



Борис Семёнович Якоби



Григорьев Николай Дмитриевич — кандидат технических наук, Москва, Россия.*

Николай ГРИГОРЬЕВ

185 лет назад, в 1834 году молодой учёный Мориц Герман фон Якоби собрал в немецком Кёнигсберге (ныне российский Калининград) первый реально работающий электродвигатель. Наиболее важным в этом изобретении было открытие принципа непрерывного вращательного движения.

Статья посвящена жизненному пути и научным достижениям знаменитого учёного, известность к которому после переезда в Россию пришла под именем Бориса Семёновича Якоби.

К его заслугам, в частности, относится разработка метода гальванопластики, положившего начало целому направлению прикладной электрохимии. Характерно, что результаты этого исследования учёный отразил в общедоступной или, используя современные термины, размещённой в открытом доступе публикации.

Научно-техническое творчество Якоби было многообразным. Он изобрёл несколько видов прибора для измерения электри-

ческого сопротивления, названного им вольтаметром. Значительные успехи были достигнуты в области телеграфии, им был сконструирован телеграфный аппарат синхронного действия с непосредственной (без расшифровки) индикацией в приёмнике передаваемых букв и цифр и первый в мире буквопечатающий телеграфный аппарат. Он руководил строительством первых кабельных линий в Санкт-Петербурге и между Санкт-Петербургом и Царским Селом. Якоби разрабатывал гальванические батареи, много работал над созданием противокорабельных мин нового типа; был инициатором формирования гальванических команд в сапёрных частях русской армии. По инициативе и под руководством Бориса Якоби было положено начало выбору в России единиц измерений, установлению метрической системы, разработке эталонов мер и весов.

Многочисленные научные достижения принесли Якоби заслуженное признание.

Ключевые слова: Якоби, история транспорта, электродвигатель, коммутатор, электромагниты, гальванический элемент, гальванопластика, механические генераторы, магнитоэлектрический генератор, телеграфный аппарат Якоби.

*Информация об авторе:

Григорьев Николай Дмитриевич – кандидат технических наук, Москва, Россия.

Статья поступила в редакцию 13.02.2019, принята к публикации 22.05.2019.

For the English text of the article please see p. 293.

Целью представляемого исторического очерка является описание на основе историко-ретроспективного и научного анализа жизнедеятельности видного учёного Бориса Якоби, автора первого практически пригодного электродвигателя.

РАННИЕ ГОДЫ

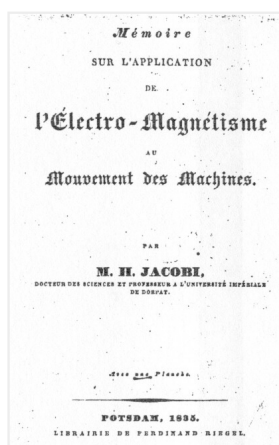
Будущий учёный в области электротехники, академик Императорской Санкт-Петербургской академии наук Мориц Герман (с 1837 г. Борис Семёнович Якоби) фон Якоби родился 21 сентября 1801 г. в г. Потсдаме (Германия) в состоятельной семье личного банкира кайзера (короля) Пруссии Фридриха Вильгельма III [1–9]. Начальное образование он получил дома и в гимназии. В 19 лет юноша поступил в Берлинский университет, а затем через год перевёлся на физико-технический факультет Гёттингенского университета. С 1823 г. после окончания курса и получения диплома инженера-строителя работал в строительном департаменте Пруссии, проектируя крупные здания и руководя их возведением в Потсдаме. Им были разработаны проекты большого дорожного моста и канала для регулирования речных вод в районе г. Ораниенбург. В 1829 г. после принятия в «Союз поощрения промышленной деятельности в Пруссии» Якоби приобрели звание архитектора.

