

Павел Николаевич Яблочков

Исполнилось 165 лет со дня рождения великого русского электротехника, изобретателя электрической свечи и системы распределения электрической энергии, первого редактора журнала «Электричество» Павла Николаевича Яблочкова. Он родился в сентябре 1847 г. в родовом имении отца в Сердобском уезде Саратовской губернии. Точное место и дата его рождения в источниках приводятся по-разному. В то время в Саратовской губернии была эпидемия холеры. Семьи помещиков уезжали в безопасные места, поэтому

имя ребенка в момент рождения не было занесено в церковную метрическую книгу. Семье Яблочковых в селах и деревнях Сердобского уезда принадлежало несколько имений, в одном из этих населенных пунктов, входящих ныне в состав Ртищевского муниципального района Саратовской области, он и родился. Сейчас г. Сердобск находится в Пензенской области. Указываются такие даты рождения П.Н. Яблочкова 14 (2 по ст. ст.) и 26 (14 по ст. ст.) сентября; у Павла именины в этом месяце 12 и 23 числа.

С детства мальчик занимался конструированием. В 12 лет придумал угломерный прибор, которым крестьяне окрестных населенных пунктов пользовались при земельных переделах и измерении площади посевов, а также изготовил механическое устройство, позволявшее отсчитывать путь, пройденный телегой, — прообраз современных спидометров. Грамоте его обучали дома родители. Для преподавания специальных предметов нанимались учителя. В 1858 г. после успешных экзаменов Павел был зачислен во второй класс Саратовской губернской 1-й мужской гимназии, где учились дети дворян. Зимой 1862 г. ученик из 5 класса в связи со сложившимся после отмены крепостного права в России тяжелым материальным положением и с целью дальнейшего определения его в военно-учебное заведение был переведен в частный Подготовительный пансион. Осенью 1863 г. после сдачи вступительного экзамена он был зачислен кондуктором Кондукторской роты (курсантом роты по подготовке саперных офицеров со средним образованием) Николаевского военно-инженерного училища (ныне Военный инженерно-технический университет) в Санкт-Петербурге. В конце лета 1865 г. юноша окончил училище по первому разря-



ду, получив низший офицерский чин инженера-подпоручика. Его назначили младшим офицером в 5-й саперный батальон инженерной бригады, расквартированный в Киевской гарнизонной крепости. Прослужив чуть больше года, он по собственной инициативе в связи с состоянием здоровья уволился в конце 1867 г. с военной службы, получив при этом следующий офицерский чин поручика.

Однако штатская жизнь оказалась еще труднее, и в январе 1869 г. Яблочков вернулся на прежнее место военной службы. К этому време-

ни он увлекся электротехникой. Его командировали в Офицерские гальванические классы Технического гальванического заведения в Кронштадте, единственную в то время в России школу, готовившую военных специалистов в области электротехники. Здесь ему основательно удалось повысить свою теоретическую и практическую электротехническую подготовку по устройству и применению гальванических элементов, а также в телеграфном и минном деле. По возвращении с учебы офицер был назначен начальником специальной гальванической команды с одновременным исполнением должности батальонного адъютанта. Осенью 1872 г. он уволился в запас саперным поручиком в отставке и устроился на казенную Московско-Курскую (ныне Московская) железную дорогу заместителем начальника телеграфной службы, в мастерской которого была возможность проводить опыты по электротехнике, конструировать и проверять изобретательские идеи. В 1873 г. его назначили начальником службы телеграфа.

Яблочков посещал заседания Отдела прикладной физики Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии в Московском университете и примкнул к кружку электриков-изобретателей и любителей электротехники. Здесь он, узнав об опытах А.Н. Лодыгина по освещению электрическими лампами с использованием нагревания угольного проводника электрическим током, стал сам экспериментировать. Он установил, что тело накала в воздухе быстро окисляется или сгорает и что сопротивление электрическому току каолина (глина белого цвета) и многих тугоплавких тел, вопреки широко распространенному тогда мнению, при нагревании не увеличивается как у металлов, а уменьшается. Сила электрического тока, проходя-

шего через каолиновую пластинку, увеличивается, и она начинает ярко светиться.

Впоследствии он использовал это явление для изготовления лампы накаливания (французская привилегия от 17 апреля 1877 г.), не требовавшей удаления воздуха. Телом накала служила каолиновая пластинка, вырезанная в форме фигуры или буквы. Этими лампами были освещены каюты в трех судах военно-морского флота в Кронштадте. Яблочков не верил в возможность успешного применения ламп накаливания и прекратил с ними работы. Идея ламп накаливания, предложенная им, та же, что и у запатентованной через 10 лет и имевшей успех лампы немецкого физика-химика В. Нернста.

Яблочков считал, что главным источником излучаемой световой энергии дуги является химическая реакция углей с кислородом воздуха. Более перспективными ему казались дуговые лампы, которыми он и решил заняться.

Явление электрической дуги, названное впоследствии вольтовой, было открыто в 1802 г. академиком Санкт-Петербургской АН В.В. Петровым; итальянский физик А. Вольта к его открытию никакого отношения не имел. Дуга представляла собой ярко светящийся электрический разряд в воздухе между двумя горизонтально и близко расположенными углями. При горении дуги угли укорачивались, расстояние между ними увеличивалось, разряд ослабевал и при большом расстоянии между углями прекращался. Поэтому электрическая дуга требовала постоянной регулировки расстояния между углями. Для того чтобы избежать погасания дуги, возле каждой свечи был приставлен слуга, который по мере сгорания сближал концы угольных стержней. Затем был разработан регулятор, который при уменьшении силы тока передвигал в горизонтальной плоскости один из углей и восстанавливал между ними нужное расстояние. Регуляторы представляли собой сложные приспособления и, несмотря на то, что постоянно совершенствовались, часто выходили из строя. Кроме того, режим горения дуги изменялся при колебаниях напряжения, питающего лампу: при его увеличении скорость выгорания углей и расстояние между ними резко возрастали и дуга гасла. Поэтому для горения электрической дуги требовалось постоянное вмешательство человека.

