 (англ.)  
ISBN 978-5-97060-993-4 (рус.)

© 2021 Chris McDonald  
© Оформление, издание, перевод,  
ДМК Пресс, 2022

# ОГЛАВЛЕНИЕ

Благодарности.....	6
Об авторе.....	7
Пролог.....	8
1. Дальнопись.....	12
2. Предприниматели.....	37
3. Первое реле.....	54
4. Говорящий телеграф.....	62
5. Релейная логика.....	82
6. Электронная эра.....	116
7. Машины войны.....	137
8. Электронная революция.....	163
9. Транзистор.....	175
Заключение. Многократное переизобретение.....	200
Примечания.....	214
Предметный указатель.....	232

## ПРОЛОГ

**М**ы воспринимаем мир непрерывно – не как цепочку отдельных событий, но как постоянный поток цвета, звука и текстур. Уже геометры древности считали это само собой разумеющимся, используя непрерывные конструкции вроде прямых, окружностей и квадратов для описания окружавшего их мира. Столетия спустя алгебраисты оживили статичный мир геометрии в непрерывных функциях, способных обозначить арку летящего снаряда или орбиту планеты. Однако где-то на заднем плане пряталась противоположная математическая традиция, основанная на теории чисел. Она работала с отдельными цифровыми значениями, а не с гладкими и непрерывными величинами. И хотя сегодня мы всё ещё воспринимаем непрерывный геометрический мир, живём мы тем не менее в цифровом мире теории чисел [1]. Почти все наши развлечения и большая часть работы теперь цифровые – их обрабатывают компьютеры, они хранят и передают эти данные в виде последовательностей дискретных чисел.

Как появился цифровой компьютер, и как ему удалось настолько глубоко проникнуть в нашу жизнь? История почти любой технологии при ближайшем рассмотрении оказывается сложным переплетением множества факторов. То, что сначала может показаться отдельным изобретением, на поверку оказывается последовательностью часто не связанных между собою идей и мотиваций, повторных комбинаций и переделок, сходящихся, иногда спустя несколько десятилетий, к тому, что мы называем швейной машиной или телефоном. Для примера возьмём одну из нитей истории: аэроплан. Самолёт братьев Райт «Флайер 1» смог появиться на свет только потому, что для нарождавшейся тогда автомобильной индустрии разработали новые, мощные и компактные двигатели. А они, в свою очередь, появились из желания создать небольшие источники питания для ремесленников, для которых не подходили большие, дорогие и капризные паровые двигатели.

Возможно, вычислительные машины будут самым лучшим примером такого сложного переплетения. Несметное множество причин мотивировало несметное множество людей в течение нескольких столетий на

создание автоматических вычислителей. Люди хотели составлять математические и астрономические таблицы, решать сложные системы дифференциальных уравнений для инженерных проектов, рассчитывать траекторию артиллерийского снаряда, подсчитывать и разбивать на категории население, понимать механизмы логического мышления. Созданные ими устройства тоже были очень разными – аппараты, в которых с поразительной сложностью переплетались шестерёнки, падали в колодцы с ртутью штыри, вращались диски, трубки, резервуары и поршни заполнялись водой.

Оглядываясь назад, на истоки современных компьютеров, историки изучили всех этих функциональных предшественников. Они также рассмотрели первые идеи автоматических вычислительных машин и отследили работы в этом направлении таких математиков, как Вильгельм Готфрид Лейбниц, Чарльз Бэббидж и Алан Тьюринг [2]. Чтобы придумать или реализовать такую машину, не требовалось никакой особой технической инфраструктуры. Источником идеи универсального вычислителя для Тьюринга вообще стал человек с карандашом и длинной бумажной лентой. Однако ни Лейбниц, ни Бэббидж, ни Тьюринг, и никто другой из тех, кто первым баловался с идеей вычислительных машин, не внёс свой вклад в создание поддерживающей технической структуры, сделавшей возможным появление современных компьютеров общего назначения. Универсальный компьютер Тьюринга не мог быть и не был ничем иным, кроме как математической диковинкой – пока не появились компоненты, благодаря которым такой достаточно быстро работающий компьютер можно было собрать за разумную стоимость.

Важнейшим из подобных компонентов было автоматическое реле. Оно стало наиболее успешным устройством общего назначения, решающим задачу создания вычислительной машины. И это решение лежит в основе всех современных компьютеров и, следовательно, всей цифровой сверхструктуры, в которой мы сегодня живём. Это фундаментальная частица цифровой вселенной. Будучи переключённым в одну сторону, оно представляет состояние «выключено», «ложь» или «ноль». В другую сторону – «включено», «правда» или «один». Что самое важное: в отличие от обычных механических переключателей, автоматическое реле можно переключать туда-сюда тем же самым электрическим сигналом, который оно само и создаёт. Это позволяет комбинировать десятки, потом тысячи, затем миллионы, далее миллиарды реле для создания сложных вычислительных структур. Подсоединяя выходы одного набора реле ко входам других наборов, можно заставить их выполнять арифметические или логические задачи [3]. Соединяя выходы обратно со входами предыдущих слоёв, можно даже сделать так, чтобы они хранили

в памяти информацию между этапами повторяющихся процессов – то есть реализовывали алгоритм [4].

Исконное реле несколько раз меняло свою физическую форму, перед тем как попасть в кремниевый чип, лежащий в основе современных высокоскоростных электронных компьютеров. Иронично, что в первые сто лет своего существования работу реле почти всегда улучшали люди, вообще не помышлявшие о вычислениях. Они пытались наладить передачу сообщений. И благодаря исторической случайности получилось так, что, создавая усилители аналоговых сигналов – телефонных разговоров, радиопередач и т. п., – изобретатели и инженеры одновременно создавали автоматические реле всё возрастающей сложности и скорости работы.



*Викторианская открытка с изображением вокзала Паддингтон*

История появления компьютера, начинающаяся с Чарльза Бэббиджа, приводит нас в Лондон середины XIX века. По адресу Дорсет-стрит, 1 находилось крупное здание, служившее домом и мастерской Бэббиджу – математику, экономисту и изобретателю. Он десятилетиями возился с вычислительными машинами, собранными из механических частей: шестерней, коленчатых валов, кулачков и т. п. Обеспокоенный крайне медленным прогрессом, а также шумом, который наполнял улицы по мере того, как окрестности превращались из тихого пригорода в развитой городской центр, он стал тратить большую часть своих сил на кампанию против распространявшейся шумовой заразы: уличных музыкантов. После смерти Бэббиджа в его мастерской остались лежать и пылиться несколько фрагментов его великой мечты, аналитической машины. У кого-то она вызывала интерес, кому-то казалась ерундой или даже чем-то невозможным.

А тем временем всего в паре километров к западу разворачивалась иная история. Открылась первая коммерческая система передачи сообщений посредством электричества. Она передавала информацию вдоль Большой Западной железной дороги, соединявшей вокзал Паддингтон и Западный Дрейтон (сегодня недалеко от этого места находится аэропорт Хитроу). Это был первый намёк на новый сектор индустрии и технологий, который впоследствии назовут телекоммуникациями. Этот сектор породил множество волн вычислительных технологий, работавших не на механическом принципе, а на электрическом. В последующем столетии он станет пестовать и поддерживать последователей Бэббиджа. А всё началось с поиска способов передачи сообщений посредством электричества.