ЭЛЕКТРОДВИГАТЕЛИ

В 1833 г. Якоби переехал в Кёнигсберг (ныне Калининград) и увлёкся теорией и практикой электромагнетизма, новой тогда отраслью знаний, вклад в развитие которой внесли многие знаменитые и, к сожалению, менее известные сейчас учёные и изобретатели, в числе которых Алессандро Вольта, Доминик Франсуа Жан Араго, Андре-Мари Ампер, Майкл Фарадей, Питер Барлоу, Ханс Кристиан Эрстед, Джозеф Генри, Уильям Стёрджен, Аньош Иштван Йедлик, Андреас фон Баумгартнер, Сальваторе Даль-Негро, Ипполит Пикси, Эмилий Ленц, Уильям Риччи. Последний именно в 1833 году в статье «Опытные исследования по электромагнетизму и магнитоэлектричеству» описал прибор, в котором ему с помощью неподвижного подковообразного магнита удалось получить вращательное



Б. С. Якоби (1801–1874).

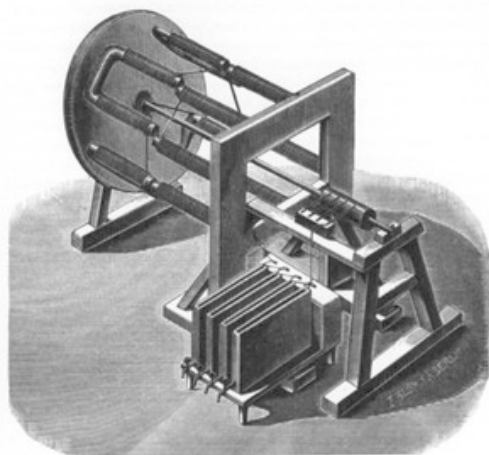


Прижизненное издание труда Б. С. Якоби.

движение вокруг вертикальной оси электромагнита (железной полосы, обвитой проволокой) при перемене полюсов. Якоби так отозвался об одном из подобных аппаратов: «такой прибор будет не больше, чем забавной игрушкой для обогащения физических кабинетов, его нельзя будет применять в большом масштабе с какой-нибудь экономической выгодой».

Якоби в 1834 г. собрал электродвигатель (магнитный аппарат) оригинальной конструкции с непрерывным вращением вала частотой 80–120 оборотов в минуту и мощностью 15 Вт. Это имело принципиальное значение, так как для конструкции распространённых в то время паровых и электрических установок привычной была схема возвратно-поступательного движения поршня или качательных колебаний подвижной рабочей части. В то время изобретатели предлагали использовать двигатель для приведения в движение вёсел, чтобы заменить гребцов или создать передвигаю-





Первый в мире реально действующий электродвигатель Якоби [12; <https://www.eti.kit.edu/english/1376.php>].

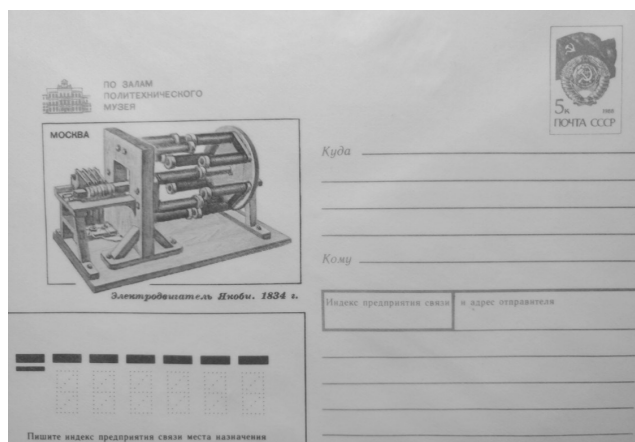
щийся механизм, подражающий движению ног лошади.

О своём электродвигателе он впервые сообщил в 1834 г. в трудах Парижской Академии наук в «Заметке о магнитной машине, в которой магнетизм используется как двигательная сила», а подробное описание под названием «Мемуар о применении электромагнитной силы к движению машин» напечатал в Потсдаме и в трудах российской Императорской академии наук.