Весной 1874 г. по Московско-Курской железной дороге в Крым должен был следовать правительственный поезд с императором Александром II. Администрация железной дороги в целях обеспечения безопасности движения задумала осветить поезду путь ночью и обратилась с этим вопросом к инженеру Яблочкову. Впервые в истории

железнодорожного транспорта на паровозе им был установлен прожектор с дуговой лампой и наиболее распространенным в то время пружинным регулятором французского физика Ж.Б.Л. Фуко. Дуговая лампа с грузовым регулятором Серрена давала более ровный свет, но не действовала при наклоне и не переносила тряски. Регулятор Фуко был очень сложный, действовал с помощью трех пружин и требовал непрерывного внимания. При зажигании лампы он должен был разводить угольные электроды на определенное расстояние, во время ее горения в его задачу входило поддерживать длину дуги постоянной. При прекращении тока через лампу необходимо было сводить угли до соприкосновения, чтобы дуга могла образоваться при новом включении лампы.

В дублином полушубке Яблочков всю дорогу ночью, сидя и стоя на холодном и сильном ветру на передней площадке паровоза, менял угли, корректировал подкручиванием рукой действие «автоматического» регулятора, так как нельзя было позволить свету потухнуть хотя бы на короткое время. Когда меняли паровоз, ему приходилось перетаскивать прожектор и провода с одного локомотива на другой, укреплять их и соединять лампу с громоздкой аккумуляторной батареей элементов Р.В. Бунзена, находившейся в багажном вагоне. Опыт удался, яркий электрический луч бежал впереди поезда, освещая земляное полотно, рельсы и шпалы. Это был первый в мире реализованный опыт освещения железнодорожного пути на большом протяжении при сменных паровозах. Но из-за неудобств с эксплуатацией регулятора вольтовой дуги стало ясно, что для широкого применения электрического освещения необходимо упрощать регулятор.

Для того чтобы больше времени отдавать исследовательской и изобретательской деятельности, Яблочков в 1874 г. ушел со службы на телеграфе и открыл в Москве на скромные личные средства небольшую лабораторию, а затем организовал универсальную электротехническую мастерскую и магазин физических приборов. Совместно с опытным электротехником Н.Г. Глуховым, помещиком черниговской губернии, отставным капитаном артиллерии, занимался усовершенствованием аккумуляторов Г. Планте, динамомашин (электрических генераторов) З.Т. Грамма и дуговых ламп. В Политехническом музее Яблочков познакомился с В.Н. Чиколевым. В одной из бесед они обсуждали создание надежного регулятора электрической дуги, основанного на новом дифференциальном принципе. Идея заключалась в том, что расстояние между углями определялось действием двух электромагнитов. Через обмотку одного из них прохо-

дил ток дуги, через обмотку другого — ток, ответвленный от основной цепи, параллельно дуге. Первый электромагнит регулировал изменение расстояния между углями, второй — колебания напряжения в сети питания дуги. Он изготовил по чертежу Чиколева один экземпляр регулятора с электродвигательным механизмом. Ему удалось создать электромагнит с обмоткой из медной ленты, поставленной на ребро по отношению к сердечнику. Компаньоны установили электрическое освещение большой площади прожекторами с дуговыми лампами на крыше, но полицейские запретили им эти эксперименты. В 1875 г. во время одного из многочисленных опытов по электролизу раствора поваренной соли параллельно расположенные и вертикально погруженные в электролитическую ванну угли при сближении случайно коснулись друг друга. Вспыхнула устойчиво горевшая электрическая дуга, осветившая ярким светом стены мастерской. У Яблочкова возникла идея более совершенного устройства дуговой лампы с вертикальным расположением электродов без регулятора межэлектродного расстояния.

Финансовые дела мастерской расстроились, и осенью 1875 г. Яблочков, разорившись и не получив от родственников материальной поддержки, ликвидировал мастерскую и магазин и сбежал от своих кредиторов за границу. Жандармы, преследовавшие его до Одессы, опоздали, он успел благополучно сесть на пароход с намерением скрыться в Америке. В это время в Филадельфии проходила выставка, на которой экспонировался построенный им электромагнит. Но денег хватило только до Парижа. Здесь в октябре 1875 г. он заинтересовал своими работами академика Л.Ф.К. Бреге, который принял его в свою фирму с предоставлением возможности проводить опыты по практическому осуществлению электрического освещения и других изобретений, но с условием проведения исследований по усовершенствованию динамомашин.

Яблочков вскоре взял французский патент № 110479 от 29 ноября 1875 г. на электромагнит с ленточной обмоткой из меди, свинца или других металлов, плоскость которых была перпендикулярна сердечнику из мягкого железа. Во французском патенте № 111535 от 17 февраля 1876 г. он в электромагните применил чугун, который имел «преимущество вследствие его остаточного магнетизма».