# ДАЛЬНОПИСЬ

Чтобы изучить историю возникновения реле, мы прежде всего должны разобраться в происхождении электрического телеграфа. Из этого изобретения выросла история телекоммуникаций, ставшая неиссякаемым источником цифровых устройств и информационных технологий. Но телеграф появился только после множества попыток, растянувшихся на целый век, по передаче «донесений» (того, что сейчас мы называем «информацией») при помощи электричества.

Однако сначала необходимо сделать одно важное пояснение: люди, о которых пойдёт речь ниже, представляли себе электричество при помощи категорий и концепций, совершенно отличных от наших. Наши учёные физики упаковали научный опыт прошлого в аккуратный набор концепций и уравнений, исключив столетия развития и конфликтов между разными философскими школами. Например, Ом никогда не писал формулу  $V = IR$ , а Максвелл не создавал уравнения Максвелла.

Я не буду пытаться изучать все повороты и хитросплетения интеллектуальной истории электричества, но попытаюсь представить идеи в том виде, в каком они появились на свет, а не в том, который мы им придаём, основываясь на современной картине мира.

## ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ ЖИДКОСТЬ

---

Явление электрического притяжения было известно с древних времён. В VI в. до н. э. Фалес Милетский описал свои наблюдения за тем, что будет, если потереть кусочек янтаря (по-гречески «электрон» – по имени звезды Электра из семьи Плеяд в созвездии Тельца) о кошачью шерсть. Он отметил, что перья и другие лёгкие объекты внезапно начинают притягиваться к янтарю. Но много веков эта диковинка не привлекала особого внимания.

С ростом экспериментальной натурфилософии в XVII–XVIII веках учёные начали проявлять гораздо больше интереса к странностям природы. Согласно аристотелевскому взгляду на мир, доминировавшему в европейской философии в течение всей эпохи Возрождения, только явно наблюдаемые закономерности могли привести к пониманию природных истин. Новые экспериментаторы опровергли эту точку зрения. Фрэнсис Бэкон писал нечто противоположное в своей работе «Великое восстановление наук» 1620 года:

Я хотел бы, чтобы предлагаемая мною натурфилософия была историей не только свободной и неограниченной природы (когда она предоставлена сама себе и работает самостоятельно), но больше историей природы, испытывающей ограничения и возмущения. Когда по задумке и действию человека она вытесняется из её естественного состояния, сжимается и преобразуется. Природа вещей выдаёт саму себя с большей готовностью под воздействием человека, нежели когда она пребывает в свободном состоянии.

Английский физик Уильям Гильберт первым придумал термин, учитывая, что последствия «раздражения» янтаря были частью более общего явления. В своём трактате от 1600 года «О магните, магнитных телах и о большом магните – Земле» он назвал это явление «электрицитусом», что значит «ведущий себя подобно янтарю». Он описал множество различных субстанций, выказывавших способность притягивать другие вещи после натирания, включая драгоценные камни, стекло и серу. Всё ещё следуя древней модели материи, состоящей из четырёх элементов – огня, воздуха, воды и земли, – Гильберт считал, что именно водная часть этих субстанций придавала им электрическую энергию [1]. Но он не мог представить себе, что эту энергию когда-нибудь можно будет использовать для передачи сообщений. Сила притяжения работала только на очень небольших расстояниях.

К началу XVIII века новые способы получения электричества были изобретены и другими. Было обнаружено, что, положив руку на вращающийся шар, можно создать мощную электрическую силу и даже передавать её по нити. Через несколько лет Стивен Грей обнаружил, что может осуществить эту передачу на несколько сотен метров [2]. Были созданы и другие похожие электрические машины.

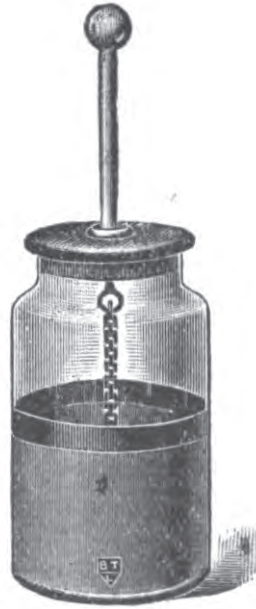
К тому времени учёные начали формировать представление об электричестве как о жидкости, которая накапливается, а затем расходуется, перетекая с одного места на другое. В отличие от Гильберта, они не считали, что это была обычная вода, а представляли её себе как некую нематериальную субстанцию. Некоторые думали, что несколько различных жидкостей отвечают за свет, магнетизм, электричество и даже жизнь. Другие верили, что существует единственная эфирная жидкость, проявляющая себя по-разному [3].





*Гильберт проводит электрическую демонстрацию при дворе королевы Елизаветы  
(фрагмент картины XIX века)*

Наилучшую ёмкость для этой жидкости обнаружили в 1746 году с изобретением т. н. лейденской банки, названной по имени города, где она сначала прославилась. Это устройство в законченном виде состояло из стеклянной банки, обёрнутой внутри и снаружи металлической фольгой, и с металлическим выводом, торчащим сверху, соединённым с внутренней фольгой [4]. Если подсоединить к выводу электрическую машину, то банка сможет хранить огромные количества электрической жидкости, будто бы налитой в неё. Эта жидкость вытекала из банки через сильный разряд, когда вывод подсоединяли к внешней фольге.



*Лейденская банка*

К тому времени появилась целая научная субкультура «электриков». Заполучив электрический генератор и лейденскую банку, можно было легко экспериментировать с электричеством. При этом вовсе не обязательно было заниматься математическими тонкостями вопроса, чтобы проводить красочные и яркие демонстрации. Бен Франклин, самый знаменитый из тех «электриков», даже предложил, чтобы несколько таких устройств, объединённых в цепь, использовались для умерщвления и последующего приготовления индейки на ужин. Он назвал такую конфигурацию из нескольких банок «батареей» (по аналогии с батареей пушек):

Индейку нужно убивать для ужина при помощи электрического удара, а затем жарить при помощи электрического вывода перед огнём, зажжённым электрической бутылкой. За здоровье же всех знаменитых электриков в Англии, Голландии, Франции и Германии нужно пить из заряженных бокалов под залп пушек из электрической батареи [5].