Его электродвигатель, основанный на принципе притяжения и отталкивания между комплектами П-образных электромагнитов, работал от батареи 69 гальванических элементов английского учёного У. Р. Грове и состоял из двух групп электромагнитов по 8 стержней мягкого железа длиной по 7 дюймов (177,8 мм) и толщиной 1 дюйм (25,4 мм), обмотанных 320 футами (96 м) медной проволоки диаметром в одну четвертую линии (3,17 мм) и расположенных на двух дисках (одна группа была неподвижной, закреплённой на раме, другая вращалась вокруг оси) под прямым углом и симметрично одна по отношению к другой таким образом, чтобы полюсы приходились один против другого. Обмотки неподвижных электромагнитов были соединены последовательно. Ток в них имел одно и то же направление. Для попеременного изменения полярности подводимого тока подвижных электромагнитов служил придуманный им коммутатор, принцип устройства которого используется до на-

стоящего времени в коллекторе тяговых электродвигателей на транспорте [10; 11 и др.]. Коммутатор состоял из четырёх металлических колец, установленных на валу и изолированных от него. Каждое кольцо с четырьмя вырезами по одной восьмой части окружности, заполненными изолирующими вкладками, было смещено на 45 градусов по отношению к предыдущему. По ровной и отполированной поверхности окружности кольца скользил рычаг, представляющий собой своеобразную щётку, второй конец которого был погружён в сосуд с ртутью, соединённый проводниками с гальванической батареей. К обмоткам электромагнитов вращающегося диска, соединённых последовательно, отходили от колец проводники, укреплённые на валу электродвигателя. С помощью коммутатора за один оборот вала восемь раз изменялись в подвижных электромагнитах направления тока и полярность, и они поочерёдно притягивались и отталкивались электромагнитами неподвижного диска. Это заставляло вращаться подвижной диск и соединённый с ним вал электродвигателя. В своём электродвигателе изобретатель впервые применил три идеи: вращательное движение вала; коммутатор с трущимися контактами, без которого невозможно обеспечить вращательное движение подвижной обмотки; использование электромагнитов, которые по сравнению с постоянными магнитами дают большую силу притяжения и при сотрясениях и ударах не размагничиваются. Действующая модель его электродвигателя в настоящее время находится в Политехническом музее г. Москвы. По рекомендации кайзера Фридриха Вильгельма III за создание электродвигателя Кёнигсбергский университет присвоил ему степень доктора философии.

Как указывают исследователи, Якоби «без сомнения первым создал практически применимый вращающийся электродвигатель» [12], при этом он однозначно указал в памятной записке в 1835 году, что он не является единственным изобретателем электромагнитного мотора как такового, ссылаясь на приоритет изобретений Джузеппе Доменико Ботто и Сальваторе Даль-Негро [12].



Почтовый конверт с изображением электродвигателя Якоби из коллекции Политехнического музея.

Первый электродвигатель Якоби поставил мировой рекорд того времени по своим характеристикам, который удерживался им до 1838 года, когда сам же Якоби улучшил его. Только в 1839–40 гг. другие изобретатели смогли достичь таких же характеристик, а улучшить их смогли только позднее [13].

В 1835 г. Якоби переехал в Дерпт (ныне Тарту, Эстония), стал работать профессором гражданской архитектуры в университете.

В 1837 г. он для своего электродвигателя усовершенствовал гальванический элемент английского изобретателя Дж. Ф. Даниеля, который в 1836 г. поместил медный электрод в раствор медного купороса (сульфат меди), который не взаимодействует с медью. Якоби было предложено у цинкового электрода применять в качестве электролита не раствор серной кислоты, а раствор сульфата цинка, который не взаимодействует с цинком. Деревянный ящик гальванического элемента Даниеля—Якоби, гуммированный асфальтовым цементом, был разделён на две одинаковые части пористой перегородкой из слабо обожжённой глины. В одном отделении сосуда медный электрод находился в растворе медного купороса, в другом цинковый — в растворе сульфата цинка. При замыкании электрической цепи ток шёл от цинкового электрода к медному электроду. При этом гальванический элемент давал не уменьшающееся, а стабильное постоянное напряжение почти один вольт, и, в то время, такая схема нашла широкое применение на практике.

В 1837 г. Якоби принял русское подданство, имя и отчество Борис Семёнович и переехал в Санкт-Петербург для работы в «Комиссии для производства опытов относительно приспособления электромагнитной силы к движению машин по способу профессора Якоби», созданной по ходатайству министра просвещения и президента Российской АН С. С. Уварова.