К началу весны 1876 г. Яблочков завершил разработку первой модели конструкции электрической свечи без регулятора и 23 марта получил на нее французский патент за № 112024. Свеча отличалась от обыкновенной парафиновой свечи исключительной простотой: два вертикальных уголь-

ных стержня были разделены изоляционной прокладкой определенной толщины из воска, гипса, каолина или другого изоляционного материала. Прокладка скрепляла угли между собой и всегда сохраняла одинаковое расстояние между ними, позволяя вольтовой дуге образовываться только между верхними концами. Каждый угольный стержень был зажат в отдельной клемме подсвечника. Первоначально дуга зажигалась вручную — между верхними концами стержней с помощью изолирующей рукоятки помещался тонкий уголек, служивший запалом и удаляемый после разогревания углей и появления дуги, затем для этой же цели использовался тонкий угольный мостик-зажигатель, который при проходе тока сгорал и вызывал образование между электродами вольтовой дуги. Кончики углей всегда на несколько миллиметров выступали над пластинкой. Электрическая свеча оказалась проще, удобнее и дешевле угольной лампы накаливания Лодыгина, не имела регулятора межэлектродного расстояния, механизмов и пружин, не боялась передвижения и тряски, не требовала особого контроля и ухода. Вскоре изобретатель стал применять в качестве запала полоску из плохо проводящего электрический ток металла, наносимого на верхний торец изолирующего угля тела.

В первой из добавочных французских привилегий от 16 сентября 1876 г. Яблочков предложил изготавливать изолирующую прокладку между стержнями не только из каолина, но и из расплавляющихся материалов, в состав которых могли вводиться различные металлические окислы, дающие свету благоприятные для глаз окраски. Свеча горела полтора часа. По истечении этого времени в светильник вставляли новую свечу. Ученым был придуман фонарь с несколькими свечами, помещенными в стеклянный шар. Изобретатель придумал способы автоматического включения новых свечей по мере сгорания светивших.

При горении электрической дуги в свече на постоянном токе температура раскаленного конца угля, соединенного с положительным полюсом источника энергии, намного выше, чем соединенного с отрицательным полюсом. Необходимо было принимать диаметр положительного угля примерно в два раза больше, чем отрицательного. Это неудобство он обошел, предложив применять для питания электрической дуги переменный ток. При работе на переменном токе верхние концы обоих углей имели одну и ту же температуру и сгорали с одной и той же скоростью. Для электрического освещения по его методу в Парижской фирме Грамма стали изготавливать однофазные генераторы переменного тока.

От каждого источника электрической энергии можно было питать только одну свечу. При параллельном их включении горела всегда одна дуга. Применять для питания каждого светильника свой отдельный маленький электрический генератор было не только сложно и неудобно, но и невыгодно. Приемы и методы включения нескольких источников света в цепь, питаемую одним источником электрической энергии, не были тогда известны.

Для того чтобы сделать возможным широкое применение электрического тока для освещения, необходимо было найти способ «дробления света» от одного большого генератора. Эту задачу Яблочков решал различными способами. Во второй дополнительной французской привилегии от 2 октября 1876 г. он указал на то, что если в качестве изолирующего слоя вместо огнеупорных масс применять смеси, которые, расплавляясь, образуют между угольными стержнями жидкую сиропообразную каплю, то вольтова дуга между углями образуется главным образом в местах, где капля соприкасается с углями. При применении таких смесей длина вольтовой дуги значительно увеличивалась. Таким образом, изменяя толщину углей и изолирующей прослойки, стало возможным при питании от одной машины создавать электрическую дугу между углями нескольких свечей, а не одной.

После лабораторного испытания своей системы электрического освещения Яблочков придумал ей техническое оформление, допускающее практическое применение. В апреле 1876 г. в Лондоне открылась Всемирная выставка физических приборов, на которой он самостоятельно провел публичную демонстрацию своего изобретения. На невысоких металлических постаментов он поставил четыре свечи, обернутые в горный лен и установленные на большом расстоянии друг от друга. К светильникам были подведены провода от электрического генератора, находившегося в другом помещении. После включения напряжения обширный зал ярко осветился чуть голубоватым электрическим светом. Успех превзошел все ожидания. Лондон стал местом первого публичного показа нового источника света. В мировой печати появились сообщения о создании нового светильника и положительные отзывы об очень простом источнике электрического света под названиями «Русский свет», «Северный свет».

21 апреля 1876 г. Яблочкова после доклада об изобретенном им еще в России электромагните с плоской обмоткой избрали в действительные члены французского Физического общества. После возвращения из Лондона Яблочковым по совету Бреге была учреждена мощная акционерная компа-

ния «Общество изучения электрического освещения по методам Яблочкова».

При переходе на переменный ток система освещения упростилась и работала на принципе трансформатора с разомкнутой магнитной системой. Таким образом, Яблочков впервые в мире применил этот принцип для практических целей по независимому питанию своих электрических свечей. 30 ноября 1876 г., дата получения им французского патента № 115793, считается днем рождения очень простого аппарата, названного впоследствии трансформатором. В патенте он писал: «Предметом этого изобретения является распределение токов в целях производства электрического света, позволяющее получить, пользуясь цепью, питаемой одним единственным источником электричества, неопределенное число светильников как одинаковой, так и различной силы света... В любой точке цепи я включаю индуктирующую катушку, через которую проходит ток от источника тока. Далее я помещаю надлежащим образом вторую катушку, в которой первая индуктирует ток. Оба конца этой второй катушки соединяются проводом, образуя цепь, совершенно отдельную от первой. В нее включают светильники в числе одного или нескольких». В 1878 г. ученый взял на разработанную схему включения немецкий патент № 1630 и русскую привилегию (совместно с привилегией на свечу). Благодаря применению индукционных катушек осветительные установки со свечами стали стоить гораздо дешевле, а эксплуатационные расходы уменьшились.