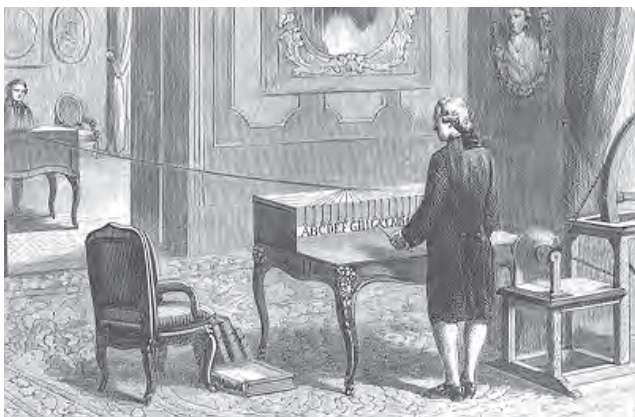
Изучая возможности лейденской банки, учёные увидели, что электрическую жидкость можно передавать на большие расстояния и, как казалось, мгновенно. Экспериментаторы доказывали это на опытах, отправляя заряды через различные среды, включая реки и озёра. Особенно прославились французские демонстрации аббата Жан-Антуана Нолле. Он отправил заряд через 180 солдат королевской гвардии, а затем по цепочке монахов-картезианцев длиной в полтора километра. Каждый из монахов соединялся

с соседними, держа в руках металлический провод [6]. К тому времени эксперименты уже показали, что металлические провода служат наилучшей средой для передачи – что они были «проводниками» для электричества.

## ПРОЖЕКТОРЫ

Используя новые инструменты – электростатические генераторы на основе трения, лейденские банки и проводящие провода, – учёные начали делать первые попытки передачи сообщений при помощи электричества. В 1753 году некто С. М., чья личность так и не была установлена, отправил в журнал Scot's Magazine (старейший из ныне издающихся журналов, посвящённых шотландским новостям; первый номер вышел в 1739 году. – *Прим. перев.*) свой «Метод быстрой передачи информации». Он описал систему, использующую по одному проводу на каждую из букв алфавита. На окончании каждого провода находился шарик из губчатого растительного материала. При передаче по проводу заряда наэлектризованный шарик должен был поднимать соответствующий листок бумаги с изображённой на нём буквой. Неизвестно, кто был этот С. М. и было ли построено подобное устройство [7].

Но за последовавшую сотню лет по его стопам пошли другие. В 1774 году швейцарский физик Жорж Луи Лесаж предложил систему с 26 проводами, похожую на описанную таинственным С. М. 26 букв были расположены в ней на манер клавиатура (система стояла в его доме и передавала сообщения между двумя комнатами. – *Прим. перев.*). Он подумывал о том, чтобы презентовать эту систему Фридриху Великому, «чтобы тот сам оценил её полезность», но даже если Лесаж и смог это сделать, монарха она не впечатлила, поскольку более о ней ничего неизвестно.



*Как мог бы выглядеть телеграф Лесажа (с гравюры XIX века). Обратите внимание на электрическую машину справа*

Через двадцать лет испанец дон Франциско Сальва предложил систему передачи сообщений непосредственно на тело человека. Принимающий должен был держаться за провод и получать сообщения напрямую, когда другой конец провода принимал бы разряд лейденской банки. Он не объяснил, как сможет найти добровольцев, которые бы целый день держались за провод в ожидании удара током. Позже он построил более гуманную систему, создававшую искры между кусочками жестяной фольги, продемонстрированную им испанскому двору [8].

Можно привести ещё множество примеров подобного использования электричества из XIX века. Такие экспериментаторы с телеграфом появлялись на периферии электрической науки. Франклин, Вольт, Фарадей и другие учёные, исследовавшие глубинную природу электричества, не интересовались способами передачи информации. Это была эпоха «прожекторов» – людей с грандиозными планами, от основания шотландской колонии на Панамском перешейке до реализации древней мечты об алхимической трансмутации. Их высмеивал Джонатан Свифт, наполнивший «Академию в Лагадо» из «Путешествий Гулливера» людьми, тщетно пытавшимися извлечь солнечные лучи из огурцов и занятыми другой ерундой [9]. Такие прожекторы, как Лесаж и Сальва, столкнулись с несколькими препятствиями на пути к практической и эффективной системе, которой были необходимы:

- 1) надёжный источник энергии. Электрические машины и лейденские банки были слишком привередливыми и потенциально опасными устройствами, неспособными обеспечить плавное течение электрической жидкости (то, что мы называли бы устойчивым током). Более того, говоря современным языком, они давали слишком большое напряжение, что выражалось в сильных потерях на плохо изолированном проводе [10];
- 2) эффективные способы обнаружения сигнала и перевода его в язык. Проблема содержала в себе две: постройку достаточно чувствительного детектора и поиск способа кодирования языка в этом детекторе. Большинство электриков-прожекторов пытались напрямую представлять буквы алфавита на том конце провода, используя либо по одному проводу на каждую букву, либо такие устройства, как синхронизированные колёса или множество иголок, указывавших на нужную букву;
- 3) концептуальная платформа, направляющая эксперименты в нужном направлении. Ом не разработал свой знаменитый закон вплоть до 1827 г., а вне Германии он стал известен только в 1840-х. До этого времени очень сложно было понять, почему определённые комбинации провода, электрического источника и детектора работали замечательно, а другие полностью проваливались [11].

На преодоление этих препятствий ушло ещё несколько десятилетий, причём обычно это происходило случайно, как побочный эффект, пока исследователи пытались решать совершенно другие задачи. Но сначала нам необходимо рассмотреть прибор, с которым будут сравниваться все попытки передачи сведений при помощи электричества, – телеграф. Ибо до появления знакомого нам всем телеграфа уже существовало совершенно другое устройство с таким же названием.

## БРАТЯ ШАПП

---

В 1789 году Клод Шапп жил без забот [12]. Он числился священником и получал доход с церковного бенефиция, расположенного в сельской местности Франции. Но вместо того чтобы проводить дни за спасением крестьянских душ, он уехал в Париж, присоединился к группе философов и начал писать работы по экспериментальной физике.

С приходом революции его жизнь стала усложняться. Новое правительство упразднило бенефиции, и Шаппу потребовался новый источник доходов. Его братья Игнатий, Клод и Абрахам также были безработными. Братья вернулись в свой родной город в Бретани и разработали новую схему заработка. Они решили создать систему передачи сообщений на дальние расстояния и продать её новому революционному правительству.

Первая попытка, совершённая зимой 1790–1791 годов, была основана на системе синхронизированных часов. Они расположили двое маятниковых часов со специальными символами на циферблатах за домом своих родителей. Желающий отправить сообщение ударял в гонг, и по этому сигналу отправляющий и принимающий запускали свои часы. Затем отправляющий ещё раз подавал звуковой сигнал в тот момент, когда стрелка попадала на нужный ему символ. Получатель сигнала проверял свой циферблат и записывал полученный символ. По специальному справочнику из этих символов можно было составлять слова.

Но Шаппы знали, что звук нельзя было использовать как практический метод синхронизации на больших расстояниях. Клод опробовал множество других методов для передачи сигналов «запускай часы» и «записывай символ», включая электричество, – но безрезультатно. В итоге он остановился на доске с одной тёмной и одной светлой сторонами. Поворот доски светлой стороной заменял удар в гонг. При помощи телескопа получатель мог различать тёмную и светлую стороны за много километров.

К лету 1792 года Клод понял, что он может вообще избавиться от часов с циферблатом, просто добавив больше досок. Их позиции напрямую могут кодировать нужный символ. К этому времени они с братьями уже набрались достаточно уверенности и начали искать поддержки в За-

конодательном собрании, членом которого был Игнатий. Они назвали своё устройство «телеграф», или «дальнописец».

