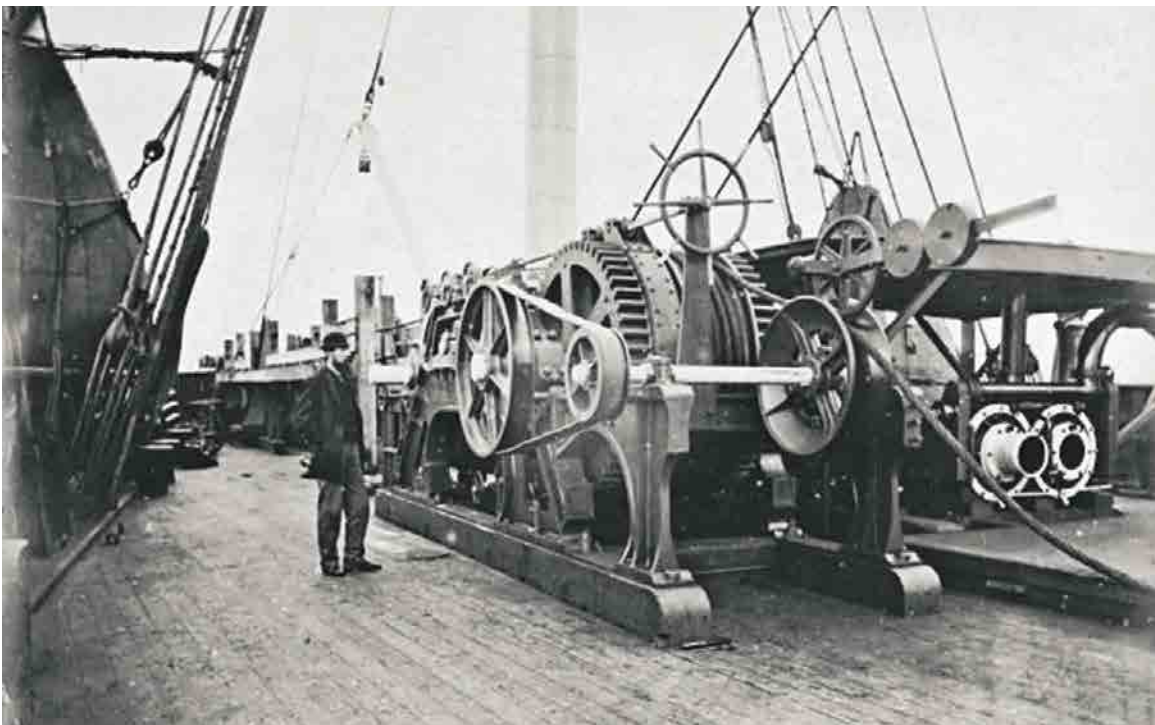


Трансатлантический триумф науки и упорства



Прокладка нового кабеля в 1865–1866 годах потребовала усовершенствования механизмов и приборов для проверки его исправности.
Фото 1865 года из Национального морского музея, Лондон

<< ОКОНЧАНИЕ НАЧАЛО НА СТР. 9

Физические проблемы

Создатели первого трансатлантического телеграфа столкнулись со многими финансовыми, организационными и техническими проблемами. Но главная, хотя поначалу это осознавалось далеко не всеми руководителями АТК, проблема, которую предстояло решить, заключалась в выяснении принципиальной возможности устойчивой передачи электрических сигналов на столь большие расстояния при условии отсутствия ретрансляционных подстанций, использовавшихся при прокладке наземных линий.

Приступая в 1854 году к организации компании и привлечению первичного капитала, талантливый и предусмотрительный Сайрус Филд запросил по этому вопросу мнение таких авторитетных специалистов, как Сэмюэль Морзе и физик-экспериментатор Майкл Фарадей. Морзе был полон оптимизма. Фарадей же, хотя и поддержал идею проекта, указав, опираясь на результаты своих исследований, на опасность существенного запаздывания сигналов, обусловленного сопротивлением и емкостью кабеля. Однако рассчитать величину этого запаздывания Фарадей не мог. Для этого требовалось построить математическую теорию процессов прохождения тока по проводникам. Решить эту фундаментальную проблему удалось выдающемуся английскому физики и математику Уильяму Томсону, будущему лорду Кельвину (1824–1907).