НОВЫЙ МОТОР, ЭЛЕКТРИЧЕСКИЙ БОТ И БУДУЩИЙ ТРАМВАЙ

В 1838 г. состоялось семичасовое плавание расстоянием 14 км против течения и сильного ветра по Неве и на каналах Санкт-Петербурга судна с 14 пассажирами, гребные колёса которого впервые приводились в движение посредством «магнетизма» созданного Якоби в стенах Санкт-Петербургского университета судового электродвигателя новой конструкции мощностью 0,75 л.с. (552 Вт). Он представлял собой комбинацию 40 небольших электродвигателей, конструктивно объединённых в один агрегат по 20 штук на двух валах высотой 1,2 м, установленных вертикально в деревянной станине длиной 0,9 м и шириной 0,77 м. Вращение вертикальных осей с помощью конических шестерён передавалось на горизонтальную ось, на которой крепились гребные колёса. Для питания током обмоток электромагнитов на судне, названном электрическим ботом, были установлены 320 гальванических элементов. Изменение направления тока в обмотках подвижных электромагнитов осуществлялось коммутаторами, аналогичными по конструкции первому электродвигателю [14].



В другом варианте электродвигатель мог катать по рельсам человека в тележке и явился после работ русского изобретателя Ф. А. Пирецкого [15] прообразом современного трамвая и электропоезда.

Опыты первых применений электромагнетизма к передвижению в больших размерах на электроприводном судне продолжались до 1840 г., пока они не привели учёного к выводу, что решение вопроса о широком применении электродвигателя зависит от создания более ёмкого, надёжного, экономичного и удобного источника тока, чем гальванические батареи. В дальнейшем после создания механических генераторов электродвигатели постоянного тока стали использоваться в регулируемом электроприводе, в крановых и подъёмных установках, в качестве пусковых двигателей внутреннего сгорания и тяговых (на железнодорожном и морском транспорте, в метро, трамваях, троллейбусах, подводных лодках, на электрокарах). Они обладают большой перегрузочной способностью, могут обеспечить плавное и экономичное регулирование частоты вращения вала от десятков до нескольких тысяч оборотов в минуту, имеют высокое значение пускового вращающего момента при относительно небольшой кратности пускового тока [16, 17 и др.].

ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА

Якоби изучал и усовершенствовал гальванические элементы, применяющиеся для питания электродвигателя. В 1836 г., работая с электродами, он обратил внимание на то, что на отрицательном электроде из-за электролиза, законы которого были открыты в 1833–1834 годах английским учёным М. Фарадеем, оседает тонким ровным слоем медь, которую затем можно было целиком оторвать от электрода. Форма поверхности медного листочка полностью и в точности зеркально воспроизводила все неровности и особенности поверхности электрода. Он применил в качестве отрицательного электрода гравированную дощечку от своей визитной карточки и увидел, что оторванный от электрода листочек представляет собой негативный отпечаток дощечки с надписью. Затем сознательно и очень удачно ему удалось снять копию с монеты, которую сразу уничтожил, чтобы

не посчитали фальшивомонетчиком. Исследователь назвал этот приём гальванопластикой и стал пропагандировать его распространение и применение на практике. В 1838 г. была представлена в Императорскую Санкт-Петербургскую академию наук докладная записка об открытии им гальванопластики, которая позволяет с помощью гальванизма (электролиза медных растворов) получать медные копии изделий с поверхности предметов. Российское правительство купило у учёного идею гальванопластики за 25000 рублей серебром и предложило опубликовать все полученные сведения в открытой печати, чтобы они стали доступны всем. В 1840 г. была опубликована работа Бориса Якоби «Гальванопластика или способ по данным образцам производить медные изделия из медных растворов помощью гальванизма», вначале в «Журнале мануфактур и торговли» (1840 г., № 4), а потом издана отдельной книгой.