Панели в результате были заменены на сигнальный семафор, состоящий из трёх подвижных металлических плеч на шесте. Каждая позиция кодировала свой символ. Хитроумная система шкивов позволяла оператору контролировать семафор при помощи рычагов, которые необходимо было располагать точно в такой же позиции, в какую нужно было привести семафор.

Заручившись поддержкой единомышленников из нового Национального конвента, Шаппы получили финансирование на создание пробной линии на севере Франции в апреле 1793 года. Удовлетворившись работой устройства, правительство заказало постройку полноразмерной линии от Парижа до Лилля, находившегося в 225 милях от северо-западной границы. К лету 1794 года её постигло громкое признание, поскольку она смогла передать информацию о победе французов в Австрийских Нидерландах (на территории современной Бельгии) спустя всего несколько часов после самого события [13]. Исключая сигнальные огни [14] и другие старые технологии такой же низкой пропускной способности, ещё ни одно сообщение не проходило такое большое расстояние быстрее, чем гонец на лошади.

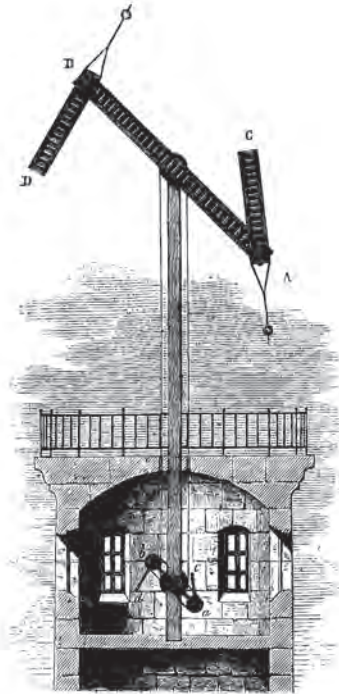


Fig. 19. — Télégraphe de Chappe.

*Окончательный вид телеграфа Шаппов*

## ЭРА ОПТИЧЕСКОГО ТЕЛЕГРАФА

---

В 1796 году Абрахам Никлас Эделькранц писал в своём трактате о телеграфе:

С новыми изобретениями часто случается так, что часть публики находит их бесполезными, а другая часть считает их невозможными. Когда становится ясно, что возможность и пользу уже никак нельзя отрицать, большинство соглашается на том, что это устройство было довольно легко изобрести и что они знали о нём уже давно [15].

Идейственно, после доказательства успешности изобретения общество считало систему Шаппов во Франции великим благом для Республики, после чего по всей Европе появились имитаторы – вносящие нужные исправления в конструкцию для успокоения национальной гордости. Первым и лучшим среди них был сам Эделькранц, шведский библиотекарь, учитель и поэт, который, услышав о телеграфе Шаппов в сентябре 1794 года, немедленно начал экспериментировать со своими собственными версиями проекта. Британия, Пруссия, Испания, Нидерланды и другие строили телеграфные системы того или иного толка в последовавшее десятилетие [16].



*Телеграфная станция на вершине средневековой церкви на Монмартре  
(тогда – за границами Парижа)*

Телеграф особенно любил Наполеон, использовавший его как инструмент политического контроля и военной мощи. Сразу после государственного переворота 1799 года, сделавшего его первым консулом, он просигнализировал о полученной власти при помощи телеграфного сообщения: «Paris est tranquille et les bons citoyens sont contents» («В Па-

риже тихо, и добропорядочные граждане счастливы»). В качестве императора он руководил дальнейшим расширением системы, протянувшейся по Паданской низменности в северной Италии (арене его ранних побед) до самой Венеции [17].

Европейские правители вроде Наполеона видели в телеграфе прежде всего инструмент государственной власти, особенно в военное время. Многие европейские системы строились как системы раннего предупреждения против вторжений во времена длинной серии войн, спровоцированных Французской революцией, продолжавшейся до финального поражения Наполеона в 1815 году. Игнатий Шапп жаловался в своей «Истории телеграфа», что высшие силы не сочли возможным приспособить телеграф для коммерческого использования. Он верил, что изобретение, если дать ему шанс, было способно создать новые трансъевропейские рынки и превратить Париж в финансовую столицу.

Вместо этого французы закрыли большую часть сети во время годового Амьенского мира в 1802–1803 годах, британцы позволили своей системе прийти в негодность по окончании наполеоновских войн в 1815 году, а шведская телеграфная система пришла в упадок сразу после военных действий с Россией в 1809 г. [18].

Предприниматели устраивали частные коммерческие линии в Германии, Британии и Франции, обычно для раннего предупреждения о приближении кораблей. К примеру, Иоганн Шмидт управлял линией, шедшей от Куксхафена на Северном море до порта Гамбург на Эльбе с 1837 по 1848 год. Но это были лишь исключения. В США, к примеру, все телеграфы были только небольшими частными предприятиями – в основном их строили в Бостоне, Филадельфии и Нью-Йорке [19].

Почему же, интересно, на изобретение телеграфа потребовалось столько времени? Его физические элементы – металлические и деревянные части, шкивы и верёвки – были известны с давних пор. Единственным новым компонентом, увеличивавшим его практичность, был телескоп – позволявший строить станции на расстоянии в 5 миль друг от друга. Но и этому инструменту к началу экспериментов Шаппов было уже почти 200 лет. За это время было предложено несколько способов передачи сообщений на большие расстояния при помощи телескопов и визуальных сигналов – один из наиболее известных принадлежит Роберту Гуку. И из этого ничего не вышло.

Значит, объяснение феномена нужно искать не в недостатке технических ресурсов. Наверняка к этому имеет отношение настойчивость, энергичность и политическая подкованность братьев Шапп. Я также думаю, что сыграла роль и особая ситуация, порождённая революционными французами. Другие, хотя и имитировали их телеграф, никогда не строили сети такого же масштаба и размера [20].



Все правительства Франции 1790-х годов ощущали (не без причины), что находятся в состоянии постоянной осады и чрезвычайной ситуации. Новый инструмент, способный предупредить их об активности многочисленных врагов, должен был им понравиться. Достаточно, чтобы Национальный конвент продал идею Шаппов, позволив им запрашивать высокую цену за своё устройство и вырубать деревья и другие препятствия при постройке их линии.

Часть идеологии Революции состояла в том, чтобы объединить всю французскую нацию и отместить осколки местнических повадок феодальной эры. Поэтому и поддерживались такие проекты, как метрическая система, призванная заменить множество местных систем весов и расстояний одной, якобы более рациональной системой (автор ставит под вопрос рациональность метрической системы, будучи американцем. – *Прим. перев.*). Телеграф с его башнями, тянувшимися из одного угла Франции в другой, хорошо вписывался в идеологию. Бертран Барер, видный делегат Национального конвента, ставил телеграф в один ряд с книгопечатанием, порохом и компасом в галерее изобретений, «заставивших исчезнуть величайшие препятствия на пути цивилизации человека и сделавших возможными объединение людей в великие республики» [21].