В 1882 г. сотрудник профессора А.Г. Столетова, препаратор (лаборант) физического кабинета Московского университета И.Ф. Усагин доказал, что индукционные катушки, использованные Яблочковым, являются трансформаторами и могут быть пригодны не только для освещения, но и для питания однофазного электродвигателя переменного тока и накаливания платиновой проволоки, т.е. для превращения электрической энергии переменного напряжения в механическую и тепловую. Первые системы электроснабжения переменным током с трансформаторами внедрялись в условиях ожесточенной конкурентной борьбы крупных электротехнических фирм. По этому поводу Столетов писал в журнале «Электричество» (№ 13—14, 1889 г.): «Невольно вспоминается та травля, которой подвергались трансформаторы в нашем отечестве, по поводу недавнего проекта фирмы «Ганц и К^о» осветить часть Москвы. И в ученых докладах, и в газетных статьях система (переменного тока — *авт.*) обличалась как нечто еретическое, не национальное и, безусловно, гибельное; доказывалось, что трансформаторы начисто запрещены во всех порядоч-

ных государствах Запада и терпят развее в какой-нибудь Италии, падкой на дешевизну». Постепенно трансформатор был усовершенствован. В 1889 г. русский электротехник М.О. Доливо-Добровольский изобрел трехфазный трансформатор, и переменный ток одержал победу над постоянным. С помощью трансформаторов также стало возможным увеличение дальности проводной телефонной связи при неизменном напряжении источников питания.

Следующий способ дробления света, предложенный Яблочковым, заключался в применении для этой цели последовательно соединенных конденсаторов. Во время опытов с дроблением света этим способом ему удалось экспериментально доказать, что на зарядку конденсаторов требуется время. В настоящее время по такому же способу осуществляется емкостный отбор энергии от проводов линий электропередачи в электроустановках напряжением выше 1000 В.

При опытах Яблочков обнаружил, что при наличии в цепях индукционных катушек сумма токов от обкладок конденсаторов в землю превышала в 2 раза силу тока, вырабатываемого генератором. Электрическая дуга и длина раскаленных углей от их концов также увеличивались в несколько раз. Он решил, что источником увеличения световой мощности является естественное атмосферное электричество, которое аккумулируется в конденсаторах. В настоящее время известно, что в электрических цепях переменного тока при параллельном включении индуктивности и емкости возникает режим резонанса токов и в неразветвленной части цепи суммарный ток может быть в несколько раз меньше его составляющих в параллельных ветвях. Таким образом, изобретатель изготовил резонансный трансформатор. Трансформаторные и конденсаторные схемы включения горелок, разработанные им, явились прообразом современного параллельного подключения электрических приемников к электрической сети.

Электрические свечи появились в продаже в 1876 г. и начали расходиться в большом количестве. Например, фирма Бреге ежедневно выпускала их свыше 8 тыс. Компании по коммерческой эксплуатации «свечи Яблочкова» были основаны во многих странах мира. Автор, уступив право на использование своих изобретений владельцам французской «Генеральной компании электричества с патентами Яблочкова», руководил ее техническим отделом, довольствуясь скромной долей от огромных прибылей фирмы. В дополнительных французских привилегиях от 23 октября и 21 ноября 1876 г. и 11 марта 1879 г. он предлагал способы усовершенствования свечи.

В феврале 1877 г. электрическим светом был освещен магазин Лувр в Париже. Здесь 22 свечи Яблочкова заменили 200 газовых рожков. Затем светильники вспыхнули на площади перед зданием театра Шатлэ, а в мае 1877 г. они впервые осветили одну из красивейших магистралей столицы Франции Авеню Опера. Парижане, привыкшие к тусклому свету стеариновых свечей и плохому керосиновому и газовому освещению улиц и площадей, в начале сумерек толпами стекались полюбоваться гирляндами белых матовых шаров, установленных на высоких металлических опорах. Когда все фонари разом вспыхивали ярким и приятным светом, публика приходила в восторг от «русского света». Это название по желанию Яблочкова было выгравировано на оправах всех его фонарей.

Были освещены электрическим светом места для зрителей и беговая дорожка огромного парижского крытого ипподрома, а также Гаврская гавань порта в устье Сены. Неудобство гавани заключалось в том, что входить в нее морские суда могли только во время приливов. Судам долго приходилось ждать, когда они совпадут со светлым временем суток. Разработанная изобретателем система электрического освещения включалась в начале ночного прилива и выключалась через час после его окончания.

17 июня 1877 г. свечи Яблочкова осветили Вест-Индские доки в Лондоне, а затем мост Ватерлоо в Кенсингтонском и Британском музеях, часть набережной Темзы, отель «Метрополь», Гатфильдский замок, Вестгейтские морские пляжи. Акционеры могущественных английских газовых компаний пустили в ход все средства, вплоть до явных обманов, клеветы и подкупов, чтобы дискредитировать способ освещения по системе Яблочкова. По их настоянию английский парламент учредил специальную комиссию, в которую вошли и выдающиеся ученые того времени В. Томсон (лорд Кельвин), Д. Тиндаль и др., по рассмотрению вопроса о допустимости широкого использования электрического освещения в Британской империи. Все неудачи, неизбежные при новизне дела, преувеличивались и раздувались в многочисленных статьях прессы, описывались воображаемые катастрофы, к которым может привести применение электрического освещения. Сторонники газового освещения указывали на опасность электричества, трудность дробления света, вредное влияние электрического света на глаза и т.п. В протоколах комиссии было записано: «Что касается электрического света, то английские леди весьма им недовольны: они находят, что он придает какую-то мертвенность физиономии». После длительных дебатов и заслушивания свидетельских показаний

нашлось среди членов комиссии немало ярких противников электрического освещения, посчитавших, что в условиях Лондона оно дороже газового. Но были и сторонники.