В 1853 году Томсон вывел формулу зависимости периода собственных колебаний электрического тока в контуре от его емкости и индуктивности (формула Томсона, известная ныне каждому старшекласснику). В 1854–1856 годах, узнав о работах Фарадея по изучению процессов прохождения электрических сигналов по проводнику, Томсон вывел дифференциальные уравнения, позволяющие определять значения напряжения и силы тока в любой точке проводника в зависимости от его параметров. Позже эти уравнения дополнили физики Густав Кирхгоф и Оливер Хевисайд (уравнения Томсона не учитывали индуктивности проводника), и они вошли в учебники по электродинамике и электротехнике как «телеграфные уравнения» (название придумал математик Анри Пуанкаре).

Опираясь на свои уравнения, Томсон показал, что время запаздывания при прохождении электрического импульса пропорционально произведению сопротивления и емкости проводника и, как следствие, квадрату длины проводника. Таким образом, если на линиях, связывавших Англию с Бельгией или Нидерландами, запаздывание сигналов было около 0,1 секунды, что практически незаметно, то на линии длиной 4000 км при тех же параметрах кабеля оно составило бы уже десятки секунд.

Но это было еще не все. Выяснилось, что при прохождении сигналов по достаточно длинным проводникам неизбежно искажается форма этих сигналов. Уравнения Томсона позволили объяснить это явление. Оказывается, любую периодическую функцию можно разложить в так называемый ряд Фурье, то есть представить ее как сумму синусоид с различными частотами и амплитудами. Скорость же прохождения сигнала и его ослабление, как это следует из теории Томсона, зависят от частоты, что и обуславливает искажение формы сигнала. Грубо говоря, совокупность синусоид, отправленных одновременно, приходит к адресату с различными временами запаздывания и к тому же с разными степенями ослабления. Понятно, что сумма таких синусоид да-

ла уже совсем другую функцию. Отправляемые телеграфистами прямоугольные импульсы тока – точки и тире азбуки Морзе – по пути расплывались, искажая друг друга.

К счастью для судьбы телеграфии, теория Томсона не только указывала на проблемы, но и подсказывала пути их решения. Прежде всего надо было попытаться уменьшить время запаздывания. Для этого требовалось уменьшить сопротивление и емкость кабеля. Этого можно было достичь, увеличив сечение токопроводящей части (этим снижалось сопротивление) и толщину изоляционного слоя, что вело к уменьшению емкости. Другой способ уменьшения сопротивления – использование при изготовлении проводников как можно более чистой меди. В ходе специально проведенных исследований Томсон выяснил, что даже сравнительно небольшие загрязнения меди добавками вели к увеличению ее удельного сопротивления на 30–40%.