## ОПТИЧЕСКИЙ И ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ

---

Существование телеграфа повлияло на все попытки передачи сообщений при помощи электричества. Теперь у электрических прожекторов был ясный пример, на который нужно было ориентироваться. Они строили новый тип телеграфа – в разное время его называли электрическим, электромагнитным, voltaическим, гальваническим и т. п. – в зависимости от места, времени и темперамента. Стоит остановиться на двух исторических примерах, когда пути развития оптического и электрического телеграфов пересекались.

В одном случае предложение о постройке оптического телеграфа вылилось в постройку электрического. 10 апреля 1809 года австрийская армия перешла реку Инн и вторглась в королевство Бавария, выступавшее союзником Франции. Наполеона быстро поставили в известность через ближайшую телеграфную станцию в Страсбурге. Он прибыл на фронт из Парижа 16-го числа, выгнал австрийцев из Баварии и разбил их силы под Веной через три месяца в Ваграмской битве. Это был последний из великих успехов Наполеона.

Министры баварского правительства были поражены скоростью прибытия Наполеона. Меньше чем за неделю сообщение и его адресат преодолели совокупное расстояние более 1600 км, осиливая по 240 км

в день. Они обратились за консультацией к выдающемуся члену Академии наук, Самуэлю Зёммерингу, и запросили у него техническое предложение по постройке собственного телеграфа.

К их удивлению, Зёммеринг вернулся уже в конце того же лета с предложением, в котором был описан не телеграф Шаппа, а его электрический вариант. Он основывался на принципе электролиза – разделения воды на водород и кислород при помощи электричества. Он состоял из 35 проводов, конец каждого из которых погружался в ёмкость с водой. Каждый провод маркировался одной из букв алфавита или цифрой от 0 до 9. Если на провод подавалось электричество, перед соответствующей буквой или цифрой поднимались пузыри.



*Телеграф Зёммеринга*

Зёммеринг отправил копию устройства в Париж, надеясь, что ею заинтересуется и Наполеон, но император так и не увидел её [22]. Его устройство стало бы ещё одной исторической диковинкой, как и многие другие электрические телеграфы, придуманные около 1800 года, – но оно вдруг запустило цепь событий, приведшую к появлению первого коммерческого телеграфа почти через тридцать лет и в 800 км от того места. А Наполеону ещё предстояло сыграть в этой цепи одну из ролей. В следующей главе мы вернёмся к этой истории.

Другая история с превращением оптического телеграфа в электрический относится к Фрэнсису Рональдсу, британскому экспериментатору с электричеством, изобретателю и примечательному инженеру. Летом 1816 года он решил доказать практичность электрического телеграфа. В простейшем виде его система повторяла первые эксперименты Шаппа – она состояла из синхронизированных часов с циферблатами на каждом конце линии. Разница была в том, что синхронизирующий сигнал был электрическим.

Когда он соединял свою машину с проводом, пара шариков из пористого древесного материала на дальнем конце провода приобретала заряд и начинала отталкиваться друг от друга, что было сигналом о том, что получателю необходимо либо запускать свои часы, либо считывать символ с циферблата и записывать нужную букву. У себя на лужайке он протянул 13 км железного провода на двух больших деревянных рамках, чтобы продемонстрировать, как система работает на приличных с практической точки зрения расстояниях.



*Наборный диск телеграфа Рональдса*

Рональдс написал в британское адмиралтейство о своём новом методе «передачи телеграфных сведений» и запросил аудиенцию для демонстрации своего «приспособления». Секретарь адмиралтейства Джон Бэрроу бесцеремонно ответил ему, что «телеграфы любого типа сейчас совершенно бесполезны и что никакой другой телеграф, кроме уже существующего, принят на вооружение не будет» [23]. Эту историю часто рассказывают, злорадно указывая на близорукость Бэрроу, однако в ней есть несколько тонких моментов:

- 1) система Рональдса не была похожа на успешные электрические телеграфы 1840-х годов. Нет оснований считать, что если бы Бэрроу с энтузиазмом отреагировал на письмо Рональдса, то электрический телеграф успешно появился бы в 1816-м;
- 2) европейские государства считали телеграф военным инструментом, и после падения Наполеона нужда в такой системе действительно прошла (или резко уменьшилась);
- 3) наконец, адмиралтейство уже привыкло к постоянному потоку предложений по улучшению телеграфа, большинство из которых отправляли им обманщики и безумцы. Сам Рональдс признавал, что «все знают, что телеграф уже давно наскучил всем в адмиралтействе».

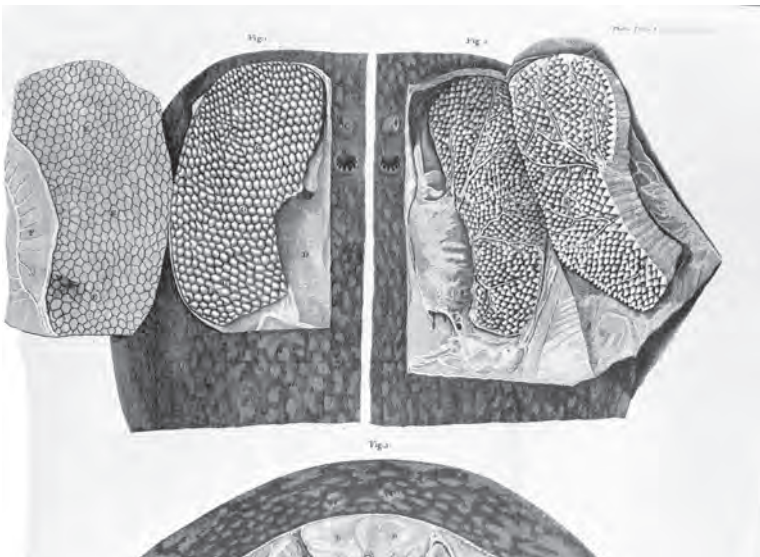
Тем не менее потенциальные преимущества электрического телеграфа были ясны. Естественных врагов у оптического телеграфа была масса: дождь, дым, туман, снег, короткие зимние дни – в плохих условиях на передачу сообщений могли уйти дни. Станция в британском адмиралтействе в Лондоне, к примеру, 100 дней в году не работала из-за «лондонского тумана» (то бишь угольного дыма) [24]. Электрический телеграф с хорошо изолированными проводами не зависел от погоды. Его сообщения всегда приходили бы мгновенно. Более того, в обслуживании он стоил бы меньше, поскольку люди требовались только там, откуда сообщения отправлялись и где получались, – а не на интервалах в каждый десяток километров в сельской местности.

Но пока оставалось непонятным, реализуется ли потенциал передачи сведений при помощи электричества. На протяжении человеческой жизни, от загадочного С. М. до Фрэнсиса Рональдса, идея электрического телеграфа витала где-то в чистилище научного сообщества. Демонстрации его работы были захватывающими, он был многообещающей диковинкой, но ему ещё предстояло доказать свою пригодность как практического инструмента. Однако к 1830-м электрики всё-таки сделали несколько критически важных открытий, сделавших известную нам версию электрического телеграфа возможной. Всё началось с лягушки.