Почти одновременно с Англией свечи Яблочкова осветили помещение торговой конторы Ю. Михаэлиса в Берлине, Национальную улицу, площадь Колона и древний памятник архитектуры – развалины Колизея в Риме, Фольскгартен в Вене. С исключительной быстротой новое электрическое освещение было установлено на площадях, улицах, в морских портах, магазинах, театрах и дворцах Бельгии, Испании, Португалии, Швеции и других стран Европы и за ее пределами. «Русский свет» вспыхнул в Сан-Франциско и 26 декабря 1878 г. в магазинах Ванемара в Филадельфии (США), в Рио-де-Жанейро (Бразилия) и в городах Мексики. Появился он в Дели, Калькутте, Мадрасе и других городах Индии и Бирмы. Персидский шах и король Камбоджи осветили им свои дворцы. Ни одно из изобретений в области электротехники не получало столь быстрого и широкого распространения, как свечи Яблочкова. Это был триумф изобретения русского инженера.

Во французском патенте № 120684, выданном изобретателю 11 октября 1877 г., были предложены конденсаторы в виде стопки (блока) металлических пластин или полосок фольги с находящимися между ними слоями изоляции. Пакетная конструкция конденсаторов в настоящее время нашла широкое применение. В дополнение к этому патенту Яблочков заявил свои права на устройство конденсатора из металлических листков, покрытых изолирующим веществом и с целью устранения неровностей покрытия и повышения электрической прочности и емкости погруженных в резервуар с изолирующей жидкостью. Это дополнительное изобретение явилось предшественником конструкции оксидного электролитического конденсатора с рекордно большими удельными и абсолютными емкостями, запатентованного вскоре после его смерти.

В магнитодинамоэлектрической машине переменного тока, на которую Яблочков взял французский патент № 119702 в 1877 г., не было подвижных обмоток и скользящих контактов. Намагничивающая обмотка и обмотка, в которой наводилась ЭДС, были неподвижными. Вращался зубчатый железный диск, менявший при вращении магнитный поток, пронизывающий обмотку, в которой наводилась ЭДС. Этот принцип работы машины используется в современных индукторных генераторах переменного тока.

Конструировавшиеся в то время маломощные генераторы, приводимые в движение от трансмиссионных валов посредством ременных передач, ус-

танавливались на электростанции десятками и препятствовали распространению электрического освещения. Разработанный Яблочковым мощный генератор переменного тока имел вращающиеся электромагниты (ротор), полюса которых имели геликоидальную (спиральную винтовую) форму. Он считал, что небольшому угловому движению будет соответствовать значительное перемещение магнитного полюса, а это даст возможность применять меньшие частоты вращения. Статор был снабжен рядом обмоток для питания одной свечи. Машины, которые строили фирмы Бреге и Сотте-Лемонье, имели 32 катушки на статоре.

В генераторе переменного тока Яблочкова, разработанном им в 1878 г. совместно с заводом Грамма, обмотка, в которой наводилась ЭДС, также была неподвижна, но проста по устройству и состояла из отдельных катушек. Соединяя эти катушки параллельно или последовательно, можно было получать у одной и той же машины разные напряжения для питания 20 свечей. Экспериментально, при отсутствии теоретических расчетов он пришел к конструкции, обеспечивающей генератору большой коэффициент самоиндукции и некоторую реактивность, способствующую более устойчивой его работе на цепь, содержащую несколько последовательно соединенных свечей.

Преимущества машины Яблочкова перед распространенными тогда генераторами Сименса и Грамма были значительными. В машине Сименса ток наводился во вращающемся якоре, что приводило к изнашиванию коллекторно-щеточного механизма и искрению из-за сравнительно высокого напряжения в цепи. В машине Грамма обмотки, в которых наводилась ЭДС, были неподвижны, но имели кольцеобразную форму. Это вносило значительные неудобства при изготовлении машины или исправлении повреждений обмоток. Система Яблочкова не представляла препятствий к увеличению размера и мощности генераторов, как система Грамма. Можно было также, не останавливая машину, выключить поврежденную катушку и заменить другой. Генераторы представляли собой двухфазные синхронные машины с электрически связанными обмотками. Яблочков не решился построить многофазный генератор с электрически связанными обмотками. Он хотел совместить в одной машине несколько отдельных генераторов, в данном случае четыре. Это был первый многофазный генератор переменного тока, примененный на практике для питания отдельных групп свечей и допускаявший дробление света, что обусловило значительное снижение его стоимости.

На Всемирной парижской выставке 1878 г. система электрического освещения Яблочкова имела

огромный успех. Его работами заинтересовалась Парижская академия наук, образовавшая для ознакомления комиссию, в состав которой вошли знаменитые ученые того времени. В известиях Парижской академии наук было написано: «Свеча Яблочкова вызвала в Париже, как, впрочем, и в других местах, целое движение в пользу электрического освещения. Ей, безусловно, мы обязаны тем, что электрическое освещение стало обычным способом освещения. По справедливости в истории возникновения электрического освещения ей нужно отвести очень заметное место, которого она вполне заслуживает». Имя изобретателя сделалось известным всему миру, однако и здесь на выставке он вел полемику с многочисленными недоброжелателями (в основном с представителями газовых компаний).

Выставку посетил великий князь Константин Николаевич (второй сын императора Николая I), генерал-адмирал (высший военно-морской чин), стоявший во главе Морского ведомства. Увлечшись идеями Яблочкова, он предложил ему финансовую помощь и содействие к перенесению деятельности в Россию.

Став знаменитым и очень богатым (имел репутацию миллионера), в 1878 г. Яблочков, предварительно расплатившись с кредиторами в России, вернулся на родину. Здесь его изобретения были уже хорошо известны, в газетах и журналах ему посвящались статьи, продавались его портреты. Совместно с поклонниками электрического освещения, среди которых были промышленники, финансисты и военные, он учредил в Санкт-Петербурге акционерную компанию Товарищество электрического освещения и изготовления электрических машин и аппаратов «П.Н. Яблочков — изобретатель и Компания». Был заключен договор с Санкт-Петербургским электромеханическим заводом на Обводном канале об изготовлении свечей и других деталей, необходимых для электрического освещения. За право эксплуатации своих изобретений в России ученому пришлось выкупить французские патенты №№ 112024, 115793 и 120684, заплатив парижской компании чрезмерно высокую цену их акциями, которые приносили ему большой доход. Этот благородный и патриотический поступок затем тяжело отразился на его материальном положении.