Это было обстоятельное практическое руководство, снабжённое чертежами и описанием. Электролитическое осаждение металлов сразу же нашло практическое применение в полиграфии, тканепечатании, медальерном деле и т.д. Оно явилось в дальнейшем основой создания методов нанесения на поверхность предмета из металла, диэлектрика, гипса, воска тонких покрытий восстановленного металла (меди, серебра, золота, цинка, железа, никеля, хрома) с защитной целью от непогоды и других причин — гальваностегии. В середине XIX века в России и за границей возникли крупные гальванотехнические промышленные предприятия, на многих заводах были созданы гальванические мастерские, что послужило началом направления прикладной электрохимии. В Москве и в Санкт-Петербурге с помощью гальванопластики позднее были украшены медью и золотом купола, статуи и барельефы Храма Христа Спасителя, Исаакиевского собора, Эрмитажа, Зимнего дворца, Петропавловского собора, произведены медные копии с форм для печатания государственных бумаг и денег, географических карт, почтовых марок, художественных гравюр, чего нельзя было достигнуть гравировкой клише. Гальванопластика постепенно была внедрена в типографское и монетное дело, а также для производства

ГАЛЬВАНОПЛАСТИКА

или

СПОСОБЪ,

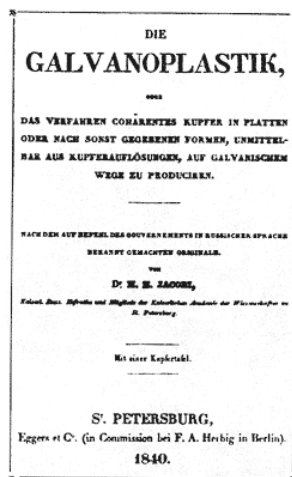
ПО ДАННЫМЪ ОБРАЗЦАМЪ ПРОИЗВОДИТЬ
МЕДНЫЯ ИЗДѢЛІЯ ИЗЪ МЕДНЫХЪ
РАСТВОРОВЪ, ПОМОЩІЮ ГАЛЬВАНИЗМА

М. Г. Якоби.

Доктора Философіи, Императорскаго Сопровождающаго и члена ИМПЕРАТОРСКОГО Академіи Наукъ.

СЪ ОДНИМЪ ЧЕРТЕЖЕМЪ.

САНКТ-ПЕТЕРБУРГЪ,
въ типографіи Н. Глазунова и К°. 1840.



Обложки трудов Б. Якоби.

художественных изделий в полиграфии (гелиография, гальванография и гальвано-акустика). В 1839 г. за изобретение гальванопластики Якоби утвердили в звании адъюнкта (помощника профессора) Императорской Санкт-Петербургской академии наук, в 1840 г. — наградили престижной в то время Демидовской премией в размере 25000 рублей (девятое присуждение), в 1842 г. — избрали экстраординарным (сверхштатным) академиком.

В 1859 г. Бориса Семёновича привлекли к изучению способов обработки платины способом гидроэлектрометаллургии (электроосаждения) и электролитического способа производства бесшовных медных труб.

«ПОДВОДНЫЕ ОПЫТЫ»

Якоби в составе «Комитета о подводных опытах» с 1839 г. разрабатывал для русского флота и армии противокорабельные морские мины нового типа (плавучие якорные с воздушной камерой в корпусе, гальваноударные самовоспламеняющиеся и с запалом от индукционной катушки, представляющей собой первую искровую систему зажигания высокого напряжения). Занимаясь усовершенствованием методов электрического взрывания мин, он в 1842 г. построил магнитоэлектрический генератор с ручным приводом вращения зубчатой передачей вала катушки якоря в поле постоянных магнитов, в которой наводилась электродвижущая сила. На валу имелось коммутлирующее устройство в виде двух полуцилиндров, представляющее собой простейший двухпластинчатый коллектор.

Это был первый магнитоэлектрический генератор, принятый на вооружение гальванических команд в сапёрных батальонах русской армии, использовавших его для дистанционного воспламенения электрическим током минных запалов. В 1847 г. были проведены испытания боевых подводных мин между Кронштадтом и Ораниенбаумом (ныне г. Ломоносов в Ленинградской области). При разомкнутой электрической цепи, соединяющей гальваническую батарею с минами, свои корабли проходили над минами, не подвергаясь опасности. При замкнутой цепи судно, проходя над миной, задевало её. Срабатывал заряд и происходил взрыв. Во время Крымской (восточной) войны в 1853—1856 годах по предложенной им системе был заминирован Кронштадтский рейд, что не позволило английским и французским военным кораблям подойти к морской базе и порту и пройти в Санкт-Петербург.