## ЖИВОТНОЕ ЭЛЕКТРИЧЕСТВО

В ноябре 1780 года Луиджи Гальвани, врач и анатом из Болонского университета, препарировал лягушку своим скальпелем с ручкой из слоновой кости. Недалеко от него его помощник игрался с электрической машиной (с тем, что мы бы назвали электростатическим генератором). Внезапно лапа лягушки дёрнулась. Гальвани поразился – неужто он задел нерв? Он проделал несколько экспериментов и выяснил, что конвульсии происходили только тогда, когда электрическая машина искрилась, в то время как его палец касался металлического лезвия скальпеля, дотрагивавшегося в этот момент до лягушки [25].

Натурфилософы к тому времени уже знали о том, что животные могут производить электричество. Электрические скаты [26] и их возможность лишать чувствительности рыб и человека были известны с древних времён и описаны ещё Аристотелем. Но источник их энергии в течение тысячелетий был неизвестен. К XVIII веку некоторые электрики начали подозревать, что их воздействие было электрическим, когда они увидели тот же самый эффект оцепенения, оказываемый лейденской банкой. Серия экспериментов, проведённых в 1770-х годах, убедительно доказала, что скат ударял живых существ электротоком [27].



*Вскрытие электрического ската и его электрический орган*

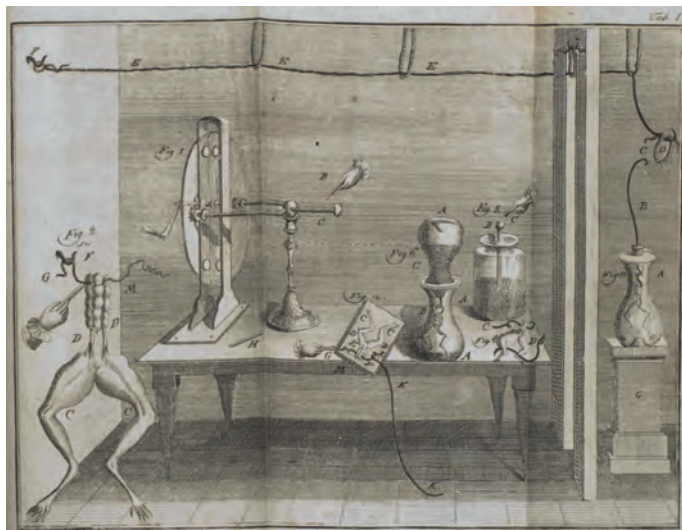
Но эксперименты Гальвани привели к более основательным выводам: вся животная жизнь в каком-то смысле основана на электричестве. «Электричество было величайшей жизненной силой, благодаря которой

определения понимания и веления воли передавались от органов мозга к покорным членам тела» [28]. Эта связь, установленная открытиями Гальвани, покорила всю Европу, и самым известным из результатов этого увлечения стал роман «Франкенштейн, или Современный Прометей» Мэри Шелли.



*Популярное изображение гальванизма в виде жизненной силы*

Но для наших целей наиболее важно то, что Гальвани открыл шесть лет спустя. Племянник Гальвани развешивал лягушек на металлических крюках, свисавших с балкона снаружи лаборатории его дяди, и обнаружил кое-что странное. Когда крюки прикасались к перилам, у лягушек начинались постоянные конвульсии, точно так же, как от стимуляции электрическими искрами. Старший Гальвани сначала отмёл эту аномалию, но затем обнаружил, что одновременным прикосновением к лягушкам различных металлов, к примеру железа, меди или латуни, можно добиться ещё большего эффекта [29]. Этот постоянный электрический поток, чья причина была пока ещё неясна, назвали гальванизмом.



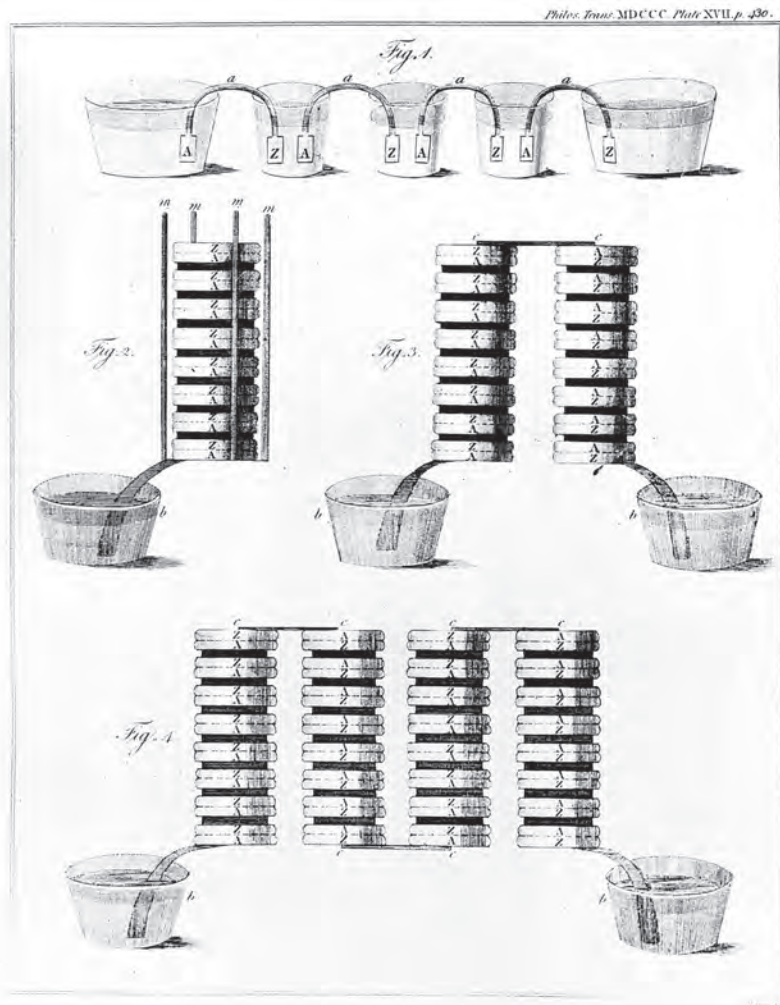
*Экспериментальный аппарат Гальвани*

Гальвани считал, что обнаружил «животное электричество» – что металл соединял два отдельных резервуара электрической жидкости в мускулах и нервах, позволяя ей течь и приводил к активности нервов [30]. Его земляк Алессандро Вольта думал иначе. Вольта, профессор физики в Павийском университете недалеко от Милана, считал, что причиной течения электричества был металл, а не животное, и вознамерился доказать это.

Но пока что единственным инструментом, способным обнаружить это «слабое электричество» от контакта с металлом, были лягушки и человеческий язык. Чтобы доказать свою мысль, физику требовался датчик неживотного происхождения. Он обратился к «удвоителю» – прибору, недавно изобретённому Уильямом Николсоном, английским натурфилософом. Поворачивая изолированные латунные диски, расположенные рядом, удвоитель мог превращать небольшой изначальный заряд в большой. Используя удвоитель, Вольта смог нарастить слабое электричество от металлического контакта до такого состояния, которое он смог обнаружить обычным электрометром, и опроверг гипотезу Гальвани. Что более интересно, он обнаружил, что после достаточного количества поворотов и сам удвоитель начинал генерировать поддающееся обнаружению количество электричества, даже без необходимости в начальном заряде.