Впервые в России электрические свечи были установлены в Кронштадте. 11 октября 1878 г. они осветили казармы учебного экипажа и площадь перед домом командира морского порта. В ноябре 1878 г. электрические свечи осветили Зимний дворец, а весной 1879 г. военные корабли «Петр Великий» и «Вице-адмирал Попов» вышли в море, освещенные прожекторами.

Эти системы освещения изобретатель готовил особенно тщательно, так как удача могла привлечь Морское министерство, важного заказчика. Удачно было выполнено освещение Дворцового и Литейного мостов через Неву, ряда заводов (Балтийского, Обуховского, Ижорского и др.), переборочной мастерской Охтенского капсюльного завода (позволило улучшить условия работы), богатых особняков, некоторых ресторанов и других крупных объектов столицы России. Затем 8 шаровых светильников засияли на площади перед Александрийским театром в Санкт-Петербурге. С весны 1879 г. товарищество «Яблочков — изобретатель и К» начало сооружать установки электрического освещения в Москве и других городах Российской империи. Но наибольшее число фонарей с электрическими свечами было установлено на военных судах и портах Балтийского и Черного морей и на заводах военного и военно-морского ведомств. Пресса Великобритании того времени писала, что успех русских в борьбе с турецким флотом, во главе которого стоял английский адмирал Гобарт-паша, во многом определился умелым применением на русском флоте электроосветительных установок. Однако, как и за границей, Яблочкову пришлось выдерживать нападки могущественных газовых компаний, которые стремились через своих сторонников дискредитировать электрическое освещение.

2 апреля 1879 г. Яблочков сделал доклад «Об электрическом освещении» в Русском техническом обществе (РТО), через 10 дней им здесь же была прочитана публичная лекция с многочисленными демонстрациями. 14 апреля 1879 г. Яблочкова наградили именной медалью РТО.

В 1879 г. Яблочков взял французскую привилегию на электростатический генератор для получения переменного или выпрямленного тока. Машина состояла из ряда дисков с острыми зубцами по окружности, укрепленными на вращающемся валу. Зубцы входили в соответствующие промежутки между рядом неподвижных заряженных дисков. Заряды, наводимые в подвижных дисках, передавались во внешнюю цепь. Над этими типами генераторов работают и современные конструкторы.

30 января 1880 г. в Санкт-Петербурге на первом учредительном собрании VI (электротехнического) отдела РТО он стал неперенным членом общества и был избран «кандидатом по председателю» (заместителем председателя). Совместно с В.Н. Чиколевым, Д.А. Лачиновым и А.Н. Лодыгиным изобретатель в 1880 г. был инициатором основания одного из старейших российских технических журналов «Электричество», в 1880—1882 гг. совместно с Чиколевым был первым главным редактором этого

журнала. 29 марта 1880 г. изобретатель сделал доклад в Москве на заседании отделения физических наук Общества любителей естествознания, антропологии и этнографии. Он был избран почетным членом этого общества. В закрытой части заседания было возбуждено ходатайство о присуждении ему большой Золотой медали.

Первая в мире только электрическая выставка была организована по инициативе Яблочкова в 1880 г. в Санкт-Петербурге (на год раньше, чем в Париже) спустя несколько месяцев после создания VI отдела РТО. Была полно представлена «Система освещения Яблочкова», освещавшая выставку. Объяснителем (экскурсоводом) и докладчиком лекций по электрическому освещению на этой выставке был Яблочков.

В связи с увеличением числа случаев применения переменных токов для питания свечей Яблочкова в 1880 г. возник вопрос о влиянии электрических проводов на связь. Созданная для этого комиссия пришла к заключению, что даже при весьма небольшом расстоянии индуктивное действие токов на провода связи столь незначительно, что не влияет на работу телеграфных аппаратов и реле и едва чувствуется телефонами.

В конце 1880 г. из-за недостатка денежных средств, плохих технических и промышленных условий и отношения высших полицейских властей, касающихся великого князя Константина Николаевича, на которого верхи смотрели недоброжелательно, Яблочков переехал в Париж. Он начал подготовку к первой Международной электротехнической выставке, которая открылась 1 августа 1881 г. На ней демонстрировалось электрическое освещение по системе Яблочкова с применением переменного тока, трансформаторов, конденсаторов и свечей. Его изобретения на выставке получили высшую оценку и были признаны постановлением Международного жюри вне конкурса. Но выставка явилась триумфом лампы накаливания, изобретенной в России Лодыгиным и доведенной до практического совершенства Эдисоном в США. Лампа могла гореть 800—1000 ч без замены, ее можно было много раз зажигать и гасить, она была проще в использовании и разделении света и экономичнее дуговой электрической свечи. В 1877 г. русский морской офицер А.Н. Хотинский принимал в Америке крейсера, построенные по заказу России. Он посетил лабораторию Эдисона и передал ему лампу накаливания Лодыгина и свечу Яблочкова со схемой дробления света. Эдисон внес некоторые усовершенствования и в ноябре 1879 г. получил на них патент США как на свои изобретения и наладил их массовое производство. Яблочков выступил в печати против американца, заявив, что он украл

у русских не только их мысли и идеи, но и их изобретения. Вышеупомянутый патент Эдисона в США судом был аннулирован. Павел Николаевич участвовал в работе первого Международного конгресса электриков, проходившего в 1881 г. в Париже во Дворце Елисейских полей (ныне резиденция президента Франции) и установившего систему практических электрических единиц. За участие в выставке и конгрессе ему был вручен французский орден Почетного легиона.