СРЕДСТВА СВЯЗИ

Якоби после смерти в 1837 г. создателя электромагнитного телеграфа П. Л. Шиллинга [18] в 1841—1843 годах занялся созданием подземных и подводных кабелей связи, разработкой технологии их производства и подбором электроизоляционных материалов. Позднее это было использовано при осуществлении телеграфной связи из Европы в Америку. Он руководил прокладкой первых телеграфных кабельных линий между Зимним дворцом в Санкт-Петербурге и дворцом в Царском селе (ныне г. Пушкин, спутник Санкт-Пе-





тербурга), с Главным штабом и с Главным управлением путей сообщения. Впервые создал методику для контрольных и эксплуатационных испытаний для поддержания телеграфных линий в рабочем состоянии. Борис Якоби изобрёл также «контр-батарею» для телеграфирования по плохо изолированным проводам и разработал для армии переносной стрелочный телеграфный аппарат, который был принят на вооружение.

Учёным было сконструировано около 10 типов телеграфных аппаратов, в том числе в 1839 г. первый пишущий буквы, а не знаки азбуки Морзе, в 1845 г. первый аппарат синхронного действия с непосредственной (без расшифровки) индикацией в приёмнике передаваемых букв и цифр, а в 1850 г. — первый буквопечатающий телеграфный аппарат. Основными элементами его электроавтоматических и телемеханических устройств были электромагниты и электромагнитные реле. В числе сконструированных им устройств — электромеханический регистратор импульсов в пишущих телеграфах, устройства синхронизированного вращения в стрелочном и буквопечатающем телеграфах, релейные устройства для автоматического замыкания цепи в телеграфных аппаратах. Особенностью пишущего телеграфного аппарата Якоби было то, что вместо мультипликато-

ра в нём использовался электромагнит с медным стержнем, приводивший при помощи системы рычагов в действие карандаш. Передатчик представлял собою ключ, замыкающий и размыкающий электрическую цепь. При притяжении и отпускании якоря стержень с карандашом перемещался вверх и вниз, и карандаш вычерчивал волнистую линию на фарфоровой доске, которая двигалась в горизонтальном направлении перпендикулярно карандашу по каретке под действием часового механизма. Ломаная линия соответствовала определённой азбуке.

На передающей и приёмной станциях буквопечатающего телеграфного аппарата Якоби под действием движущихся электромагнитов синхронно вращались указательные стрелки. Они занимали в каждый момент одинаковое положение над циферблатами с буквами. На одной оси со стрелкой, жёстко связанное с ней, находилось типовое колесо с буквами. Чтобы передать нужную букву, телеграфист при помощи штифта устанавливал стрелку напротив нужной буквы. Одновременно на приёмной станции против той же буквы устанавливалась указательная стрелка вместе с типовым колесом. Электромагниты срабатывали и прижимали к типовому колесу бумажную ленту, на которой отпечатывались нужные буквы одна за другой. Разработанный им в электромагнитном телеграфе принцип синхронно-синфазной связи, когда стрелки передающего и приёмного аппаратов совершают равномерно-прерывистое шаговое движение, перемещаясь с одинаковой скоростью (синхронно) и занимая одинаковое пространственное положение (синфазно), использовали другие изобретатели (Э. В. Сименс, Д. Юз и др.). Немецкая электротехническая фирма «Сименс и Гальске» сразу же организовала серийное производство с некоторыми изменениями его буквопечатающих телеграфных аппаратов и внедрила их в России, Америке и европейских странах. Этот принцип лежит в основе современных буквопечатающих приборов, техники дистанционной передачи и следящего электропривода. В 1854 г. учёный создал телеграфный аппарат для связи на больших переходах между каютой капитана и машинным отделением.

МАГНИТНЫЕ СВОЙСТВА ЖЕЛЕЗА

В то время отсутствовали данные по магнитным свойствам железа. Совместно с академиком Императорской Санкт-Петербургской академии наук Э. Х. Ленцем Якоби в 1838–1844 годах занимался исследованием намагничивания железа, притяжением электромагнитов и предложил методику их расчёта в электрических машинах (применялась до установления в 1871 г. русским физиком А. Г. Столетовым [19] свойств намагничивания мягкого железа). Ленцем и Якоби была установлена пропорциональность действия намагничивания железа силе электрического тока и числу витков (по современной терминологии числу ампер-витков). Они доказали, что магнитный поток, создаваемый в железном стержне электромагнита, не зависит от диаметра витков и диаметра сечения, и материала проволоки.