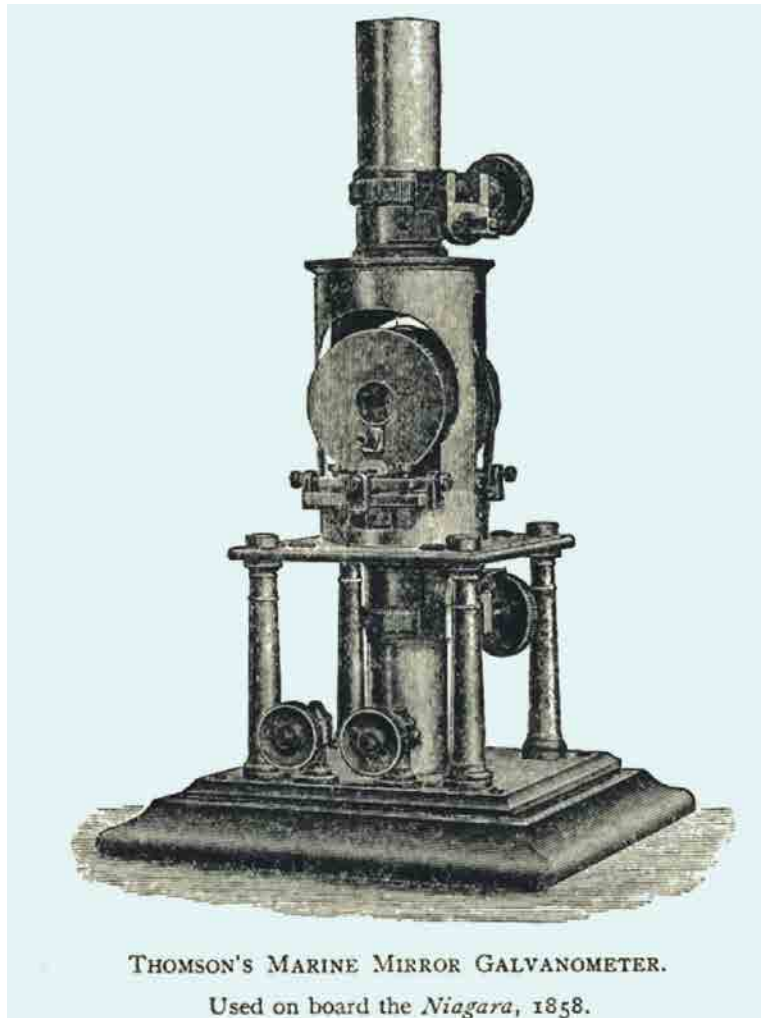
Ученый и дилетант

К сожалению, большинство рекомендаций Томсона руководством АТК проигнорировало. Томсон, которому к моменту начала прокладки кабеля в 1857 году было всего 33 года, тогда еще не пользовался славой одного из ведущих европейских ученых. Его математическая теория представлялась слишком абстрактной, чтобы принять ее всерьез, а выполнение рекомендаций Томсона привело бы к существенному увеличению веса кабеля, как следствие, к удорожанию проекта и задержке сроков ввода в действие телеграфной линии.

На позицию директоров АТК повлияло и то, что телеграфией занимались в основном любители, не имевшие, как, например, Морзе – в прошлом художник, специального инженерного или физического образования. Одним из таких любителей был Эдвард Уайтхауз (1816–1890), привлеченный руководством АТК к реализации проекта в качестве главного электрика. Уайтхауз, по его собственным словам, был врачом по образованию и электротехником по призванию. Но по поводу открытия Томсоном закона пропорциональности времени запаздывания квадрату длины проводника Уайтхауз высокомерно заявлял, что «природа не признает существования такого закона».

Уайтхауз полагал, что все проблемы сверхдальней связи можно решить, используя электрические импульсы как можно более высокого напряжения. По проекту Уайтхауза на концах кабельной линии были построены мощные батареи, обеспечивавшие напряжение 500 В. Их соединили с катушками индуктивности, которые благодаря явлению самоиндукции давали при отключении тока кратковременное повышение напряжения до 2000 В. При этом Уайтхауз был почему-то уверен, что токи, полученные от катушек индуктивности, должны распространяться быстрее, чем токи, полученные от химических источников.

В отличие от Уайтхауза Томсон считал, что сигналы должны быть слабыми и короткими. Соответственно, для того чтобы иметь возможность принимать такие сигналы на выходе, требовалось отказаться от реле, сконструированных Уайтхаузом, и использовать какие-то иные, гораздо более чувствительные приборы. Таким прибором стал изобретенный Томсоном зеркальный гальванометр – очень легкая катушка, подвешенная на вертикальной нити между полюсами магнита, которая поворачивалась на небольшой угол при прохождении через нее тока. Приклеенное к катушке зеркальце отбрасывало тонкий луч от осветителя на удаленный экран с



Зеркальный гальванометр Томсона, который использовался на американском паровом фрегате «Ниагара». Фото из архива автора

нанесенным на нем шкалой, что увеличивало чувствительность гальванометра во много раз. Следует отметить, что, хотя руководство АТК не согласилось с доводами Томсона, оно привлекло ученого к работе над проектом в качестве научного консультанта. (Позже Томсон вошел в число директоров компании.) Томсон принял самое активное участие в экспедициях по прокладке кабеля, где ему была предоставлена возможность заниматься экспериментами с зеркальным гальванометром – прибором, сыгравшим столь важную роль в налаживании устойчивой телеграфной связи через океан.

Экспедиции 1857–1858 годов

Прокладка трансатлантической телеграфной линии растянулась почти на десять лет и потребовала организации пяти экспедиций. Первая из них стартовала 5 августа 1857 года. Укладку кабеля должны были осуществить два судна: американский паровой фрегат «Ниагара» и военный английский парусник «Агамемнон», являвшийся флагманским кораблем во время Крымской войны.

Кабель состоял из семи скрученных медных жил, изолированных тремя слоями гуттаперчи и обмотанных просмоленной пенькой и оцинкованной стальной проволокой. Диаметр кабеля равнялся 16 мм. Большую часть кабеля, чья общая масса составляла 2000 т, погрузили на «Ниагару», а остальное – на «Агамемнон». На кораблях установили машины наподобие лебедок, с помощью которых кабель должен был постепенно опускаться в океан.

Прокладку кабеля начала «Ниагара». Вместе с «Агамемноном» она вышла из небольшой бухты Валенса на юго-западе Ирландии. Судно передвигалось со средней скоростью 5 км/час, постоянно поддерживая связь с берегом по прокладываемому кабелю. Предполагалось, что посередине океана корабли соединят обе части кабеля и его прокладку продолжит «Агамемнон». Однако уже 11 августа из-за слишком резкого торможения кабелеукладочной машины «Ниагара» произошел обрыв и 620 км кабеля ушли на дно. Первая экспедиция завершилась неудачей.