В январе 1882 г. VI отделом РТО в Санкт-Петербурге была организована вторая электрическая выставка. Были представлены все экспонаты Русского отдела Парижской международной электрической выставки 1881 г. и дополнительно размещены каолиновые лампы Яблочкова и его трансформаторы. Демонстрировались опыты питания ряда свечей от общего генератора переменного тока посредством трансформаторов.

В 1882 г. освещение парижского проспекта Оперы электрическими свечами заменили на газовые горелки. За границей был выпущен дуговой фонарь с дифференциальным регулятором. Переход к более мощным лампам накаливания с вольфрамовой нитью, созданным Лодыгиным, сузил область применения и дуговых фонарей. У электрической свечи из-за невысокого срока службы, неуправляемости характеристик, отсутствия возможности регулирования и понижения светящейся точки по мере горения оказались серьезные соперники. Через 5 лет, в начале 80-х годов 19 в., она как техническое средство электрического освещения на улицах, площадях, в театрах, магазинах и т.д., впервые вызвав бурный рост электротехнической промышленности во всем мире, уступила позиции лампе накаливания. Это оказало сильное влияние на направление дальнейшей работы Яблочкова.

В 1882 г. Яблочков подал патентную заявку на динамомашину, отличающуюся тем, что с целью увеличения ЭДС при той же частоте вращения оси статора (неподвижной системы катушек) и ротора (подвижной системы обмоток) наклонены к оси вращения. Запатентованный им в том же году электродвигатель был рассчитан на очень малое число оборотов, так как применявшиеся в то время механизмы были приспособлены к тихоходным паровым машинам. Он изобрел также электродвигатель под названием клиптический, способный работать при питании постоянным и переменным напряжением, и генератор переменного тока с наклонными пазами. В настоящее время в синхронных генераторах также применяется скоп пазов на размер зубцового деления.

Электрические машины Яблочкова не получили широкого распространения, потому что у изобретателя не было достаточных материальных средств по налаживанию их промышленного производства. Он не умел, как Эдисон, пускать свои разработки в промышленный оборот с расчетом использовать полученные материальные средства для продолжения исследований.

Для увеличения времени горения Яблочковым была построена свеча следующего типа. Два стержня из железной проволоки, окруженные хлорокисью магния, были расположены вертикально один против другого. При возникновении между верхними концами электрической дуги железо накаливалось добела и восстанавливало магний из окиси. Металлический магний сгорал в кислороде воздуха ярким блестящим пламенем. Источником излучения света в этой свече служила химическая реакция, и поэтому скорость сгорания стержней была меньше 1 см/ч.

Яблочков занимался разработкой и новых гальванических элементов. Однако работы с химическими источниками тока оказались опасными для жизни. В 1884 г. при проведении экспериментов с натриевой аккумуляторной батареей мощностью 40 л.с. (29,44 кВт) от воспламенения водорода произошел взрыв, перешедший в пожар. Окна в лаборатории были выбиты, комната наполнилась газом. Изобретатель чуть не погиб, он стал задыхаться от продуктов горения и уже лежал без сознания с опаленной бородой, когда ему на помощь пришли пожарные Парижа.

В 1877 г. Яблочков взял французский патент на гальванический элемент, основанный на применении электродов, поляризация которых происходила при вдувании газа под давлением и поглощении его веществом электродов, обладающим способностью конденсировать газ в своих порах.

Появление электрического освещения по системе Яблочкова вызвало к жизни электрические блок-станции для одного дома, не обеспечивающие передачу энергии на большие расстояния. Первая такая станция была создана в 1876 г. в Париже, в 1879 г. — в Санкт-Петербурге для освещения Литейного моста (при участии изобретателя), в 1882 г. — в Москве в Лубянском пассаже. В 1885 г. ученый предложил централизованное производство электрической энергии и метод ее передачи на расстояние с помощью высоковольтного переменного тока. Он рекомендовал для повышения напряжения пользоваться индукционными катушками. В 1891 г. передача на расстояние 175 км электрической мощности свыше 75 кВт с повышением трансформаторами напряжения до 15 кВ была осуществлена с участием Доливо-Добровольского;

была создана трехфазная система переменного тока¹.

На очередной Электрической выставке, открывшейся в январе 1885 г., завод Яблочкова экспонировал лампы накаливания мощностью 45 Вт и аккумуляторы. За них завод получил высшую награду — медаль РГО.

В 1887 г. Яблочков получил патент на метод гальванической деполяризации. В последних типах разработанных им гальванических элементов он лужением цинкового катода боролся с его засорением окисью цинка. Засорение пор угля было устранено устройством элемента из тонкой деревянной перегородки с очень малыми пористыми отверстиями, не пропускающими засоряющих частиц солей к углю и с механической подачей в него под давлением газов. Впоследствии деревянные сепараторы нашли применение в конструкциях свинцовых кислотных аккумуляторов.

В 1889 г. Яблочков был членом жюри по классу XV (точная механика, научные приборы), председателем Русского комитета и устройтелем русского электротехнического отдела Парижской выставки. Экспонировались его свечи, демонстрировалось применение трансформаторов, были показаны усовершенствования всей системы электрического освещения со свечами. Изобретения ученого нашли должное отражение в отчетах о выставке и в технической литературе того времени, но практических последствий они уже иметь не могли: электрическая свеча играла второстепенную роль. На выставке Яблочков познакомился с ювелиром из Голландии, который сообщил ему о разности в цене белых и желтых бриллиантов, добываемых в Капской колонии Великобритании (ныне провинция в ЮАР на крайнем юго-западе Африканского континента), и предложил найти способ обесцвечивания последних. Нуждавшийся в материальных средствах Яблочков для продолжения своих основных работ стал проводить опыты обесцвечивания желтых бриллиантов хлором при высокой температуре.