ОБРАТНАЯ ЭЛЕКТРОДВИЖУЩАЯ И МАГНИТОДВИЖУЩАЯ СИЛА

Якоби открыл появление обратной электродвижущей силы в обмотке якоря двигателя при её вращении и опубликовал две статьи «О принципах электромагнитных машин» (1840 г.) и «О теории электромагнитных машин» (1850 г.), в которых содержался первый научный анализ работы электродвигателя постоянного тока. При теоретическом анализе работы электродвигателя он исходил из законов Ома, сохранения энергии, электромагнитной индукции и из установленных им совместно с Ленцем закономерностей для электромагнитов. Были изучены наиболее важные для характеристик электродвигателя параметры: скорость вращения вала; величина действующих электромагнитных сил; мощность; экономический эффект (по современной терминологии коэффициент полезного действия). В публикациях учёного в точной математической форме показано, что механическая мощность на валу двигателя может быть получена только путём затраты пропорционального количества электрической энергии, а также впервые была выведена формула для магнитодвижущей силы и получено соотношение токов в тормозном и рабочем режимах.

ИЗМЕРЕНИЕ МАГНИТНЫХ ВЕЛИЧИН

Борис Якоби в 30-х годах XIX века (совместно с Ленцем) разработал баллистический метод электроизмерения магнитных величин, провёл сравнение показаний электромагнитных и электрохимических гальванометров. В 1839 г. им была проведена первая попытка градуировки гальванометра. В 40–50 годах XIX века он создал ртутный вольтметр (прибор для измерения электрического сопротивления) и несколько конструкций гальванометров. Предложил измерять силу тока по количеству серебра, выделенного из раствора сернокислого серебра (в 1893 г. на Международном электротехническом конгрессе в Париже в основу принятия соответствующей единицы измерения был положен этот принцип), разработал для регулирования силы тока в электрической цепи первые конструкции проволочных и жидкостных реостатов, реохордов, магазинов сопротивлений и других подобных устройств. Созданный им в 1846 г. проволочный медный эталон сопротивления получил распространение в России и в разных странах Европы. В течение ряда лет этот эталон применялся в электротехнических лабораториях, что способствовало разработке мер для воспроизведения физической величины заданного размера.

ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫЕ ПРОГРАММЫ

В 40-х годах XIX века Якоби для созданной учебной гальванической команды разработал программы и провёл первые курсы теоретических и практических занятий в ней по прикладной электротехнике. Учебная гальваническая команда под его руководством в течение 15 лет готовила кадры первых гальванеров в сапёрных частях русской армии и явилась основой, на которой впоследствии выросла русская высшая военная электротехническая школа.

ЗАСЛУГИ И ДОСТИЖЕНИЯ

В 1847 г. он был избран ординарным (штатным) академиком Императорской Санкт-Петербургской академии наук, а в 1864 г. получил потомственное дворянство и участвовал в комиссии министерства финансов по разработке способов





определения крепости алкогольных напитков. Им был изобретён аппарат для отделения и измерения плотности жидкости различного удельного веса, который нашёл применение в качестве проверочного прибора на винокурных заводах.

В 1867 г. на Всемирной выставке в Париже Борис Семёнович Якоби был награжден золотой медалью и премией. Он представлял Россию в международной комиссии для выработки общих единиц мер, весов и монет. В том же году его избрали иностранным членом Королевской Бельгийской АН, корреспондентом Общества наук в Роттердаме (Нидерланды), почётным членом Политехнического общества в Лейпциге (Германия), Королевской Туринской академии (Италия), Британского общества для поощрения полезных искусств. С 1865 г., после смерти Ленца, ему было поручено заведовать физическим кабинетом Санкт-Петербургской АН. В 1872 г. в Париже он снова участвовал в качестве русского делегата в работе Международной комиссии по выбору метрической системы единиц измерений, отстаивая её преимущества, что способствовало установлению однообразной системы мер и весов.