Вторую, начавшуюся 10 июня 1858 года, сланировали иначе.

Чарльз Брайт, главный инженер АТК и один из ее директоров, предложил вначале соединить в океане два конца кабеля, а затем двумя кораблями постепенно расходить, укладывая его на дно.

Незадолго до старта второй экспедиции в Бискайском заливе провели испытания по соединению частей кабеля. Испытания прошли успешно, но в океане из-за плохой погоды корабли несколько дней не могли состыковаться. Но и после стыковки 26 июня продолжало штормить. Кабель неоднократно обрывался, экспедицию пришлось прервать.

Следующая, третья экспедиция началась 17 июля 1858 года. Корабли встретились 28 июля. На следующий день концы кабелей соединили и команды обоих кораблей приступили к его укладке. 4 августа «Ниагара» достиг *Trinity Bay* (Ньюфаундленд), а 5 августа «Агамемнон» вошел в бухту Валенса (Ирландия). Прокладка кабеля через океан наконец-то была успешно завершена.

Томсона и Уайтхауза. Сохранились обращения Томсона к директору АТК, в которых он просит не увольнять Уайтхауза.

И вот в этих условиях руководство АТК пришло к осознанию того, что время дилетантов-самоучек прошло, и сделало ставку на активное привлечение к работам ученых. Первым шагом в этом направлении стало создание научного комитета, в который вошли Томсон, Уитстон и несколько других специалистов.

Позже, когда в 1866 году проложили надежный трансатлантический кабель, результаты этих исследований позволили добиться передачи информации со скоростью не менее 10 слов в минуту.

Экспедиции 1865–1866 годов

Из-за финансовых трудностей, с которыми столкнулась АТК, а затем начавшейся в США Гражданской войны работы по прокладке трансатлантического кабеля удалось возобновить только в 1865 году. Конструкторами нового кабеля был учтен опыт, накопленный при прокладке трансатлантической линии в 1857–1858 годах, а также линий через Средиземное море и Персидский залив в начале 1860-х годов.

Площадь сечения токопроводящей части кабеля, изготовленной теперь из достаточно чистой меди, увеличили в три раза. Береговые концы кабеля имели усиленную броню для защиты от повреждений при трении о камни во время приливов и отливов, а также от случайных ударов корабельных якорей. Для подъема со дна кабеля в случае обрыва были сконструированы специальные захваты – «кошки». Но самое, пожалуй, главное – наконец-то были учтены все указания Томсона по технологии передачи и приема телеграфных сигналов. При этом сам Томсон вошел в число директоров АТК.

Огромной удачей компании стала возможность зафрахтовать за весьма умеренную цену корабль *Great Eastern* («Великий Восток»), построенный в 1858 году выдающимся английским инженером Изабардом Брунелем (1806–1859). Этот паровой корабль, построенный по последнему слову техники, являлся тогда самым большим судном в мире.

Огромные размеры «Великого Востока» позволили погрузить в его трюмы все 7000 тонн нового кабеля. (Напомним, что вес старого кабеля составлял 2000 тонн.) Прокладка трансатлантического кабеля началась 23 июля 1865 года. Под командованием капитана Джеймса Андерсона «Великий Восток» покинул берега Ирландии. Команда «Великого Востока» насчитывала почти полтысячи человек. В экспедиции принимал участие Уильям Томсон.

Тем не менее на второй, а затем на седьмой день плавания приборы сигнализировали о повреждении изоляции. Пришлось поднимать несколько километров кабеля из воды на борт и заниматься ремонтом. Оба раза изоляция оказывалась проткнутой насквозь стальной проволокой. Дело в том, что твердая сталь, из которой была сделана проволока брони, оказалась хрупкой, и под действием тяжести уложенных в трюме один на другой многочисленных витков кабеля эта проволока ломалась на куски. Они и прорезали изоляцию.

2 августа, когда судно прошло уже две трети пути, произошла авария. При ликвидации третьего повреждения изоляции кабель оборвался и ушел на дно. Девять дней команда «Великого Востока» пыталась поднять затонувший кабель при помощи специального крюка с пятью лапами. Несколько раз кабель удавалось зацепить и начать поднимать его конец, но каждый раз недостаточно прочный стальной трос, при помощи которого осуществлялся подъем, обрывался. В итоге экспедиция 1865 года тоже закончилась неудачей.

От полного финансового краха АТК спасло то, что ввиду особой важности проекта он был взят под защиту парламентом Великобритании.