Вскоре Вольта уже экспериментировал со стопками спаренных дисков из разных металлов. Его вдохновила другая работа Николсона, в которой описывалось препарирование электрического органа ската.

Николсон нашёл в этом органе массу столбиков, каждый из которых состоял из стопки небольших круглых слоёв. Николсон считал, что можно построить машину, симулирующую работу этого органа, возможно, при помощи слюдяных плёнок. Вольта согласился с принципом действия, но не с материалами. К 1799 году он остановился на стопках из цинковых дисков, спаренных с медными, и кусочках пропитанных морской водой кожи или картона, проложенных между дисками каждой пары. Это устройство могло генерировать значительный и постоянный электрический ток. Второй вариант схемы, названный им «корона из чаш», состоял из чашек с кислотой или солёной водой, соединённых пластинами, состоящими из двух разных металлов, спаянных вместе [31].



«Корона из чаш» Вольта (вверху) и «стопка» (внизу)



После того как Вольта объявил о своём открытии в Королевском обществе в Лондоне в марте 1800 года, оно распространилось по Европе со скоростью пожара. Уже к маю устройство Вольта привело к важному открытию – разложению воды при помощи электричества, – которое сделал не кто иной, как Николсон, работавший с хирургом Энтони Карлайлом. По-английски его стали называть «батареей», термином, уже всюду использовавшимся для описания комбинации лейденских банок.

К этому времени Гальвани уже скончался. В 1797 году Наполеон реорганизовал северо-восточную Италию в Цизальпинскую республику, дочернее государство-сателлит первой Французской республики [32]. Вольта принял новый порядок вещей, получил орден Почётного легиона, сделался графом и сенатором. Гальвани, отказавшись присягнуть на верность республиканскому правительству, был изгнан со своего поста в университете и умер в нищете годом позже. Но изучение гальванизма процветало и расширялось – с помощью батареи Вольта.

## ЭЛЕКТРОМАГНЕТИЗМ

---

Батарея позволила впервые тщательно изучить электричество в движении. Лейденские банки или другие статические устройства выдавали один мгновенный разряд. Но теперь исследователь мог настроить батарею, соединить её с любым экспериментальным устройством и спокойно изучать эффекты динамического электричества.

Вскоре исследователи применили новое устройство к исследованию связи электричества и магнетизма. С древних времён некоторые подозревали наличие глубокой связи между этими «окультурными» притягивающими силами, но между ними были и загадочные различия. К примеру, наэлектризованный янтарь притягивал любой лёгкий объект, а магнетит – только железо.

В XVII веке появились новые свидетельства, когда философы заметили отчёты о том, как молния намагничивала железные объекты (вроде крестов на колокольнях церквей) и меняла намагниченность корабельных компасов. Бен Франклин показал, что лейденские банки могли намагнитить или обратить полярность магнита, – и это было неудивительно, поскольку к тому моменту он и другие исследователи доказали, что молния по своей натуре была электрической. Но доказательства не были однозначными. Какова же была реальная связь электричества и магнетизма? К концу XVIII века мнения разделялись. Некоторые считали, что видимая схожесть случайна, другие были уверены, что оба явления объясняла одна первопричина [33].

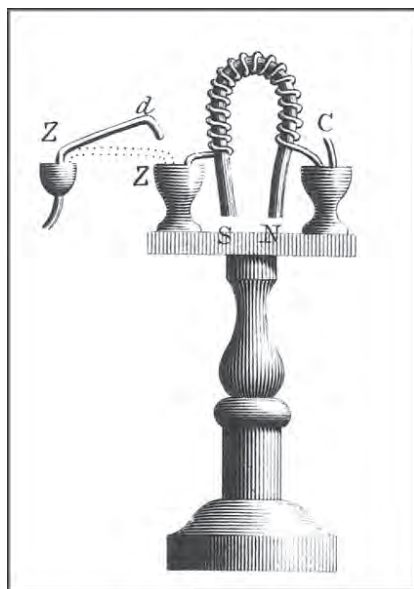
После открытий Гальвани и Вольта философы начали изучать возможные взаимодействия гальванизма и магнита. Самые важные результаты появились в 1820 году, когда Ханс Кристиан Эрстед, профессор физики в Копенгагенском университете, во время лекции заметил, что гальванический ток отклоняет намагниченную стрелку. После последующих экспериментов он опубликовал свои открытия – ток, текущий с севера на юг над иголкой, отталкивает её конец к западу; текущий под ней – к востоку [34].

Когда Андре-Мари Ампер прочёл об этом открытии в Париже, он немедленно начал углубляться в данный вопрос. Ампер был профессором математики в Политехнической школе Парижа. Эта высшая школа инженеров, как и оптический телеграф, стала продуктом Французской революции и должна была выпускать военных инженеров, с лёгкостью ориентировавшихся в передовой математике и физике [35]. Эрстед увидел эффект явления, а Ампер искал его первопричину, применяя значительные навыки в математике и экспериментальной физике. Ему удалось устранить влияние магнитного поля Земли на эксперимент, склеив вместе две разнонаправленные намагниченные иголки. Он обнаружил, что такая двойная игла образует идеально прямой угол с проводом. Заинтересовавшись этим, он выдвинул теорию, что магнетизм вызывается крохотными замкнутыми электротоками, текущими под прямым углом к оси магнита, направленной с севера на юг.

За последовавшие десять лет такая модель прекрасно себя показала – другие учёные начали экспериментировать со спиральными катушками провода для симуляции этих круговых токов. Первым был его коллега Франсуа Араго, показавший, что при помощи такой катушки можно намагнитить иголку.

Через несколько лет Уильям Стёрджен улучшил результат Араго. Он пытался добиться ярких и наглядных проявлений электромагнитных сил при помощи небольшой батареи, чтобы ему легче было продемонстрировать электромагнитные явления студентам и заинтересованной публике. Тогда даже для небольших магнитных эффектов, видимых только наблюдателям, стоящим неподалёку, требовалось получить гигантское количество гальванической энергии при помощи огромных, дорогих и сложных в обслуживании батарей.

Стёрджен обнаружил, что если обернуть провод вокруг покрытого лаком железного стержня и присоединить его к небольшой батарее, можно сделать мощный электромагнит, сохранявший магнитные свойства, пока по проводу шёл электрический ток. Магнит становился ещё сильнее, если согнуть стержень в виде подковы, – тогда он мог поднять груз весом до 4 кг [36].