Борис Семёнович Якоби умер 11 марта (27 февраля по старому стилю) 1874 г. от сердечного приступа в возрасте 72 лет, похоронен в Санкт-Петербурге на Смоленском лютеранском кладбище на Васильевском острове.

Им были изобретены первый электродвигатель с непосредственным вращением вала, коллекторно-щёточное устройство электрических машин постоянного тока, гальванопластика, стрелочный и электромагнитный и буквопечатающий телеграфные аппараты. Он был членом многих научных учреждений и жюри конкурсов и выставок, проводил экспертизу изобретений, рецензировал статьи и участвовал в научно-общественной жизни своего времени.

В 1889 г. Русским техническим обществом было торжественно отмечено 50-летие со дня изобретения гальванопластики, приравненной по своему значению к открытию книгопечатания, с организацией Юбилейной выставки, на которой демонстрировались магнитоэлектрическая ма-

шина для взрыва мин, телеграфный аппарат, гальванопластические изделия, документы, рукописная автобиография и другие предметы, относящиеся к деятельности учёного.

ЛИТЕРАТУРА

1. Литвина О. С. Якоби Борис Семёнович // Новая Российская энциклопедия / Гл. ред. А. Д. Некипелов. — Т. XIX (1). — М.: Энциклопедия, 2017. — С. 401.
2. Цверева Г. К. Якоби Борис Семёнович // Большая Советская энциклопедия / Гл. ред. А. М. Прохоров. — Т. 30. — М.: Советская энциклопедия, 1978. — С. 480.
3. Якоби Борис Семёнович // Большая Советская энциклопедия / Гл. ред. Б. А. Введенский. — Т. 49. — М.: Государственное научное издательство «Большая Советская энциклопедия», 1957. — С. 521–523.
4. Якоби Борис Семёнович (Мориц Герман) // Советский энциклопедический справочник / Гл. ред. А. М. Прохоров. — М.: Советская энциклопедия, 1985. — С. 1567.
5. Белькинд А. Д., Конфедератов И. Я., Шнейберг Я. А. История техники. — М.: Госэнергоиздат, 1956. — 496 с.
6. Истомин С. В. Самые знаменитые изобретатели России. — М.: Вече, 2000. — 469 с.
7. Шателен М. А. Русские электротехники второй половины XIX века. — М.-Л.: Государственное энергетическое издательство, 1949. — 379 с.
8. Шателен М. А. Русские электротехники XIX века. — М.-Л.: Госэнергоиздат, 1955. — 432 с.
9. Веселовский О. Н., Шнейберг Я. А. Очерки по истории электротехники. — М.: Издательство МЭИ, 1993. — 252 с.
10. Самин Д. К. 100 великих учёных. — М.: Вече, 2000. — 592 с.
11. Якоби Борис Семёнович // Железнодорожный транспорт. Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Канарев. — М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 1994. — С. 557.
12. Doppelbauer M. The invention of the electric motor 1800–1854. A short history of electric motors. Part 1. [Электронный ресурс]: <https://www.eti.kit.edu/english/1376.php>. Доступ 22.05.2019.
13. Jacobi's Motor. The first real electric motor of 1834. [Электронный ресурс]: <https://www.eti.kit.edu/english/1382.php>. Доступ 22.05.2019.
14. Сенаторов В. А. Коллекторный тяговый электродвигатель // Железнодорожный транспорт. Энциклопедия / Гл. ред. Н. С. Канарев. — М.: Научное издательство «Большая Российская энциклопедия», 1994. — С. 187.
15. Григорьев Н. Д. Простота спасёт мир // Мир транспорта. — 2015. — № 1. — С. 244–253.
16. Петров Г. Н. Электрические машины. Ч. 3. Коллекторные машины постоянного и переменного тока. — М.: Энергия, 1968. — 224 с.
17. Электротехника и электроника / Под ред. В. В. Кононенко. — Ростов-на-Дону: Феникс, 2004. — 752 с.
18. Григорьев Н. Д. Телеграф Шиллинга для железных дорог // Мир транспорта. — 2011. — № 2. — С. 184–190.
19. Григорьев Н. Д. Умножение движущих сил // Мир транспорта. — 2014. — № 3. — С. 238–245. ●