Новый кабель, изготовленный в 1865–1866 годах, имел броню не из твердых, а из мягких металлических проволок. Были усовершенствованы механизмы и приборы для укладки кабеля и проверки его исправности. Кроме того, на борт «Великого Востока» взяли 35 км сверхпрочного стального троса для подъема кабеля в случае его обрыва.

Пятая экспедиция, начавшаяся 13 июля 1866 года, шла без осложнений. Все механизмы, в том числе устройство для разматывания кабеля, которое моряки назвали «старой кофемолкой», работали идеально. Постоянно контролируя исправность кабеля, Томсон во время плавания находил время, чтобы читать в кают-компании корабля научно-популярные лек-

ции. Кроме того, он работал над «Трактатом по натуральной философии». Этот фундаментальный труд, написанный в соавторстве с физиком Питером Г. Эттом, вышел в свет в 1867 году и стал одной из важнейших книг в истории теоретической физики XIX века.

Через две недели, 27 июля, «Великий Восток» бросил якорь у берегов Ньюфаундленда, а на следующий день была установлена телеграфная связь между Америкой и Европой.

9 августа «Великий Восток» в сопровождении трех вспомогательных судов вновь вышел в море, чтобы поднять конец кабеля, затонувшего годом раньше. Поиски, а затем попытки его подъема длились три недели – больше, чем экспедиция, связанная с прокладкой нового кабеля. Наконец 2 сентября кабель удалось поднять. Он оказался полностью работоспособным. На судне срастали поднятый конец с запасным кабелем, и «Великий Восток» снова пошел по направлению к Ньюфаундленду, прокладывая оставшиеся 1200 км линии. Благодаря этому 8 сентября 1866 года континенты оказались соединенными вторым кабелем.

12 сентября, для того чтобы продемонстрировать чувствительность принимающей аппаратуры, инженер Латимер Кларк в Валенси проделал следующий тестовый эксперимент. Он соединил два кабеля в одну цепь общей длиной 6600 км и пропустил через нее электрический импульс от довольно слабой батареи. Сигнал был успешно принят.

Так завершилась 10-летняя история создания первой трансатлантической телеграфной линии. Вскоре, в 1869 году, собственной телеграфной линией в Новый Свет овладела Франция. Причем научным консультантом при ее прокладке был приглашен Томсон. Первые морские кабельные линии в России были проложены через Каспий (1879), на Сахалин (1881), через Черное море: Одесса–Константинополь и Севастополь–Варна.

Триумф науки

В Англии организаторов экспедиции наградили в полном смысле по-королевски. По указу королевы Виктории в ноябре 1866 года они были возведены в рыцарское достоинство. Среди награжденных был и Уильям Томсон. Позже, в 1892 году, ему за многочисленные научные заслуги и достижения был пожалован титул барона. Уильям Томсон стал лордом Кельвином.

30 октября 1866 года в *Mansion-House*, официальной резиденции лорда-мэра Лондона был дан банкет в честь создателей первой в мире трансатлантической телеграфной линии. Среди множества тостов был предложен тост «За науку в ее приложении к телеграфии» (*Science as applied to Telegraphy*).

В ответном слове Томсон сказал, что для любого ученого высочайшей наградой является осознание того, что его достижения могут послужить человечеству. Однако еще большей наградой для ученых является сам поиск истины, непрерывное стремление раскрыть тайны природы. К числу таких ученых Томсон отнес Майкла Фарадея – гениального экспериментатора, чьи исследования редко преследовали практические цели, но зато позволили существенно продвинуться в понимании законов электричества.

Основной идеей речи Томсона (она была опубликована в ряде газет) было то, что наука может оказать наибольшую помощь обществу только тогда, когда она идет своим собственным путем, существенно опережая в своем развитии практику.

В наши дни участие ученых в разработке и реализации любых крупных инженерных проектов – обязательное условие. Но в середине XIX века ситуация была иной. Архитекторы возводили здания, не зная сопромата, а паровые машины начали строить задолго до создания термодинамики. Хотя образованная часть общества с огромным интересом и уважением относилась к работам ученых, инженеры в своей работе предпочитали обходиться без сложных научных теорий.

Это положение начало меняться с наступлением Эры Электричества. Одной из областей, в которых практикам пришлось признать приоритет ученых, стала индустрия прокладки подводных телеграфных линий. Именно в ходе этих работ практики осознали, что хорошему промышленнику нельзя создать без хорошей науки. ■

Юлий Львович Менцин – заведующий Музеем истории университетской обсерватории Государственного астрономического института им. П.К. Штернберга (ГАИШ) МГУ им. М.В. Ломоносова.