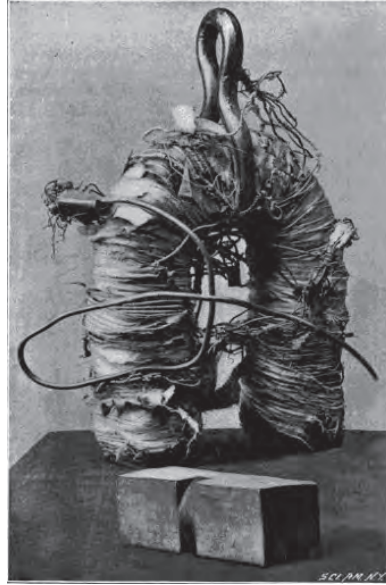


*Электромагнит Стёрджена*

Джозеф Генри, учитель в Академии Олбани, штат Нью-Йорк, отслеживал работы европейских физиков по электричеству и магнетизму благодаря журналам, таким как «Анналы философии», где Стёрджен опубликовал описание своего электромагнита.

Генри тоже пытался построить улучшенное экспериментальное оборудование для демонстраций в учебных целях, но он считал, что может превзойти Стёрджена, доведя до совершенства модель замкнутых токов Ампера. Генри создал гибрид электромагнита Стёрджена и «умножителя» Джулиана Швайгера [37], использовавшего плотно намотанный провод в шёлковой изоляции для значительного усиления эффекта эксперимента Эрстеда.

Использование изолированного шёлком провода позволило Генри плотно намотать провод вокруг железного сердечника, не рискуя получить замыкание, и лучше приблизиться к модели замкнутых токов Ампера, чем это удавалось плохо намотанной спирали Стёрджена. После такого усовершенствования он обнаружил, что может поднимать сотни, а потом и тысячи килограммов при помощи обычной батареи [38].



*Электромагнит Генри*

Возможность электричества генерировать магнетизм и притягивать металл – о чём давно подозревали, потом это доказал Эрстед и довели до совершенства его последователи – окажется чрезвычайно важной для последующих создателей электрического телеграфа.

## ТЕОРИЯ КОНТУРОВ

---

В этот период было уже не так сложно представить себе телеграф нового типа, использующий гальваническую батарею в качестве источника энергии и электромагнитный эффект в качестве детектора. Сам Ампер высказывал эту идею ещё в 1820-м.

К 1824 году Питер Барлоу, прославленный профессор математики в Королевской военной академии близ Лондона, решил изучить, может ли описанный Ампером телеграф работать на больших расстояниях. К своему разочарованию, он обнаружил, что сила электромагнитного эффекта резко падала даже на таком небольшом расстоянии, как 60 метров, из-за чего он убедился, что электромагнитный телеграф не имеет практического применения [39]. Благодаря репутации Барлоу этого было достаточно, чтобы остановить эксперименты с телеграфом в Англии более чем на десятилетие.

Почему же некоторые эксперименты с электрическим телеграфом проваливались так сильно, как у Барлоу, а другие (как у Фрэнсиса Рональдса) успешно работали с проводами длиной в километры? Учёным требовалась интеллектуальная платформа, модель для понимания электричества в движении, что позволило бы определить, какое устройство будет работать, а какое – нет.

И тут снова на сцену выходит Джозеф Генри. Экспериментируя в конце 1820-х с электромагнитами, он обнаружил, что в какой-то момент потеря силы тока из-за длины провода превосходила все попытки добавления новых витков вокруг сердечника. Это само по себе подтвердило выводы Барлоу.



*Джозеф Генри*

Но его эксперименты пошли дальше. Сначала он обнаружил, что, разделив длинный провод на несколько проводов и обмотав каждый из них вокруг железного сердечника, а затем отдельно соединив их с батареей, – изготовив то, что мы назвали бы параллельными контурами, – он смог обойти ограничения и создавать чрезвычайно мощные электромагниты. Затем он вернулся к своему магниту с одним проводом и попробовал соединить его с другой батареей. Вместо одной ячейки из двух больших металлических пластин, погружённых в кислоту, он использовал деревянное корыто с 25 маленькими ячейками, соединёнными друг с другом последовательно. К своему удивлению, он обнаружил, что такой вариант поднимал даже больший вес, будучи подсоединённым к проводу длиной в 300 м, чем магнит, непосредственно соединённый с батареей!

Интуитивно он догадался, что тут играли роль два разных свойства электричества, количество и интенсивность. «Количественная» батарея с одной большой ячейкой и количественным магнитом, обернутым несколькими проводами, выдавала большую механическую силу.

«Интенсивная» батарея со множеством мелких ячеек вместе с интенсивным магнитом со спиралью из одного провода, наоборот, замечательно передавала электромагнитный эффект на большие расстояния. Генри прекрасно осознавал практические последствия его работы, отметив в своей работе, что она «напрямую применима к прожекту мистера Барлоу по созданию электромагнитного телеграфа» [40].

На месте Генри было бы не очень вежливо просто заявить, что он опроверг Барлоу, но показал он именно это – он провёл демонстрацию в Академии Олбани, где сумел позвонить в звонок, передав электричество с интенсивной батареей по проводу длиной в два с половиной километра. Его модель объясняла также, почему телеграф Рональдса работал на длинных дистанциях – его фрикционный электростатический генератор был по своей сути устройством высокой мощности.

И хотя он не узнал этого, пока не поехал в заграничный тур в 1837 году, интуитивная модель Генри уже была тщательно описана математически Георгом Омом, урождённым баварцем, в то время преподававшим физику и математику в Пруссии.



*Георг Ом*

Ом, совместив скрупулёзные эксперименты с математическим воображением, тщательно исследовал мощность различных контуров, измеряя её умножителем Швайгера (к тому времени его уже обычно называли гальванометром). Он заключил, что сила тока (*Ströme* – количество, как его называл Генри) в контуре зависит от его напряжения (*Spannung* – интенсивности в терминах Генри), делённого на его «уменьшенную длину» (то есть приведённого к стандартному проводу) [41].

Модель контура Ома была гораздо сложнее модели Генри и была опубликована за 4 года до него, в 1827-м. Эта публикация, по сути, должна

была сделать публикацию Генри бесполезной. Но работу Ома очень плохо приняли в Пруссии, поэтому широкую известность в научном мире она не получила до 1840-х. Более того, в отличие от Ома, Генри представлял свои находки в качестве решения проблемы длинных дистанций для телеграфа. Тогда не было очевидным, что это решение притаилось и в математике Ома. Поэтому именно анализ количества и интенсивности от Генри оказал решающий эффект на развитие телеграфа [42].

Батарея и новый вид порождённого ею гальванического электричества преобразили работы над телеграфом. Это был новый источник электричества, более надёжный и простой, чем электростатические машины, и его можно было использовать на практике. Также батарея сильно облегчила эксперименты с электричеством, что позволило открыть электромагнетизм и лучше разобраться в работе контуров.

Ранние телеграфные детекторы зависели от химических эффектов электричества или от его относительно слабой силы притяжения – поднять оно могло разве что кусочек бумаги. Электромагнит превратил электрическую энергию в грубую механическую силу, открыв большую гибкость при разработке телеграфного оборудования. Теории тока Генри и Ома говорили о том, с каким оборудованием стоит ждать успеха, а с каким – нет.

Для постройки электромагнитного телеграфа появились все ключевые идеи. Оставалось дождаться людей, обладающих волей и ресурсами, для того чтобы собрать всё это и преобразовать в полезную систему.