При проведении экспериментов с хлором Яблочков получил ожег слизистой оболочки легких, стал задыхаться, опухли ноги. Многолетняя усиленная работа, душевные волнения, вызванные неудачей любимого дела, привели к двум инсультам. Последняя полученная им привилегия была выдана во Франции в 1891 г. В ней была осуществлена идея непосредственного использования кислорода для окислительного процесса.

В декабре 1892 г. он окончательно возвратился в Россию. Лампа накаливания как массовый источник света победила электрическую свечу. В

¹ См. «Электричество», 2012, № 1 и 2.

Санкт-Петербурге встречали холодно, изменилось отношение предпринимателей к нему и его идеям. Его материальное положение резко ухудшилось. Он вновь заболел: чувствовалась усталость, последствия отравления хлором, взрыва натриевой аккумуляторной батареи и перенесенных инсультов.

Яблочков решил поправить здоровье в родных местах с сухим и теплым климатом и выехал в доставшееся ему в наследство небольшое имение в Саратовской губернии. Затем переехал в Сердобский уезд к старшей сестре и, наконец, в конце ноября 1893 г. уехал в Саратов, намереваясь заняться научными исследованиями в области электрического освещения города.

Однако здоровье Павла Николаевича все ухудшалось: затруднялось дыхание, слабело сердце, ноги почти не двигались. Он перестал выходить на прогулки, хотя и раньше не любил гулять из-за высокого роста (около 2 м), так как обращал на себя внимание. Электрическая свеча почти утратила свое значение. Разорившись, всеми забытый знаменитый изобретатель, впервые в мире внедривший в практику электрическое освещение, доживал последние дни в бедности. 31 (19 по ст. ст.) марта 1894 г. в возрасте 46 лет он скончался от тяжелого сердечного заболевания. Его похоронили на окраине с. Сапозок Сердобского уезда Саратовской губернии (ныне Ртищевский муниципальный район Саратовской области) в ограде приходской Михайло-Архангельской церкви в фамильном склепе.

Много записок и заметок Яблочкова пропало бесследно. О многих его начинаниях в воздухоплавании, механической тяге на дорогах (была взята им привилегия на электромобиль) и др. сохранилось лишь предание. Об изобретателе первого трансформатора, утвердившего электрический свет в умах людей, вспомнили только тогда, когда между американскими и европейскими фирмами начались споры о патентах. Так был установлен приоритет Яблочкова в изобретении вторичного генератора тока (трансформатора), позволившего создать современные электрические сети.

В конце 30-х годов 20 в. при разрушении церкви пострадал и склеп Яблочковых. Накануне 100-летия ученого по заданию президента АН СССР С.И. Вавилова комиссия после длительных поисков и опроса местных жителей в Сердобском районе Пензенской области и Ртищевском районе Саратовской области и изучения материалов в Са-

ратовском областном архиве нашла его могилу. В 1952 г. на ней установили памятник-монумент.

В 1926 г. VI (электротехнический) отдел РТО организовал торжественное заседание, посвященное 50-летию изобретения свечи Яблочкова. На нем были сделаны доклады (М.А. Шателен, А.А. Воронов и др.), посвященные изобретениям ученого в области светотехники, электрических машин и гальванических элементов. Журнал «Электричество» выпустил целый номер со статьями, характеризующими его научную деятельность. На Международном электротехническом конгрессе в Париже в 1932 г., собранном в честь 50-летия первого конгресса 1881 г., в докладе Бетено неоднократно упоминалось имя Яблочкова. В сентябре 1947 г. в Москве состоялось торжественное заседание, организованное АН СССР и Всесоюзным научным инженерно-техническим обществом энергетиков, посвященное 100-летию со дня рождения Яблочкова, на котором присутствовали его родственники. Подобные собрания, посвященные памяти ученого, были организованы и в других городах страны.

О жизни и научной деятельности Павла Николаевича Яблочкова можно прочитать в следующих публикациях: **Капцов Н.А.** Яблочков — слава и гордость русской электротехники (1847—1894). — М.: Военное изд-во, 1948; **Капцов Н.А.** Павел Николаевич Яблочков. Его жизнь и деятельность. — М.: 1957; **Малинин Г.А.** Изобретатель «русского света» (О П.Н. Яблочкове). — Саратов: Приволжское книжное изд-во, 1984; **Малинин Г.А.** Памятники и памятные места Саратовской области. — Саратов: Приволжское книжное изд-во, 1979; **История Саратовского края 1590—1917: Хрестоматия/Под ред. В.А. Осипова, З.Е. Гусаковой, В.М. Гохлернер.** — Саратов: Изд-во Саратовского университета, 1983; **Белькинд Л.Д.** Павел Николаевич Яблочков. — М.; Л.: Госэнергоиздат, 1950; **Белькинд Л.Д.** Павел Николаевич Яблочков. — М., 1962; **Гусев С.А.** Очерки по истории развития электрических машин. — М.: Госэнергоиздат, 1955; **Шателен М.А.** Русские электротехники XIX в. — М.: Госэнергоиздат, 1955; **Веселовский О.Н., Шнейберг Я.А.** Очерки по истории электротехники. — М.: Изд-во МЭИ, 1993; **Шнейберг Я.А.** Титаны электротехники. Очерки о жизни и творчестве. — М.: Изд-во МЭИ, 2004.

Григорьев Н.Д., канд. техн. наук